

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 darbs

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

Rīga 2015



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.

ANOTĀCIJA

Dažādos informācijas avotos gan publiskajā globālajā tīmeklī, gan organizāciju datu bāzēs ir nozīmīga un atkārtoti izmantojama informācija. Mūsdienās ir tendence šo informāciju izmantot automatizētos informācijas apstrādes risinājumos. Informācijas apstrādē parasti tiek veiktas aktivitātes, kuras var iedalīt četrās galvenās grupās, proti, informācijas iegūšana, analīze, lēmumu pieņemšana un lēmumu īstenošana. Taču informācijas apstrādes procesa pilnīga automatizācija praksē ne vienmēr ir nepieciešama vai iespējama, un tā rezultātā procesa aktivitāšu realizācijā ir iespējama automatizācijas pakāpju dažādība. Promocijas darbā ir pētīts informācijas apstrādes process, kas saistīts ar izglītības jomu un paredzēts sistēmiskai izglītības pieprasījuma un piedāvājuma novērošanai. Šim nolūkam promocijas darbā ir izstrādāts izglītības pieprasījuma un piedāvājuma informācijas monitoringa sistēmas (*VIPPIMON*) modelis, iekļaujot šādus apakšmodeļus: pamata servisu modeli, pamata servisu plūsmu modeli, uz promocijas darbā paplašinātu iezīmju modeli balstītu sistēmas funkcionālās struktūras dažādības modeli, kā arī sistēmas uzvedības dažādības modeli. Lai nodrošinātu apakšmodeļu saskaņotību tika izstrādātas metodes iezīmju modeļa izveidošanai un mērķorientētai servisu kompozīcijai. *VIPPIMON* modeļa novērtēšanai ir izstrādātas divas modeļa implementācijas sistēmās, proti, *EduMON* portāla un *KIVIS* rīka programmatūras prototipos. Šo sistēmu nodrošinātie servisi sekmē izglītības pieprasījuma un piedāvājuma informācijas (*IPPI*) monitoringā ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu, proti, sistēmisku *IPPI* stāvokļa un *IPPI* atbilstības monitoringu.

Promocijas darba rezultāti ir atspoguļoti 20 zinātniskajos rakstos un par tiem ir ziņots 12 dažādās starptautiskās konferencēs. Darbā ir 5 nodaļas, secinājumi, literatūras avotu saraksts un pielikumi. Tajā ir 140 lappuses, 49 attēli un 14 tabulas pamattekstā, 158 nosaukumu literatūras sarakstā un 6 pielikumi.

ABSTRACT

Variety of information sources both in the World Wide Web and in specific data bases inside organizations contain valuable and reusable information. Nowadays there are trends to use this existing information in automated information processing solutions. Information processing usually consists of activities, which can be classified in four main groups, namely, information acquisition, analysis, decision making and decision implementation. However, in practice the full automation of activities is not always necessary or possible. This leads to the situation where in the process of information processing the activities are with different automation levels. Research in the thesis is done in the context of information processing in education domain designated for systemic education demand and offer (*edu d/o*) information monitoring. For this purpose in the thesis the *edu d/o* information monitoring system's model was developed including the following sub-models: base service model, base service flow model, system's functional structure variability model (based on feature model extended in the thesis), and system's behavior variability model. To ensure the alignment of sub-models methods for feature model design and intention oriented service composition were developed. The *edu d/o* information monitoring system's model was evaluated by two implementations in software prototypes, namely, *EduMON* portal and *KIVIS* tool. Services operated by these systems foster the achievement of stakeholder goals for *edu d/o* information status and correspondence monitoring.

The results of the thesis are published in 20 international scientific publications and presented in 12 international conferences. The doctoral thesis includes 5 sections, main results and conclusions section. It consists of 140 pages, 49 figures and 14 tables in the main text, 6 appendices. The bibliography contains 158 references.

PATEICĪBA

Vēlos pateikt lielu paldies visiem, kuri veltīja laiku, sniedza padomus un dalījās ar zināšanām, sekmējot manu un promocijas darba attīstību, jo īpaši, darba vadītājai profesorei Mārītei Kirikovai, Mākslīgā intelekta un sistēmu inženierijas katedras kolēģiem, kā arī studentiem, kuriem esmu vadījis bakalaura darbus.

Vislielākais paldies tuviniekiem un draugiem par pacietību, sapratni un atbalstu visu studiju gadu garumā un šī promocijas darba izstrādē.

SATURS

1. IEVADS.....	8
1.1. TĒMAS AKTUALITĀTE	9
1.2. PROBLĒMAS NOSTĀDNE	14
1.3. DARBA IZSTRĀDES METODE	16
1.4. ZINĀTNISKAIS JAUNIEGUVUMS UN PRAKTISKĀ VĒRTĪBA	19
1.5. PROMOCIJAS DARBA STRUKTŪRA	24
2. IZGLĪTĪBAS PIEPRASĪJUMA UN PIEDĀVĀJUMA INFORMĀCIJAS (IPPI) MONITORINGA PROBLĒMVIDES IZPĒTE	26
2.1. IPPI AVOTU PĀRVALDĪBAS RISINĀJUMI	27
2.1.1. IPPI avotu uzturēšana.....	28
2.1.2. Zināšanu struktūras IPPI strukturētai atspoguļošanai.....	31
2.1.3. IPPI avotu dokumentu izgūšana un analīze	33
2.2. MONITORINGA SISTĒMAS	34
2.2.1. Monitoringa sistēmas izglītības un citās nozarēs	35
2.2.2. Monitoringa sistēmu uzbūves atspoguļošana.....	36
2.2.3. IPPI monitoringam svarīgas monitoringa sistēmu īpašības.....	39
2.3. SERVISI UN SERVISU SISTĒMAS.....	41
2.3.1. Servisu orientācija	41
2.3.2. Servisu sistēmas.....	42
2.3.3. Servisu kompozīcija.....	44
2.4. SISTĒMAS DAŽĀDĪBAS PĀRVALDĪBA	46
2.4.1. Dažādības atspoguļošana.....	46
2.4.2. Dažādība sistēmas arhitektūrā.....	48
2.5. NODAĻAS KOPSAVILKUMS.....	49
3. VISPĀRĪGAS IPPI MONITORINGA SISTĒMAS (VIPPIMON) MODELIS.....	52
3.1. VIPPIMON ARHITEKTŪRAS IZSTRĀDES SOĻI	52
3.2. PAMATA SERVISU MODELIS.....	55
3.2.1. Informācijas izgūšanas servisi	56
3.2.2. Informācijas analīzes servisi.....	57
3.2.3. Prezentācijas servisi.....	59
3.2.4. Ieinteresētās puses.....	60
3.3. PAMATA SERVISU PLŪSMAS MODELIS	62
3.4. FUNKCIONĀLĀS STRUKTŪRAS DAŽĀDĪBAS MODELIS	64
3.4.1. Iezīmju modelis un tā paplašinājums.....	65
3.4.2. Arhitektūras skatu punkts sistēmas funkcionālās struktūras dažādībai.....	66
3.4.3. VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības skats	67

3.5.	UZVEDĪBAS DAŽĀDĪBAS MODELIS.....	72
3.5.1.	<i>Mērķorientētu servisu formulēšana</i>	72
3.5.2.	<i>Arhitektūras skatu punkts sistēmas uzvedības dažādībai.....</i>	73
3.5.3.	<i>Mērķorientēta servisu kompozīcijas (MSK) metode</i>	74
3.6.	NODAĻAS KOPSAVILKUMS	78
4.	VIPPIMON SERVISU REALIZĀCIJA	81
4.1.	<i>EduMON REALIZĀCIJA</i>	83
4.1.1.	<i>EduMON funkcionālās struktūras dažādības modelis</i>	84
4.1.2.	<i>EduMON uzvedības dažādības modelis.....</i>	87
4.1.3.	<i>IPPI avotu glabāšana un pārskatīšana</i>	91
4.1.4.	<i>Serviss IPPI avotu dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem.....</i>	92
4.1.5.	<i>Serviss zināšanu struktūru izgūšanai</i>	93
4.1.6.	<i>Serviss pastarpinātai IPPI identificēšanai.....</i>	94
4.1.7.	<i>Servisi tiešai IPPI identificēšanai un tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei</i>	99
4.1.8.	<i>Serviss pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei</i>	101
4.1.9.	<i>Servisu plūsmu izpilde.....</i>	104
4.2.	KONCEPTUĀLU STRUKTŪRU SASAISTES RĪKA KIVIS REALIZĀCIJA.....	107
4.2.1.	<i>KIVIS funkcionālās struktūras dažādības modelis</i>	107
4.2.2.	<i>KIVIS uzvedības dažādības modelis.....</i>	110
4.2.3.	<i>Manuālo izgūšanas servisu darbības rezultātu saglabāšana</i>	110
4.2.4.	<i>Servisi IPPI identificēšanai un prezentācijai</i>	112
4.2.5.	<i>Servisi IPPI avotu dokumentu sasaistei un prezentācijai.....</i>	112
4.3.	NODAĻAS KOPSAVILKUMS	113
5.	VIPPIMON MODEĻA NOVĒRTĒJUMS.....	115
5.1.	VIPPIMON MODEĻA PILNĪGUMS UN NEPRETRUNĪBA.....	115
5.2.	VIPPIMON MODEĻA LIETOJAMĪBA.....	119
5.3.	VIPPIMON MODEĻA PRAKTISKĀ LIETDERĪBA	121
5.3.1.	<i>Sistēmiska IPPI stāvokļa novērošana</i>	121
5.3.2.	<i>Sistēmiska IPPI avotu dokumentu atbilstības novērošana.....</i>	125
5.4.	NODAĻAS KOPSAVILKUMS	127
	REZULTĀTI UN SECINĀJUMI	129
	DARBA TEORĒTISKIE REZULTĀTI.....	129
	DARBA PRAKTISKIE REZULTĀTI	130
	TURPMĀKOS PĒTĪJUMOS RISINĀMĀS PROBLĒMAS	131
	IZMANTOTĀ LITERATŪRA	132
	PIELIKUMI.....	141

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. Piemēram, automātiski apkopojot informāciju no dažādiem tīmekļa avotiem, cilvēks var saņemt tikai svarīgāko informāciju, neveltot laiku šo resursu atsevišķai pārskatīšanai.

Taču aktivitāšu pilnīga automatizācija praksē ne vienmēr ir nepieciešama vai iespējama [3], jo informācijas apstrādes procesa aktivitātes vienmēr nevar izteikt ar algoritmu palīdzību un bieži vien aktivitāšu izpildē ir nepieciešamas apjomīgas konkrētās jomas zināšanas [4]. Piemēram, automātiska IT pakalpojumu sniedzēja izvēlēšanās ir ļoti sarežģīta, jo kvalitātes prasībām pret šo pakalpojumu sniedzēju ir jābūt izteiktām tādā veidā, lai sistēma tās spētu apstrādāt. Citi sarežģītu aktivitāšu piemēri ir darbinieku pieņemšana darbā vai līgumu slēgšana — arī šīs aktivitātes nav realizējamas bez cilvēku mijiedarbības un uzraudzības [5]. Uzdevumu dažādo sarežģītības pakāpju dēļ informācijas apstrādes procesa aktivitāšu realizācijā ir iespējama automatizācijas pakāpju dažādība [6], proti, kādas aktivitātes izpildē cilvēks var iesaistīties vairāk, citas — mazāk. Cilvēka iesaiste aktivitātes realizācijā nosaka tās automatizācijas pakāpi [2].

Automatizācijas pakāpju dažādība ir īpaši aktuāla servisu sistēmās, kas ir vērstas, pirmkārt, uz mijiedarbību starp cilvēkiem, tehnoloģijām, citām iekšējām un ārējām servisu sistēmām, otrkārt, uz koplietojamas informācijas apmaiņu servisu sistēmā, lai sasniegtu ieinteresēto pušu kopīgos mērķus [7]. Servisu sistēmā informācijas apstrādes aktivitātes tiek apskatītas kā servisi. Ar servisiem plašākā nozīmē saprot servisu sistēmā iesaistīto pušu labā veiktās aktivitātes un resursu nodrošināšanu, kurus izmanto iesaistītās puses šo aktivitāšu veikšanai [8], bet šaurākā nozīmē ar servisiem saprot modulāru funkcionalitāti, kurai var piekļūt un kuru var kombinēt ar citām funkcionalitātēm [9]. Servisu sistēmā ieinteresētās puses ne tikai patērē servissus, bet arī piedalās to izpildē.

Servisu sistēmā iesaistoties cilvēkiem no dažādām organizācijām un veicot dažādas informācijas apstrādes aktivitātes (servisus) kopīgo mērķu sasniegšanai, rodas situācijas, kad vienai un tai pašai aktivitātei atkarībā no cilvēka/organizācijas ir nepieciešami dažādi realizācijas varianti, kas atšķiras gan ar izmantotajām tehnoloģijām, gan automatizācijas pakāpēm. Piemēram, lai izgūtu specifisku informāciju no avotiem tīmeklī, kāds var veikt šo aktivitāti, neizmantojot specializētus programmatūras rīkus vai sistēmas, kāds var iesaistīties tās veikšanā daļēji (specializētai programmatūrai vai sistēmai specificējot informācijas atlases kritērijus un pārskatot iegūto informāciju) un kāds var vispār neiesaistīties aktivitātes izpildē (aktivitāte tiek veikta pilnībā automātiski).

Lai nodrošinātu servisu sistēmā dažādu ieinteresēto pušu kopīgo mērķu sasniegšanu, ir nepieciešams vienotā sistēmā apvienot dažādas aktivitātes un to realizācijas variantus ar dažādām automatizācijas pakāpēm. Šim nolūkam ir nepieciešami atbilstoši modeļi un metodes, kas sistēmas arhitektūrā ļautu definēt nepieciešamo dažādību aktivitāšu realizācijas variantos un automatizācijas pakāpēs.

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

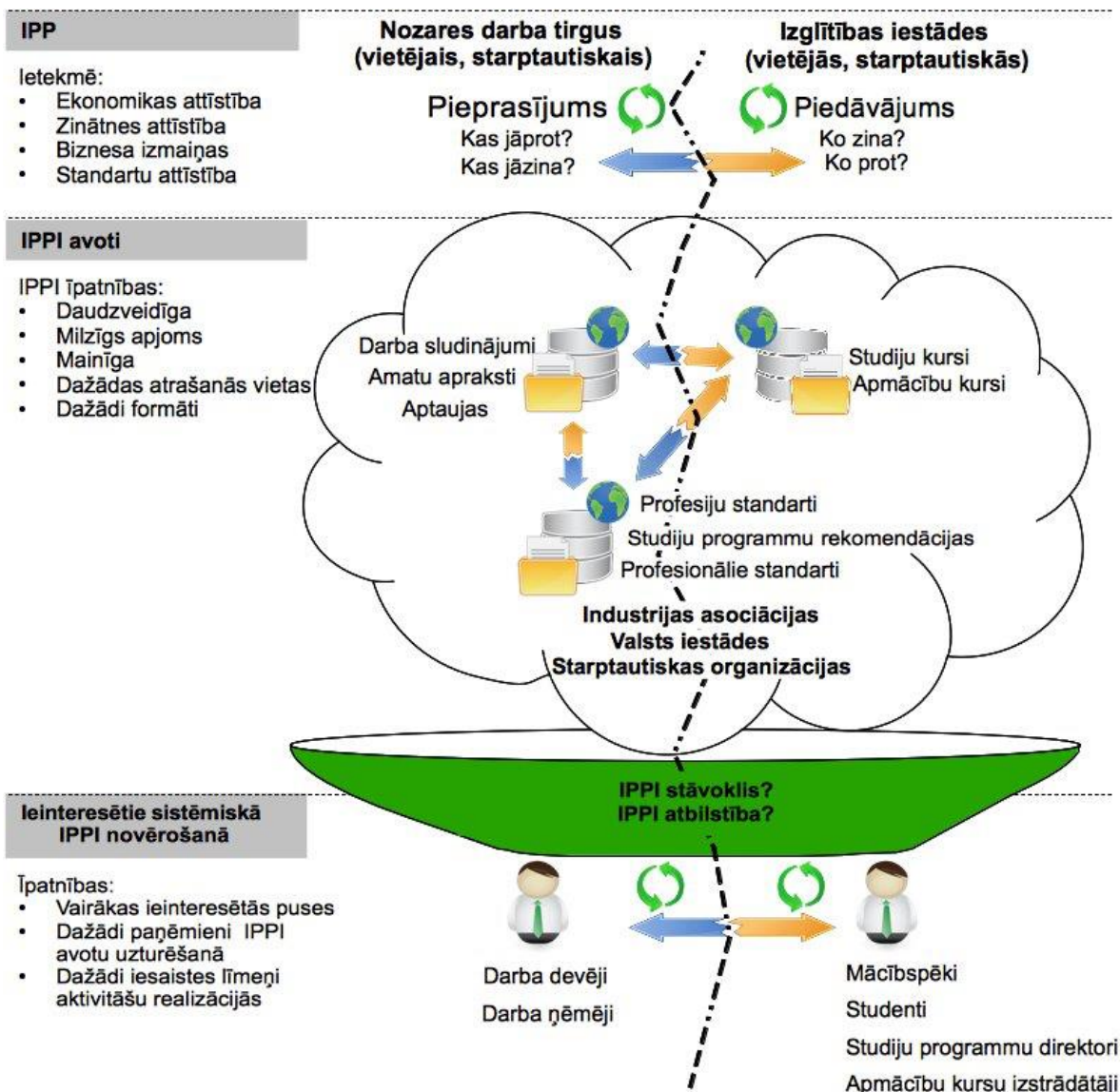
Izglītības jomā viena no informācijas apstrādes problēmām ir saistīta ar sistēmisku izglītības pieprasījuma un piedāvājuma novērošanu. Šīs problēmvides raksturojums ir ilustrēts 1.1. att. un skaidrots šīs sadaļas turpinājumā.

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 «plaissa» starp nozari un izglītības iestādēm jeb IPP neatbilstība (skat. 1.1. att. augšējo daļu). Šī neatbilstība 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. [10]–[13]. 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.

Izglītības pieprasījuma noskaidrošanai parasti tiek veikti darba tirgus pētījumi, kas balstās uz nozaru asociāciju darba grupās sagatavotām un darba devēju aizpildītām aptaujas anketām (piemēram, Latvijā šo darbu veic nozaru ekspertu padomes¹). Rezultāti tikai pēc to apkopošanas (parasti profesiju standartu, atskaišu u. c. formās) kļūst pieejami izglītības iestādēm, kas tos var izmantot, lai pielāgotu kursu saturu. Bez aptaujām ir pieejami arī pārskati, kas atspoguļo prognozes zināšanu, prasmju, kompetenču pieprasījumam ilgtermiņā (piemēram, Latvijā — [14], [15], Lietuvā — [16], Eiropas mērogā — [17]–[19]). Pārsvarā šie pārskati neatspoguļo specifisku zināšanu, prasmju vai kompetenču pieprasījumu, bet gan tikai identificē pieprasījumu, piemēram, pēc informāciju tehnoloģijas vai citu jomu speciālistiem. Savukārt, raugoties no darba devēju puses, trūkst apkopotas un viegli uztveramas informācijas par to, kādas zināšanas, prasmes un kompetences tiek sniegtas izglītības iestādē, respektīvi, kāds ir izglītības piedāvājums. Ir pieejami tikai dažādi izglītības iestāžu kursu apraksti, taču to apjoms ir milzīgs, tie ir dažādi strukturēti vai vispār nestrukturēti, un to analīze ir laikietilpīgs process.

¹ Informācija par nozaru ekspertu padomēm Latvijā pieejama <http://www.nozaruekspertupadomes.lv/>



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, 1) nozares darba tirgū — darba sludinājumi, amatu apraksti, aptaujas; 2) izglītības iestādēs — studiju kursu apraksti, sertifikācijas kursu apraksti; 3) valsts iestādēs, starptautiskajās organizācijās un no industrijas asociāciju puses — nacionālas nozīmes profesiju standarti, studiju programmu rekomendācijas un profesionālie standarti, kuru izstrādē parasti ir iesaistīti gan nozares darba tirgus, gan izglītības iestāžu pārstāvji. 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. Darba sludinājums atspoguļo, piemēram, prasības pret pretendentu prasmēm. IPPI avoti atspoguļoti 1.1. att. vidus daļā. Minētajos avotos ir ne tikai milzīgs informācijas apjoms, bet arī tā ir mainīga. Piemēram, starptautiska organizācija izdod un periodiski atjaunina profesionālo standartu, kas rekomendē zināšanas, prasmes un kompetences noteiktās profesijās (piemēram, sistēmu inženiera zināšanu kopumu [20]), taču, lai izglītības iestāde (piemēram, universitāte) pielāgotos standarta prasībām, ir jāpārskata studiju programmas kursi un jāveic nepieciešamie uzlabojumi kursu saturā. Šajā procesā neatbilstība starp standartu un kursu saturu ne vienmēr ir skaidri redzama un apzināta, kā arī nepieciešami lieli cilvēkresursi, lai to konstatētu. Līdz ar to būtu nepieciešami risinājumi, kas nodrošinātu minētās atbilstības noteikšanas procesa sistēmisku atbalstu.

Līdzās iepriekš minētajām IPPI īpatnībām (informācijas daudzveidība, milzīgais apjoms un mainīgums) ir arī citas īpatnības, proti, tā ir 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 [21]. Šīs IPPI īpatnības ir atspoguļotas 1.1. att. vidus daļā.

IPPI īpatnību dēļ IPPI 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 ir atspoguļotas 1.1. att. lejasdaļā. Piemēram, darba devēji varētu meklēt potenciālos darbiniekus, balstoties uz to zināšanām, kā arī tie izglītības iestādēs varētu identificēt darbinieku tālākizglītības un prasmju pilnveides iespējas, savukārt izglītības iestādes varētu izvērtēt darba piedāvājumu atbilstību studiju kursiem, kā arī studiju programmās identificēt līdzīgos studiju kursus un veikt citas ar IPPI saistītas darbības.

IPPI novērošanā ieinteresētās puses var piedalīties dažādu aktivitāšu realizācijā IPPI apstrādes procesā, piemēram, izgūstot IPPI avotu dokumentus, piedaloties informācijas analīzē un analīzes rezultātu izmantošanā. Analīzes rezultātu izmantošana ir saistīta ar aktivitāšu grupām, kas veic lēmumu pieņemšanu un īstenošanu informācijas apstrādes procesā [2]. Šīs aktivitāšu grupas promocijas darbā netiek apskatītas, jo nav tieši saistītas ar IPPI novērošanu, bet gan ar novērošanas rezultātu interpretēšanu lēmumu pieņemšanai un to realizācijai, piemēram, lai iekļautu jaunu zināšanu apguvi studijuursos.

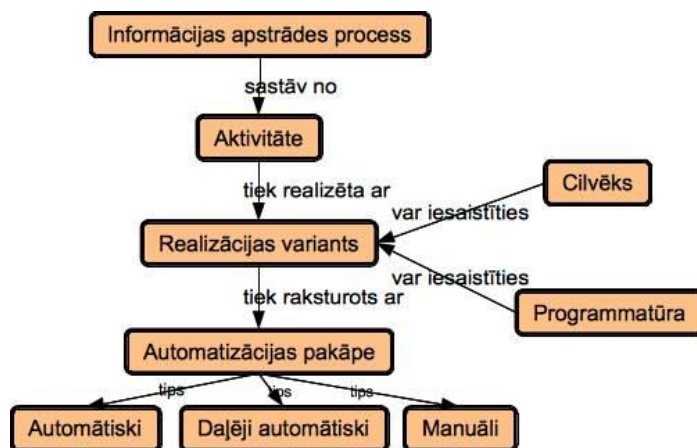
Pašreiz neeksistē sistēmisks risinājums IPPI novērošanai, kas ļautu novērot IPPI stāvokli un IPPI atbilstību. Ar IPPI stāvokli ir saprasts konkrētā laika momentā IPPI avotos atspoguļotā IPPI, piemēram, pieprasītās prasmes vienā darba sludinājumā, darba sludinājumos kopumā, kādas nozares darba sludinājumos 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 izgūšanu. Savukārt darba devēji darba sludinājumu aprakstus parasti uztur atsevišķās tīmekļa vietnēs, un tā rezultātā nepieciešamas tos padarīt pieejamus IPPI novērošanā iesaistītajiem, piemēram, tos manuāli piegādājot caur specializētu lietotāja interfeisu vai izmantojot speciālus tīmekļa pārmeklētājus [22]. Respektīvi, datu avots ir viena tipa (piemēram, datu bāze vai tīmekļa vietne), bet atšķiras izgūšanas aktivitātes realizācija. Vienā variantā ir nepieciešama cilvēka iesaiste, kurš veic informācijas ievadi, bet otrā — informācija bez cilvēka iesaistes (piemēram, izmantojot *SQL* vaicājumus vai tīmekļa pārmeklētājus) tiek automātiski nogādāta tālākai IPPI analīzei.

Lai raksturotu cilvēka iesaisti aktivitātes realizācijā, tiek lietots termins *automatizācijas pakāpe* (skat. 1.2. att., kur parādīta šā jēdziena saistība ar citiem informācijas apstrādes procesu raksturojošiem jēdzieniem). Informācijas apstrādes procesa aktivitāšu galējās automatizācijas robežas ir «manuāls» un «automātisks». Papildus šīm automatizācijas pakāpēm tiek lietota arī pakāpe «daļēji automātisks», lai uzsvērtu cilvēka un programmatūras vienlaicīgu iesaisti aktivitātes realizācijā. Tātad, promocijas darbā tiek lietota šāda automatizācijas pakāpju gradācija:

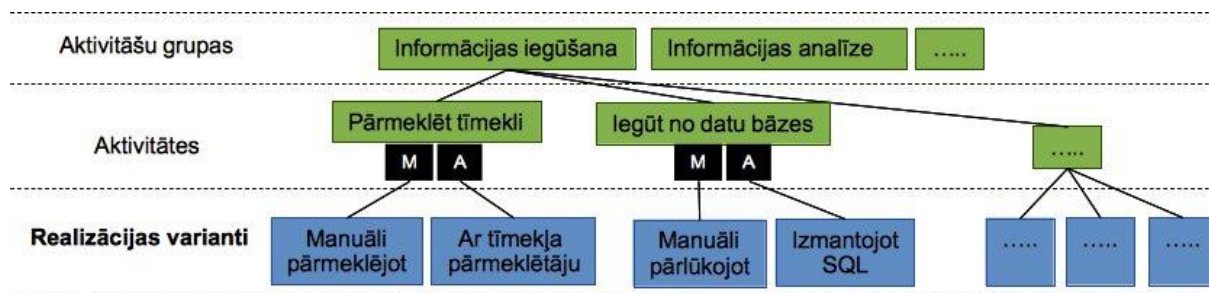
- *automātisks* — darbību veic šim nolūkam speciāli izstrādāta programmatūra bez cilvēka iesaistīšanās;
- *daļēji automātisks* — darbību veic šim nolūkam speciāli izstrādāta programmatūra, kurai ir nepieciešama cilvēka iesaiste, piemēram, cilvēkam ir jāpiegādā ievades dati un/vai jāpārskata un jāapstiprina apstrādes programmatūras darbības rezultāti.

- *manuāls* — darbību veic cilvēks (iespējams, lietojot kādu biroja programmatūru, bet ne speciāli izstrādātu programmatūru);

Jau iepriekš iezīmētā dažādība aktivitāšu realizācijas variantos un to automatizācijas pakāpēs atspoguļota 1.3. att.



1.2. att. Informācijas apstrādes procesu raksturojošie jēdzieni un to saistība



1.3. att. Informācijas apstrādes procesa aktivitāšu realizācijas variantu dažādība un automatizācijas pakāpes (piemērs); A — automātisks, M — manuāls

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 [23], [24].

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 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.** Izmantojot T1 minēto modeli, ir iespējams sasniegt IPPI monitoringā ieinteresēto pušu mērķus.

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 tehnoloģijās sakņotu artefaktu izstrādi nozīmīgas sociālas/ar organizāciju saistītas/biznesa problēmas risināšanai [25]. Artefakti ir klasificējami kā koncepti, modeļi, metodes un to realizācija [25], [26]. 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.

Lai labāk izprastu projektēšanas zinātnisko pētījumu rezultātus, Hevners un līdzautori [25] ir definējuši septiņas vadlīnijas (skat. 1.1. tabulu). Pirmā ir «Artefakta izstrāde», kas paredz konceptu, modeļu, metožu vai artefaktu realizāciju izstrādi. Tie ir pētījumu rezultāts un jaunieguvums.

1.1. tabula. Projektēšanas zinātnisko pētījumu vadlīnijas (adaptēts no [25])

	Vadlīnija	Apraksts
1.	Artefakta izstrāde	Projektēšanas zinātnisko pētījumu rezultātā ir jārada artefakti
2.	Problēmas nozīmīgums	Projektēšanas zinātnisko pētījumu mērķis ir izstrādāt tehnoloģijās sakņotus risinājumus nozīmīgām biznesa problēmām
3.	Artefakta novērtēšana	Izstrādātā artefakta lietderībai, kvalitātei un iedarbībai ir jābūt novērtētai ar atbilstošām metodēm
4.	Pētījumu jaunieguvums	Projektēšanas zinātnisko pētījumu rezultātā jābūt jaunieguvumam. Jaunieguvums var būt: • artefakts pats par sevi; • zināšanu bāzes papildināšana par zinātniskajiem projektēšanas pētījumiem;

		• novērtēšanas metožu (piemēram, eksperimentālu, analītisku, novērojumu, testēšanas un aprakstošu) un metriku izstrāde un lietošana
5.	Pētījumu pamatotība	Projektēšanas zinātniskos pētījumos ir jāizmanto pamatotas metodes artefakta izstrādē un novērtēšanā
6.	Projektēšana kā meklēšanas process	Piemērota artefakta meklēšanā ir jāizmanto pieejamie līdzekļi, kas sasniedz vēlamo rezultātu, apmierinot problēmvides nosacījumus
7.	Pētījumu komunikācija	Projektēšanas zinātnisko pētījumi ir jāprezentē gan tehnoloģiju, gan vadībzinību orientētai auditorijai

Peffer un līdzautori [27] piedāvā projektēšanas zinātnisko pētījumu metodoloģiju informācijas sistēmu pētījumiem, kurā ir sešas aktivitātes. Aktivitātes un to īss apraksts ir dots 1.2. tabulā.

1.2. tabula. Projektēšanas zinātnisko pētījumu metodoloģija (adaptēts no [27])

	Aktivitāte	Apraksts
1.	Problēmas apzināšana	Problēmas definēšana un risinājuma nepieciešamības pamatojums
2.	Problēmas risinājuma mērķa definēšana	Risinājuma prasību definēšana, balstoties uz problēmas definējumu un uz zināšanām par iespējamiem līdzekļiem problēmas risināšanā
3.	Problēmas risinājuma projektēšana un izstrāde	Artefakta projektēšana un izstrāde
4.	Demonstrācija	Artefakta izmantošana noteiktā kontekstā problēmas risināšanai
5.	Novērtēšana	Artefakta piemērotības novērtēšana risināmajai problēmai
6.	Komunikācija	Problēmas un tās nozīmīguma, artefakta lietderības un jauninājuma, kā arī tā uzbūves pamatotības un efektivitātes komunicēšana ar pētniekiem un citām svarīgām auditorijām

Šī metodoloģija ir elastīga un iteratīva. Tās priekšrocība ir, ka pētījumu atkarībā no tā virziena var sākt ar jebkuru aktivitāti. Piemēram, uz problēmu centrēts pētījums parasti sākas pirmajā aktivitātē, uz mērķi centrēts pētījums sākas otrajā aktivitātē, uz projektēšanu un izstrādi orientēts pētījums sākas trešajā aktivitātē, savukārt, klienta/konteksta ierosināta pētījuma ieejas punkts ir ceturtnajā aktivitātē. Kā var redzēt aktivitāšu aprakstos, lielākā daļa atbilst vienai vai divām Hevnera un līdzautoru [25] piedāvātajām vadlīnijām, kas arī norāda uz aktivitāšu un vadlīniju saskaņotību.

Promocijas darbā lietotā metode ir kombinācija no Hevnera un līdzautoru [25] piedāvātajām vadlīnijām un Peffera un līdzautoru [27] piedāvātās metodes. Pētījums promocijas darbā seko aktivitātēm, lai arī ne strikti secīgā, bet gan iteratīvā veidā, fokusējoties uz dažādiem promocijas darbā risināmajiem jautājumiem. Tālāk 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. Pētījumu process grafiski parādīts 1.4. att.

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 [28] (15. lpp) piedāvātais šablons, kas paredz četrus elementus (elementi atbilst arī projektēšanas zinātniskajā metodē izmantotajām vadlīnijām [25]):

*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 īpatnību apstrāde;
 - pr2. Vairāku ieinteresēto pušu iekļaušana sistēmā;
 - pr3. Informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijas variantu (ar dažādām automatizācijas pakāpēm) dažādības nepieciešamība.
- *Ieinteresēto pušu sasniedzamie mērķi*: 1) Sistēmiska IPPI stāvokļa novērošana un 2) sistēmiska IPPI atbilstības novērošana.

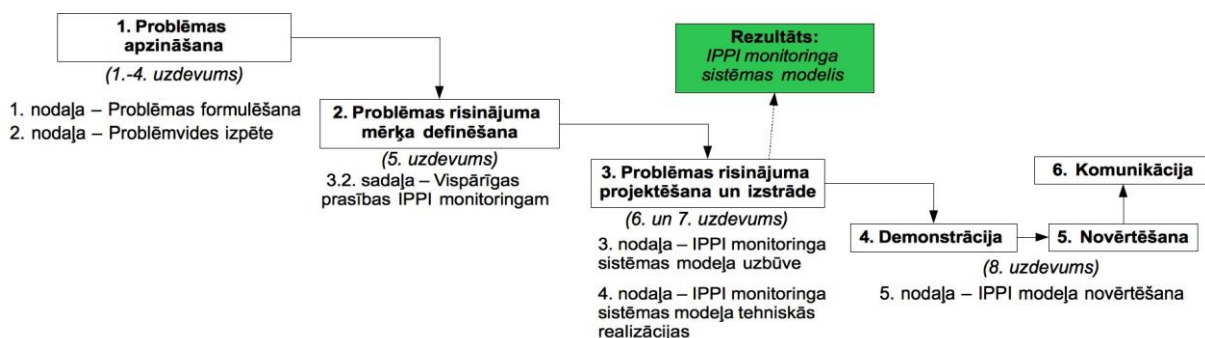
Pētījumu procesa *otrajā aktivitātē*, balstoties uz problēmas formulējumu un problēmvides izpēti, ir definētas galvenās prasības sistēmiskam IPPI monitoringa risinājumam (5. uzdevums; 3.2. sadaļa).

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 [28] 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 aktivitātē paredz pētījumu komunikēšanu, kas promocijas darbā atbilst izstrādātajām 20 zinātniskajām publikācijām un dalībai 12 starptautiskās konferencēs.



1.4. att. Pētījumu process un galvenie rezultāti

1.4. Zinātniskais jauniegums un praktiskā vērtība

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

Darba galvenais **zinātniskais jauniegums** 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 jauniegums ietver vairākus pakārtotus **teorētiskos rezultātus**:

- izstrādāts sistēmas arhitektūras skatu punkts sistēmas funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanai, izmantojot izstrādāto funkcionālās struktūras dažādības (t. i., iezīmju) modeļa izveides metodi;

- izstrādāts sistēmas arhitektūras skatu punkts, kas atspoguļo sistēmas uzvedības dažādību un kura iegūšanai ir izstrādāta informācijas apstrādes aktivitāšu (servisu) kompozīcijas metode;
- izstrādāts monitoringa sistēmu uzbūves aprakstīšanas ietvars, kuru veido monitoringa sistēmu raksturojošie parametri, kas izraudzīti literatūras analīzes rezultātā;
- IPPI monitoringa jomai adaptētas un realizētas tiešās un pastarpinātās IPPI identificēšanas un IPPI avotu sasaistes metode, 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**:

- izstrādātas divas konkrētas IPPI monitoringa sistēmas modeļa realizācijas:
 - *EduMON* portāls, kas nodrošina ievades formas manuālu servisu darbības rezultātu saglabāšanai datu bāzē, kā arī nodrošina automātiskus serviskus pastarpinātai IPPI identificēšanai (izmantojot teksta analīzes platformu), tiešai IPPI identificēšanai un tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei (izmantojot teksta indeksēšanas un meklēšanas programmatūras bibliotēku), pastarpinātai dokumentu sasaistei (izmantojot zināšanu struktūras un līdzības metriku) un serviskus identificēšanas un sasaistes rezultātu prezentācijai;
 - *KIVIS* rīks, kas implementēts sadarbībā ar uzņēmumu SIA «Lattelecom Technology» (saistībā ar zinātnisko projektu N° ZP-2009/15 «Kompetenču aprakstu automatizētas normalizēšanas un sasaistes metodes un prototipa izstrāde»). Rīks nodrošina ievades formas manuālu servisu darbības rezultātu saglabāšanai datu bāzē, kā arī nodrošina automātiskus serviskus pastarpinātai dokumentu sasaistei (izmantojot zināšanu struktūras) un serviskus identificēšanas un sasaistes rezultātu prezentācijai;
- noteikta atbilstība starp dažādiem IPPI avotiem 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 ar referātu «Variability handling in multi-mode service composition». Polija, Krakova.

2. 2013. gada 26.–27. novembrī. 1st IEEE Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE 2013) ar referātu «Development of Education Demand and Offer Correspondence Monitoring Service Models», Latvija, Rīga.
3. 2013. gada 23. 25. septembrī. 12th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research ar referātu «Capabilities and Challenges of Contemporary Service Based Monitoring Systems». 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) ar referātu «Configurative Alignment of Business and Application Services: A Work Systems Perspective». Polija, Poznaņa.
5. 2012. gada 29.–30. augustā. 21st International Conference on Information Systems Development (ISD2012) ar referātu «Towards Monitoring Correspondence Between Education Demand and Offer». Itālija, Prato.
6. 2012. gada 16.–18. maijā. 6th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS2012) ar stenda referātu «Towards Automated Education Demand-Offer Information Monitoring: the Information Extraction». Spānija, Valensija.
7. 2011. gada 6. oktobrī. 10th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research, BIR2011, Doctoral Consortium ar referātu «Education offer/demand monitoring approach». Latvija, Rīga.
8. 2011. gada 24.–26. jūlijā. Intelligent Systems and Agents 2011 ar referātu «Machine learning based study course comparison». Itālija, Roma.
9. 2011. gada 23.–28. februārī. Third International Conference on Information, Process, and Knowledge Management (eKNOW2011) ar referātu «Enhancing Knowledge Flow by Mediated Mapping between Conceptual Structures». Guadelupa, Gosier.
10. 2010. gada 11.–15. oktobrī. RTU 52. starptautiskā zinātniskā konference, sekcija «Datorzinātne» ar referātu «Mediated competency comparison between job descriptions and university courses». Latvija, Rīga.
11. 2009. gada 12.–16. oktobrī. RTU 51. starptautiskā zinātniskā konference, sekcija „Datorzinātne» ar referātu «Towards narrowing a conceptual gap between IT Industry and University». Latvija, Rīga.
12. 2009. gada 16. 19. septembrī. 18th International Conference on Information Systems Development ar referātu «IT knowledge requirements identification in organizational

networks: cooperation between industrial organizations and universities». Kīna, Nančanga.

Darba rezultāti ir publicēti 20 **izdevumos**:

1. Rudzajs, P., Kirikova, M. «Multimode Information Logistics in Conceptual Correspondence Monitoring», *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. Promocijas 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

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt IPPI monitoringa sistēmas modeli, kas būtu izmantojams sistēmiska IPPI monitoringa risinājuma izstrādē (skat. 1. nodaļu). Mērķa sasniegšanas nolūkā šajā nodaļā ir atspoguļots problēmvides izpētes rezultāts. 1. nodaļas izklāstā jau tika identificētas galvenās IPPI monitoringā ieinteresētās puses, kā arī definēti to mērķi (M1 un M2). Lai noskaidrotu pastāvošos līdzekļus, kas ir izmantojami aktuālās IPPI monitoringa problēmas risināšanā un sistēmas modeļa izstrādē, ir veikta literatūras izpēte, kuras rezultāti izklāstīti šajā nodaļā.

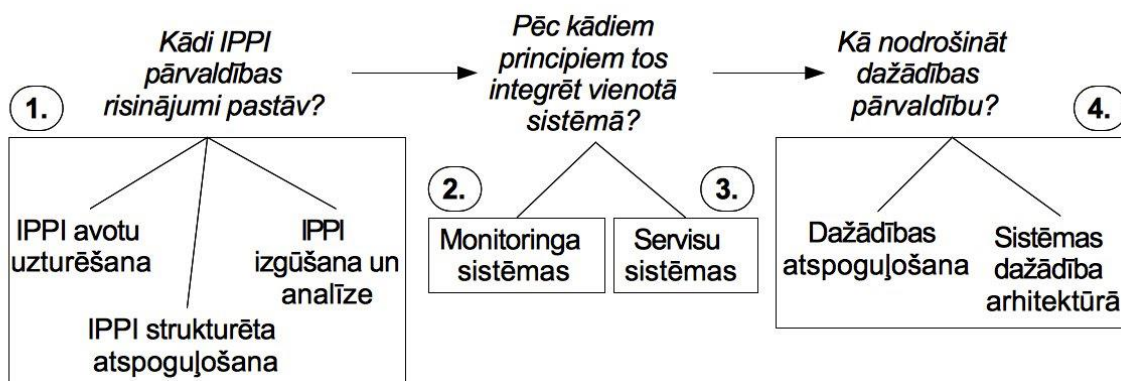
IPPI monitoringam nozīmīgus informācijas avotus (skat. 1.1. sadaļu) parasti rada, glabā un izplata ar IPPI avotu uzturēšanas risinājumu palīdzību. Bez IPPI avotu uzturēšanas ir jāveic arī dažādu veidu IPPI avotu apstrāde. Šo avotu apstrādes automatizācijai un ieinteresēto pušu vienotas izpratnes veicināšanai par avotos atspoguļoto IPPI ir svarīgi izmantot zināšanu struktūras, kas organizē un strukturē kādas jomas jēdzienus [29], [30] (piemēram, zināšanas, prasmes un kompetences informācijas tehnoloģiju jomā) un ir izmantojamas IPPI strukturētai atspoguļošanai. 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 ieinteresēto pušu mērķiem M1 un M2; skat. 1.2. sadaļu). Risinājumi IPPI avotu uzturēšanai, strukturētai atspoguļošanai, izgūšanai un analīzei, tiek saukti par IPPI avotu pārvaldības risinājumiem, un to izpētes rezultāti ir izklāstīti 2.1. sadaļā.

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 [31]. Lai sistēmiskā IPPI monitoringā piemērotu monitoringa sistēmu principus, ir pētītas monitoringa sistēmu uzbūves īpašības. Pētījuma rezultāti ir izklāstīti 2.2. sadaļā.

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 derīgas ir servisu sistēmas, kas ir vērstas, 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 [7]. Serviss ir servisu orientēta risinājuma loģikas

pamata vienība, un tā veidošanā tiek piemēroti servisu orientācijas projektēšanas principi [32]. Ar servisiem plašākā nozīmē saprot servisu sistēmā iesaistīto pušu labā veiktās darbības un resursu nodrošināšanu, ko izmanto iesaistītās puses šo darbību veikšanai [8], bet šaurākā nozīmē ar servisiem saprot modulāru funkcionalitāti, kurai var piekļūt un kuru var kombinēt ar citām funkcionalitātēm [9]. IPPI monitoringā dažādi IPPI avotu pārvaldības risinājumi (servisi) ir jāintegrē, veidojot sistēmu izvirzīto mērķu sasniegšanai. Servisu orientācijas, servisu sistēmu un servisu kompozīcijas principi ir izklāstīti 2.3. sadaļā.

Daudzos gadījumos sistēmas tiek veidotas, ņemot vērā dažādību (angl. *variability*), piemēram, pašadaptīvas sistēmas, atvērtas platformas, kā arī servisu sistēmas [33]. Dažādu IPPI pārvaldības risinājumu, t. i., servisu un to kompozīciju iespējamība servisu sistēmā ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanai, rada nepieciešamību pēc sistēmas dažādības pārvaldības [34]. Dažādības pārvaldības kontekstā ir pētīti līdzekļi dažādības atspoguļošanai [35] un dažādības iekļaušanai sistēmas arhitektūrā [36]. Pētījuma rezultāti izklāstīti 2.4. sadaļā.



2.1. att. IPPI monitoringa problēmvides izpētes struktūra

Rezumējot iepriekš rakstīto, IPPI monitoringa problēmvides izpēte ir strukturēta šādās galvenās jomās (skat. 2.1. att.): 1) IPPI avotu pārvaldības risinājumi; 2) monitoringa sistēmas; 3) servisi un servisu sistēmas; 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 IPPI monitoringa sistēmas modeļa izstrādei.

2.1. IPPI avotu pārvaldības risinājumi

Kā jau minēts šīs nodaļas ievadā, ar IPPI avotu pārvaldības risinājumiem tiek saprasti risinājumi IPPI avotu uzturēšanai, strukturētai IPPI atspoguļošanai, izgūšanai un analīzei. Šajā sadaļā ir izklāstīti šo risinājumu izpētes rezultāti. Apskatītie risinājumi atbilst jau 1.1. sadaļā pieminētā informācijas apstrādes procesa [2] informācijas iegūšanas un analīzes aktivitātēm, kas ir sistēmiska IPPI monitoringa pamatā un sekmē tajā ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu.

2.1.1. IPPI avotu uzturēšana

Jau 1.1. sadaļā tika identificēti dažādi informācijas avoti, kuros tiek atspoguļota IPPI, piemēram: 1) nozares darba tirgū — darba sludinājumi, amatu apraksti, aptaujas; 2) izglītības iestādēs — studiju kursu apraksti, sertifikācijas kursu apraksti; 3) valsts iestādēs, starptautiskajās organizācijās un no industrijas līderu puses — nacionālas nozīmes profesiju standarti, studiju programmu rekomendācijas, starptautiskie profesionālie standarti (standartu izstrādē parasti ir iesaistīti gan nozares darba tirgus, gan izglītības iestāžu pārstāvji). Katru IPPI avotu veido dokumentu kopums. Piemēram, organizācijas darba sludinājumus veido darba sludinājumu apraksti, studiju programmas veido studiju kursu apraksti, kas nozīmē to, ka gan darba sludinājumu apraksti, gan studiju kursu apraksti ir uzskatāmi par dokumentiem.

IPPI avotu uzturēšanai tiek izmantotas informācijas sistēmas. Studiju pārvaldības sistēmās bez studentu informācijas pārvaldības un studiju plānošanas līdzekļiem ir pieejami līdzekļi arī studiju kursu aprakstu uzturēšanai ([37]–[40]). Cilvēkresursu pārvaldības sistēmas (piemēram, [41]) un darba sludinājumu portāli (piemēram, www.cv.lv) ir izmantoti amata aprakstu un sludinājumu uzturēšanai. Sertifikācijas kursu aprakstus parasti uztur organizācijas, kas nodarbojas ar apmācību, savās sistēmās, savukārt nacionālas nozīmes profesiju standartus uztur valsts institūcijas, piemēram, Latvijā profesiju standartus uztur Valsts izglītības un saturs centrs [42]. Studiju programmu rekomendācijas un starptautiskos profesionālos standartus (nozares profesiju zināšanu kopumus, angl. *Body of Knowledge*) uztur un pārvalda to izstrādātāji, piemēram, asociācija ACM² uztur izstrādātās studiju programmu saturs rekomendācijas ([43]–[45]), IEEE³, PMI⁴ un citas asociācijas uztur izstrādātos zināšanu kopumus programmatūras inženierijā [46], sistēmu inženierijā [20], projektu pārvaldībā [47]. Spriežot pēc minēto profesiju standartu, studiju programmu rekomendāciju un profesionālo standartu pieejamības tīmeklī, kā arī to uzbūves, var secināt, ka tie tiek uzturēti bez speciālu atbalsta sistēmu palīdzības, proti, tie tiek veidoti un izplatīti institūciju un asociāciju tīmekļa vietnēs kā teksta dokumenti.

Informācijas avota dokumenta uzbūve nosaka tā tālākās apstrādes iespējas. Ar informācijas avota dokumenta uzbūvi ir saprasta tā konceptuālā struktūra, kuru veido elementi. Konceptuālo struktūru attēlo ar konceptuālās struktūras modeli. Katrs konceptuālās struktūras elements atspoguļo kādu informāciju par dokumentu. Promocijas darbā būtiskākie struktūras

² ACM — *Association of Computing Machinery*, www.acm.org

³ IEEE — *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, www.ieee.org

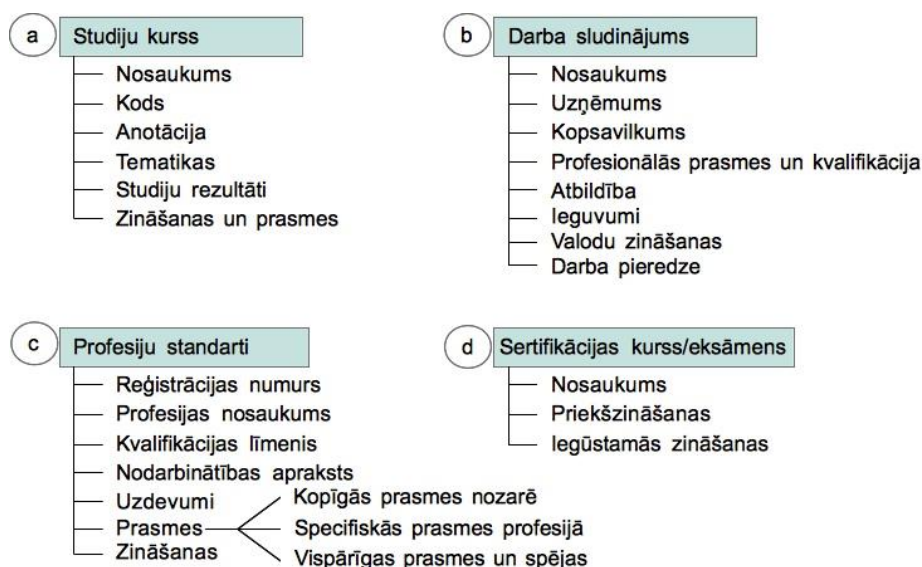
⁴ PMI — *Project Management Institute*, www.pmi.org

elementi ir tie, kas atspoguļo IPPI. Lai dokumentos identificētu IPPI (piemēram, kursa aprakstā identificētu kursā apgūstamās zināšanas), vispirms ir jānosaka to konceptuālā struktūra, proti, jāidentificē konceptuālās struktūras elementi.

Pētot IPPI avotu dokumentus, ir izstrādāti vispārīgi kursu aprakstu, darba sludinājumu, nacionālas nozīmes profesiju standartu, apmācību un sertifikāciju kursu un eksāmenu aprakstu, kā arī nozares asociāciju izstrādāto profesionālo standartu konceptuālie modeļi [21].

Kursu aprakstu konceptuālais modelis (skat. 2.2. att. a) daļu) ir izstrādāts, pētot kursu aprakstus no 7 studiju programmām 5 universitātēs (Vīnes Tehnoloģiju universitātē, Vīnes Universitātē, Rostokas Universitātē, Dublinas Universitātē un Rīgas Tehniskajā universitātē). Kursu apraksta modelī tiek atspoguļoti tikai visbiežāk sastopamie elementi. Kursu aprakstos IPPI parasti ir atspoguļota šādos elementos: *kursa anotācija, pieprasītās un iegūstamās zināšanas un prasmes, studiju rezultāti*, kā arī *kursa tematikas*.

Darba sludinājumu konceptuālais modelis (skat. 2.2. att. b) ir izstrādāts, balstoties uz divu lielāko Latvijas darba sludinājumu portālos (www.workingday.lv un www.cv.lv) pieejamo darba sludinājumu izpēti. IPPI parasti tiek atspoguļota šādos atribūtos: *darba kopsavilkums, profesionālās prasmes un kvalifikācija, kā arī atbildība*.



2.2. att. Universitāšu kursu (a), darba sludinājumu (b), nacionālas nozīmes profesiju standarta (c) un sertifikācijas kursu/eksāmenu (d) aprakstu konceptuālās struktūras modeļi.

Kā jau tika minēts, pastāv arī citu tipu IPPI avoti, proti, nacionālas nozīmes profesiju standarti, apmācību un sertifikāciju kursu un eksāmenu apraksti, kā arī starptautisku nozares asociāciju izstrādāti profesionālie standarti (jeb «zināšanu kopumi» dažādās profesijās).

Nacionālas nozīmes profesiju standartu konceptuālais modelis (skat. 2.2. att. c) ir izstrādāts, pētot Latvijas profesiju standartu reģistru [42]. Standartu aprakstā ir identificēti šādi elementi: *reģistrācijas numurs, profesijas nosaukums, kvalifikācijas līmenis, nodarbinātības*

apraksts, uzdevumi, prasmes (klasificētas kā *kopīgās prasmes nozarē* un *specifiskās prasmes profesijā* un *vispārīgas prasmes/spējas*) un *zināšanas*. Elementi *uzdevumi, prasmes* un *zināšanas* atspoguļo IPPI.

Apmācības/sertifikācijas kursu/eksāmenu mērķis ir sertificēt personu kādas tehnoloģijas vai rīka lietošanā, piemēram, *Microsoft* piedāvā sertifikācijas eksāmenu «*Designing, Assessing, and Optimizing Software Asset Management (SAM)*»⁵. Pēc eksāmena nokārtošanas *Microsoft* izsniedz sertifikātu, kas apliecina iegūtās zināšanas un prasmes. Eksāmenu apraksti ir publiski pieejami. Apraksts nosaka nepieciešamās priekšzināšanas un iegūstamās zināšanas (dots kā zināšanu vienības nosaukums un tās apraksts) pēc eksāmena nokārtošanas. Pēc *IBM*⁶ un *Microsoft* sertifikācijas kursu un eksāmenu izpēti ir izveidots to apraksta konceptuālās struktūras modelis (skat. 2.2. att. d). Elementi, kas atspoguļo IPPI, ir *priekšzināšanas* un *iegūstamās zināšanas*.

Starptautisku nozares asociāciju izstrādātu profesionālo standartu konceptuālās struktūras diezgan atšķirīgas (tāpēc tās nav iekļautas 2.2. att.). Var atšķirt tādas vispārīgus elementus kā *nosaukums, izstrādes asociācija, versija, publicēšanas gads* kā arī *saturs*, kura ietvaros tiek atspoguļota IPPI. Šie standarti var būt nozīmīgi gan universitātei, gan darba devējiem, jo reprezentē nepieciešamo zināšanu kopumu dažādās profesijās.

Runājot par IPPI avotu dokumentu konceptuālo struktūru, jāmin arī tās realizācija, kas parasti izpaužas kā dokumentam pievienoti metadati, kurus ir iespējams apstrādāt sistēmiski. Dokumenta strukturētību nosaka tā metadatu granularitātes līmenis [48], proti, dokumenta konceptuālās struktūras detalizācija. Piemēram, ja studiju kursa metadati ir uzdoti pēc 2.2. att. a) daļā atspoguļotās konceptuālās struktūras, tad vispārīgi var teikt, ka studiju kursa apraksts ir strukturēts. Taču, raugoties no IPPI viedokļa, var uzskatīt, ka kursa apraksts ir tikai daļēji strukturēts, jo nav atdalīti atsevišķi elementi IPPI vienību (piemēram, konkrētu prasmju) atspoguļošanai. Visas IPPI vienības ir atspoguļotas vienā elementā. Ja katram elementam, kas potenciāli var atspoguļot IPPI, būtu atdalīti atsevišķi (apakš)elementi katrai tās vienībai (piemēram, katrai tematikai, katrai prasmei utt.), tad, no IPPI viedokļa raugoties, dokumentam būtu augstāks strukturētības līmenis. Taču lielākā daļa pētīto IPPI avotu dokumenti ir daļēji strukturēti, bez atsevišķi atdalītiem elementiem IPPI vienību atspoguļošanai. Līdz ar to, lai arī esošajos aprakstos ir elementi, kas satur nepieciešamo IPPI, aprakstu brīvās formās dēļ vispirms

⁵ Microsoft learning, Description of Microsoft Certification exam «Designing, Assessing, and Optimizing Software Asset Management (SAM)», <https://www.microsoft.com/learning/en-us/exam-70-673.aspx>

⁶ IBM Professional Certification Program, <http://www-03.ibm.com/certify/index.shtml>

ir nepieciešams veikt IPPI identificēšanu. Tikai pēc tam ir iespējams automatizēti analizēt IPPI. Turpmāk promocijas darbā ar nestrukturētu IPPI avota dokumentu tiek saprasts dokuments, kam nav pieejami metadati; ar daļēji strukturētu — ir pieejami metadati, taču IPPI atspoguļojošos elementos nav atdalīti atsevišķi (apakš)elementi, t. i., IPPI apraksts ir uzdots brīva formāta tekstā vienā dokumenta struktūras elementā; ar strukturētu — ir pieejami metadati un IPPI atspoguļojošos elementos ir atdalīti atsevišķi (apakš)elementi katras IPPI vienības atspoguļošanai.

Pieejamie IPPI avotu uzturēšanas risinājumi nosaka, kā šai informācijai var piekļūt. IPPI monitoringā būtu jāspēj šos avotus sasniegt, piemēram, apmeklējot tīmekļa vietnes un izgūstot to saturu. Tīmekļa vietņu apmeklēšanu un satura izgūšanu var realizēt manuāli, gadījumā, ja to veic cilvēks bez speciālas programmatūras, vai arī automatizēti — izmantojot tīmekļa pārmeklētājus (tīmekļa pārmeklētāji īsi ir raksturoti 2.1.3. sadaļā). Cits avotu sasniegšanas veids ir tieša pieslēgšanās IPPI avotu datu bāzēm, piemēram, izgūstot avotu dokumentus ar strukturētās vaicājumu valodas *SQL* palīdzību. Atšķirībā no citiem risinājumiem, kas pamatā izmanto IPPI, IPPI monitoringam ir jānodrošina spēja apstrādāt dažādas struktūrētības IPPI avotu dokumentus. Šo dokumentu automatizētai apstrādei ir nepieciešamas metodes to strukturēšanai, savstarpējai sasaistei un tālākai izmantošanai (piemēram, salīdzinot kursus iegūstamās zināšanas ar darba tirgū pieprasītajām zināšanām), lai sekmētu IPPI novērošanā ieinteresēto pušu mērķu M1 un M2 sasniegšanu.

2.1.2. Zināšanu struktūras IPPI strukturētai atspoguļošanai

Informācijas apmaiņas nolūkā starp dažādām organizācijām gan vietējā, gan starptautiskā mērogā tiek izstrādāti savstarpējās savietojamības standarti. Šādu standartu izstrāde ir īpaši uzsvērtā un aktualizēta Eiropas Savienībā [49], [50].

Pie savstarpējās savietojamības standartiem pieder metadatu standarti, kā arī zināšanu struktūras. Kā piemērus metadatu standartiem var minēt 1) *XCRI*⁷ standartu, ko izmanto Lielbritānijā kursu informācijas aprakstīšanai un apmaiņai; 2) *HR-XML*⁸; 3) *JobPosting*⁹ standartus, ko izmanto, lai aprakstītu kompetences vai lai izveidotu darba sludinājumus, definējot nepieciešamo pieredzi, izglītību u. c. informāciju. Šie metadatu standarti pēc būtības ir vērsti uz to, lai standartizētu dažādu dokumentu konceptuālo struktūru, uzlabojot informācijas apmaiņas un integrācijas iespējas.

⁷ Angl. *eXchanging Course-Related Information*, <http://www.xcri.org/>

⁸ Angl. *Human Resources eXtensible Markup Language*, <http://hropenstandards.org>

⁹ <http://schema.org/JobPosting>

Bez minētajiem metadatu standartiem, kas apraksta dokumentu konceptuālo struktūru, pastāv arī zināšanu struktūras (ietver ontoloģijas, taksonomijas, vārdnīcas u. c. [30]), kas organizē un strukturē kādas jomas jēdzienus, piemēram, zināšanas, prasmes un kompetences. Zināšanu struktūras ir līdzeklis, lai strukturētā veidā aprakstītu dokumentu konceptuālās struktūras elementu vienības [29], piemēram, studijuursos apgūstamās prasmes (skat. 2.2. att. a) daļas elementu «Iegūstamās prasmes») vai arī darba sludinājumā pieprasītās prasmes (skat. 2.2. att. b) daļu). Promocijas darba izstrādes gaitā [51]–[57] ir identificētas šādas zināšanu struktūras, kas organizē zināšanas, prasmes un kompetences:

- asociācijas «*Association for Computing Machinery*» izstrādātā «*Computing Classification System*» taksonomija (ACM-CCS) [58];
- Eiropas prasmju un kompetenču vārdnīca (*European Dictionary of Skills and Competencies; DISCO*) [59], [60];
- Eiropas e-Kompetenču ietvars (*European e-Competence framework; e-CF*) [61];
- prasmju ietvars informācijas laikmetam (Skills Framework for Information Age; SFIA) [62];
- Eiropas prasmju, kompetenču, kvalifikāciju un profesiju klasifikācija (*Classification of European Skills, Competences, Qualifications and Occupations; ESCO*) [49];
- Amerikas Nodarbinātības informācijas tīkla programmas «O*NET» definētie rīki un tehnoloģijas [63];
- brīvā tiešsaistes skaitļošanas vārdnīca (*Free On-line Dictionary of Computing; FOLDOC*) [64].

No minētajām zināšanu struktūrām ACM-CCS, e-CF un SFIA, kā arī FOLDOC ir specifiskas informācijas tehnoloģijas un datorzinātnes jomai, taču DISCO zināšanu struktūra ietver arī citu jomu, piemēram, biznesa administrācijas jomas zināšanas, prasmes un kompetences. Vispārējās nozīmes zināšanu struktūra saistībā ar prasmēm un kompetencēm ir ESCO.

Šīs zināšanu struktūras izmanto dažādi risinājumi (informācijas sistēmas), piemēram, Eiropas darba mobilitātes portālā EURES¹⁰ tiek izmantota ESCO zināšanu struktūra; EuropassCV^{11, 12} standarta dzīvesgājuma apraksta (CV) veidošanā zināšanu, prasmju un

¹⁰ <https://ec.europa.eu/eures>

¹¹ http://disco-tools.eu/disco2_portal/europeanDocuments.php

¹² <https://europass.cedefop.europa.eu/lv/documents/curriculum-vitae>

kompetenču aprakstam tiek izmantota *DISCO* zināšanu struktūra; *ProfilerTool*¹³ rīkā kompetenču profila izveidošanai tiek izmantots *e-CF*.

Kā jau minēts, zināšanu struktūras ir viens no līdzekļiem informācijas savstarpējās savietojamības nodrošināšanai. Zināšanu struktūras kalpo arī kā ieinteresēto pušu «vienota valoda» [65]. Promocijas darbā zināšanu struktūras ir izmantotas, lai nodrošinātu vienotu un strukturētu IPPI avotu aprakstīšanu un apstrādi. Protams, ne visām jomām ir pieejamas zināšanu struktūras vai arī tās var nebūt pilnīgas un izmantojamas kādam konkrētam mērķim, piemēram, IPPI atspoguļošanai. Šim nolūkam var izstrādāt arī savas pielāgotas zināšanu struktūras, taču jārēķinās ar to, ka nepieciešami resursi to uzturēšanai, turklāt zināšanu struktūrām jābūt tādām, kas rada iespēju iegūt vienotu izpratni iesaistīto pušu starpā [66]. Šo iemeslu dēļ tiek ieteikts izmantot starptautisku organizāciju izstrādātas un uzturētas zināšanu struktūras.

2.1.3. IPPI avotu dokumentu izgūšana un analīze

IPPI avoti atrodas to uzturētāju pārraudzībā, un tie visi nav pieejami vienuviet, tāpēc ir nepieciešami risinājumi, kas ļautu izgūt šo avotu dokumentus un apkopot kopējā krātuvē. Tas dotu iespēju veikt to sistēmisku analīzi IPPI stāvokļa un atbilstības noskaidrošanai (atbilstoši ieinteresēto pušu mērķiem, kas definēti 1.1. sadaļā).

Nemot vērā, ka liela daļa IPPI avotu dokumentu ir pieejami tīmeklī (skat. 2.1.1. sadaļu), kā būtiska informācijas izgūšanas tehnoloģija ir jāmin tīmekļa pārmeklētāji [22]. Tīmekļa pārmeklētāji parasti tiek izmantoti meklētājprogrammās tīmekļa vietņu indeksēšanai. Eksistē arī tā saucamie fokusētie pārmeklētāji [67], kas no tīmekļa vietnēm var atlasīt tikai vēlamās tīmekļa lapas (jeb tīmekļa dokumentus), piemēram, tās, kas satur IPPI avotu dokumentus. Līdzīgi pastāv platformas, kuras var pielāgot specifiskiem mērķiem, piemēram, *Apache Nutch* [68] (tās darbības iespējas IPPI monitoringa kontekstā ir analizētas promocijas darba autora vadītajā bakalaura darbā [69]).

Tīmekļa pārmeklētājus ir lietderīgi izmantot informācijas izgūšanai [22]. Kad informācijas avotu dokumenti ir izgūti, parasti tiek veikta to analīze, lai dokumentos identificētu interesējošos jēdzienus (piemēram, personas, vietas, notikumus, prasmes u. c. tipa jēdzienus [70]). Visbiežāk izmantotās dokumentu analīzes platformas ir *Apache UIMA* [71] (angl. *Unstructured Information Management Architecture*) un *GATE* [72] (angl. *General Architecture for Text Engineering*). Abās platformās tiek definēta secīga teksta analīzes uzdevumu izpilde. Tas nozīmē to, ka viena uzdevuma izpildes rezultāts tiek izmantots nākamā

¹³ <http://profiletool.ecompetences.eu>

uzdevuma izpildei kā ieejas parametrs. Piemēram, pēc dokumenta konceptuālās struktūras elementu identificēšanas dokuments tiek apstrādāts, tajā identificējot IPPI.

Kā piemērus, kur tiek izmantoti teksta analīzes risinājumi, var minēt Biletskija [73] piedāvāto kursu informācijas iegūšanas pieeju *CODE*, kas analizē kursu aprakstus *HTML* formātā, identificējot tajos konceptuālās struktūras elementus. Janeva [74] piedāvā risinājumu, kas no strukturēta un nestrukturēta formāta organizācijas darbinieku profiliem iegūst to kompetenču informāciju. Jāpiemin, ka šajā risinājumā ir izmantota teksta analīzes platforma *Apache UIMA* un *ESCO* zināšanu struktūra, kas atvieglo kompetenču informācijas identificēšanu teksta dokumentos. Pastāv arī risinājumi ekspertu meklēšanas kontekstā, kuru mērķis ir izgūt eksperta informāciju (zināšanas, prasmes un kompetences), balstoties uz nepieciešamiem eksperta raksturojumiem kāda noteikta uzdevuma izpildei [75]–[77]. Promocijas darbā piedāvātais IPPI monitoringa risinājums atšķiras no minētajiem risinājumiem ar to, ka tas ir paredzēts sistēmiskai IPPI stāvokļa un IPPI atbilstības novērošanai, kas nav pieejama iepriekš minētajos risinājumos.

Pamatojoties uz literatūras [73]–[78] izpēti, ir secināts, ka dokumentu analīzes procesā tiek izmantotas jēdzienu identificēšanas pieejas, kas par pamatu izmanto zināšanu struktūras. Tādēļ arī promocijas darbā, lai sekmētu ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu, dokumentu analīzes risinājumos tiek izmantotas zināšanu struktūras IPPI identificēšanai un IPPI avotu dokumentu atbilstības iegūšanai.

2.2. Monitoringa sistēmas

Pastāv dažādi IPPI avotu pārvaldības risinājumi (skat. 2.1. sadaļu), taču tie nav vērsti uz sistēmisku IPPI novērošanu. Tomēr šāda novērošana ir nepieciešama, lai sasniegtu IPPI novērošanā ieinteresēto pušu mērķus. Citos kontekstos sistēmiskas novērošanas problēmas risināšanai praksē tiek izmantotas monitoringa sistēmas, kuru galvenais mērķis ir nodrošināt sistēmas lietotājiem iespēju novērot situāciju un izmaiņas, kas notiek laika gaitā [31]. Attiecībā uz monitoringa sistēmām promocijas darbā tiek lietotas šādas definīcijas:

- monitorings ir nepārtraukta funkcija, kas iegūst datus par izvēlētiem indikatoriem un nodrošina šo indikatoru attēlošanu iesaistītajām pusēm mērķu sasniegšanas nolūkā [79];
- monitorings ir «kontrolē, uzraudzība, novērošana, pārraudzība»¹⁴.

¹⁴ <http://www.letonika.lv>

Monitorings ir funkcija, tādēļ ir jābūt arī sistēmai, kas šo funkciju veic. Tiek pieņemts, ka monitoringa sistēma veic monitoringa funkciju. Šajā sadaļā ir identificētas monitoringa sistēmas dažādās nozarēs un aprakstīts autora izstrādāts ietvars monitoringa sistēmas uzbūves aprakstīšanai. Šis ietvars paredzēts, lai promocijas darbā apskatāmo IPPI monitoringa problēmu aprakstītu monitoringa sistēmu kontekstā, dodot iespēju spriest par problēmas risināšanai nepieciešamās sistēmas uzbūves īpašībām.

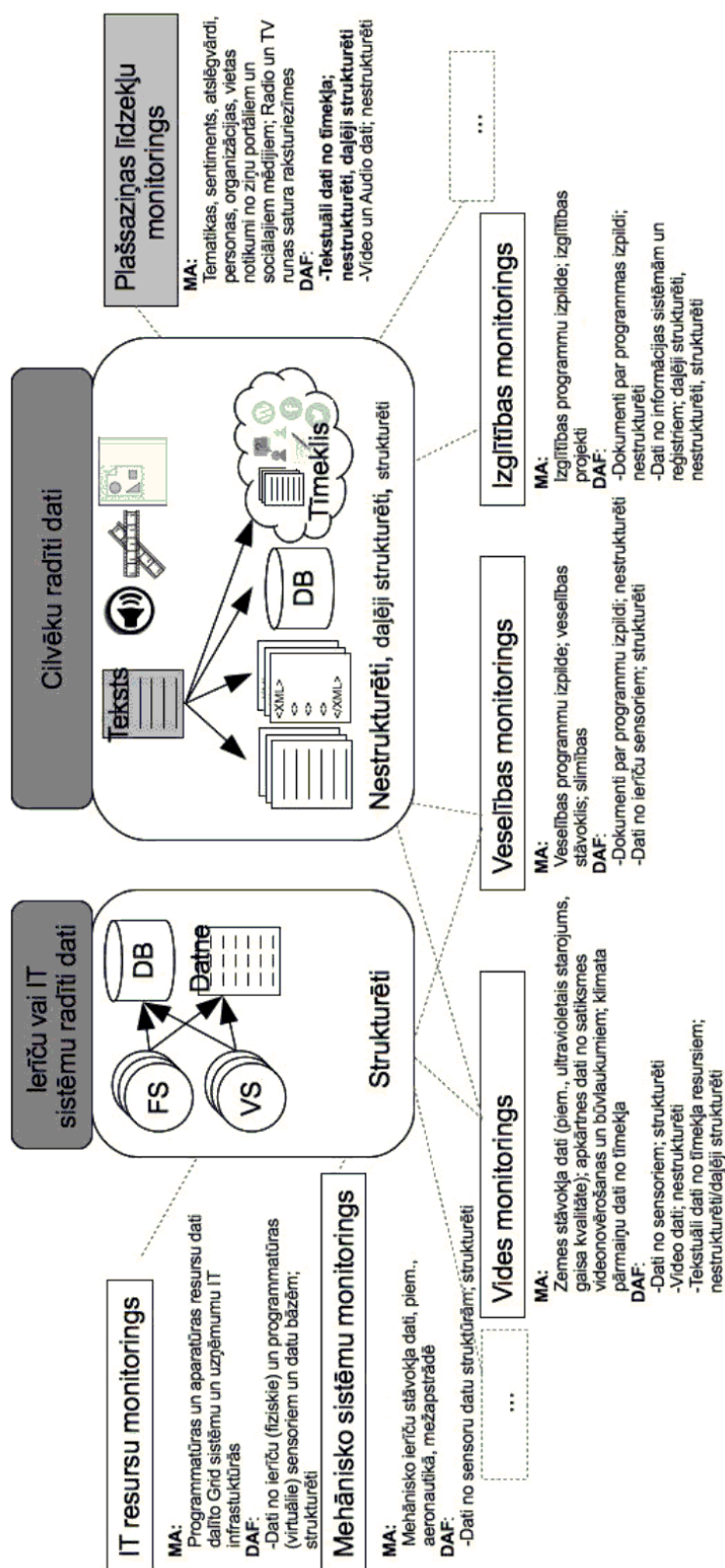
Monitoringa sistēmas ir pētītas ar mērķi rast pamatu IPPI monitoringa risinājuma izstrādei, proti, potenciālai IPPI monitoringa sistēmas uzbūvei.

2.2.1. Monitoringa sistēmas izglītības un citās nozarēs

Izglītības nozarē monitoringa sistēmas parasti tiek apskatītas izglītības pārvaldības informāciju sistēmu kontekstā, kur galvenie monitoringa mērķi ir informācijas apkopošana no dažādiem informācijas avotiem un izglītības plānu izpildes izsekošana. Ir izstrādātas monitoringa sistēmas, kas ļauj novērot šādus indikatorus [80], [81]: studentu un personāla informācija; studiju novērtējums attiecībā pret iepriekšējiem gadiem un citām izglītības iestādēm; demogrāfiskie dati; dati par iepriekšējo uzņemšanu; personāla un mācībspēku skaita dinamika; sadalījums pēc dzimuma un vecuma u. c. indikatori. Izglītības nozarē ir arī cita veida monitoringa sistēmas, piemēram, apmeklējuma monitoringa sistēma [82], studentu progresu monitoringa sistēma [83], acu zīlīšu analīzes sistēma testu izpildes laikā [84], taču neviena no tām nepiedāvā novērot IPPI.

Izglītības nozare ([57], [80]–[84]) nebūt nav vienīgā, kurā tiek izmantotas monitoringa sistēmas. Monitoringa sistēmas tiek izmantotas arī tādās nozarēs kā vides monitorings [85]–[89], veselības monitorings [90], [91], mehānisko sistēmu monitorings [92], [93], IT infrastruktūras monitorings [94], [95], plašsaziņas līdzekļu (angl. *media*) monitorings [88], [89], [96]–[105], biznesa aktivitāšu un procesu monitorings [106]–[108] u. c. nozarēs.

2.3. att. ir ilustrētas monitoringa sistēmas dažādās nozarēs un raksturoti to galvenie monitoringa aspekti, kā arī novērojamo datu formāts. Kopumā redzams, ka monitoringa sistēmas var apstrādāt strukturētus, nestrukturētus un/vai daļēji strukturētus datus, kas iegūti no dažādiem datu avotiem (cilvēku radītiem, ierīču un IT sistēmu radītiem).



2.3. att. Monitoringa sistēmas dažādās nozarēs (ar pelēku izcelta IPPI monitoringam tuvākā nozare — plašsaziņas līdzekļu monitorings) un to galvenie monitoringa aspekti (MA), kā arī novērojamo datu formāts un strukturētība (DAF) (strukturēti, nestrukturēti, dalēji strukturēti). FS — Fiziskie sensori; VS — Virtuālie sensori. Monitoringa sistēmu uzbūves atspoguļošana

Analizējot literatūru par monitoringa sistēmām dažādās nozarēs [80]–[110], tika secināts, ka monitoringa sistēmu uzbūve netiek strukturēti aprakstīta, tādējādi apgrūtinot to savstarpēju salīdzināšanu. Lai šo problēmu risinātu, promocijas darbā ir izstrādāts monitoringa sistēmu uzbūves apraksta ietvars. Šo ietvaru veido monitoringa sistēmu raksturojošie parametri, kas izraudzīti, analizējot iepriekš minētos literatūras avotus. Izstrādātais ietvars sākotnēji tika prezentēts un izmantots monitoringa sistēmu aprakstīšanai autora publikācijā [111] un autora vadītajā bakalaura darbā [112]. Monitoringa sistēmu raksturojošie parametri ir šādi.

- *Monitorējamais objekts (MO)* norāda monitoringa objektu, piemēram, biznesa sistēma, vide, tehniska sistēma utt.
- *Monitoringa aspekti (MA)*. Šis parametrs raksturo monitoringa mērķi, izmantotos datu avotus un novērojamos indikatorus.
- *Sensoru tips* — atsevišķi tiek apskatīti *fiziskie sensori (FS)* un *virtuālie sensori (VS)*. Fiziskie sensori parasti ir ierīces (aparātūra). Promocijas darbā arī dzīvas būtnes (cilvēki) ir uzskatāmas par fiziskiem sensoriem. Virtuālie sensori parasti ir programmatūra (vairāk informācija par šāda tipa sensoriem pieejama [110]).
- *Datu avota formāts (DAF)* — norāda monitoringa funkcijas ieejā izmantoto datu formātu dažādību. Tie var būt skaitliski dati no sensoriem, dati datu bāzēs, video faili utt. Promocijas darbā tiek nodalīti divi galvenie datu formāti:
 - ierīču un IT sistēmu darbības rezultātā radītie dati (piemēram, vides monitoringā tie var būt dati no ierīcēm par ultravioletā starojuma līmeni [85], IT sistēmās tie var būt programmatūras radīti notikumu ziņojumi [95]);
 - cilvēku radīti dati (piemēram, dažādi tekstuāli apkopojumi par projektu izpildi [81], ikdienas notikumu apraksti [96] u. c.).
- *Datu avotu strukturētība (DS)*. Tiek apskatīti strukturēti, daļēji strukturēti un nestrukturēti dati (skat. 2.1.1. sadaļu). Ierīces un IT sistēmas parasti rada strukturētus datus, taču cilvēku radītie dati parasti ir nestrukturēti, lai gan tie var būt arī daļēji strukturēti vai strukturēti.
- *Monitoringa sistēmas iekšējā uzbūve (MSIU)*. Norāda monitoringa sistēmas iekšējās arhitektūras pamatelementus un principus.
- *Monitoringa apakšfunkcijas (MAF)*. Monitoringa sistēmā iekļautās apakšfunkcijas ir:
 - datu izgūšana no datu avotiem (piemēram, IPPI avotiem),
 - datu analīze,
 - datu izplatīšana ieinteresētajām pusēm.

- *Monitoringa metodes (MM)* — metodes, kas tiek izmantotas monitoringa apakšfunkciju veikšanai.
- *Iesaistītās puses (IP)* — programmatūra, ierīces, tīkli, cilvēki, lomas, organizācijas struktūras un citas monitoringa apakšfunkcijās iesaistītās puses.

Ņemot vērā iepriekš dotos monitoringa sistēmu raksturojošos parametrus, 2. pielikumā ir atspoguļots izveidotais kopsavilkums par monitoringa sistēmu iespējām un problēmām. Jāatzīst, ka monitoringa sistēmu iespēju saraksti nav pilnīgi, jo literatūras avotos ne vienmēr ir dota informācija atbilstoši visiem raksturojošiem parametriem. Tas parāda to, ka pašreizējie pētījumi par monitoringa sistēmām paši par sevi nav pilnīgi un tas ir viens no izaicinājumiem šajā jomā.

Arī IPPI monitoringu var atspoguļot strukturēti, izmantojot monitoringa sistēmu raksturojošos parametrus (skat. 2.1. tabulu). Monitoringa objekts (MO) IPPI monitoringā ir tekstuāli IPPI avoti, kuri satur nestrukturētus, strukturētus vai daļēji strukturētus (DS) cilvēka radītus tekstuāla formāta dokumentus (DAF). Monitoringa aspekts (MA) 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, kuri 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; skat. 1. nodaļu un 2.1.1. sadaļu). Šis secinājums ļauj izteikt apgalvojumu, ka arī IPPI monitoringā varētu izmantot plašsaziņas līdzekļu monitoringa sistēmās izmantotos iekšējās uzbūves elementus (MSIU), piemēram, servisu, kas veicina sistēmas elastību [32], [87], [105].

Arī IPPI monitoringā var nodalīt šādas monitoringa apakšfunkcijas (MAF): informācijas izgūšana, analīze un izplatīšana. Informācijas izgūšanā var izmantot tādas monitoringa metodes (MM) kā datu nolasīšana no datu bāzēm, tīmekļa pārmeklēšana, datu lejupielādēšana, manuāla datu ievade sistēmā, tīmekļa servisi. Kā jau minēts 2.1.3. 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 avotu apstrādi un sasaisti. Savukārt informācijas izplatīšanai, līdzīgi kā citās monitoringa sistēmās (piemēram, [88], [89], [93], [95], [99]), 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.

2.1. tabula. IPPI monitorings: monitoringa sistēmu konteksts

Parametrs	IPPI monitorings
MO	Tekstuāli IPPI avoti
MA, DAF un DS	IPPI, kas atspoguļota dažādos nestrukturētos, strukturētos vai daļēji strukturētos cilvēka radītos tekstuāla formāta informācijas avotos
FS un VS	Virtuāli sensori — programmatūra, kas iegūst datus no datu avotiem Fiziski sensori — cilvēki, kas iegūst datus no datu avotiem
MSIU	Monitoringa sistēmas iekšējās arhitektūras pamatelementi un principi: servisu orientēta loģika, servisi un portāls
MAF un MM	<i>Izgūšana:</i> datu nolasīšana no datu bāzēm; tīmekļa pārmeklēšana; datu lejupielādēšana; manuāla datu ievade sistēmā; tīmekļa servisi <i>Analīze:</i> dabīgās valodas apstrāde, t. i., teksta analīze; jēdzienos sakņota apstrāde; IPPI avotu savstarpējā sasaiste <i>Izplatīšana:</i> specializēti lietotāju interfeisi, portāls ar meklēšanas un pārlūkošanas iespējām
IP	<i>Izgūšana:</i> gan cilvēki, gan programmatūra <i>Analīze:</i> gan cilvēki, gan programmatūra <i>Izplatīšana:</i> gan cilvēki, gan programmatūra

2.2.2. IPPI monitoringam svarīgas monitoringa sistēmu īpašības

Ir dažādas monitoringa sistēmas dažādās nozarēs, taču nav strukturēta veida šo monitoringa sistēmu aprakstīšanai, kas apgrūtina to savstarpējo salīdzināšanu. Šim nolūkam 2.2.2. sadaļā tika prezentēts izstrādātais monitoringa sistēmu uzbūves aprakstīšanas ietvars, ko veido monitoringa sistēmas raksturojošie parametri. Strukturēti analizējot monitoringa (jo īpaši — plašsaziņas līdzekļu monitoringa) sistēmu uzbūvi, tika izveidots monitoringa sistēmām piemītošo uzbūves īpašību apvienojums, kā arī identificētas īpašības atsevišķi katrai sistēmai (detalizētāk tās ir atspoguļotas 2. pielikumā). Īpašības parādītas 2.2. tabulā.

2.2. tabula. Monitoringa sistēmu īpašību apvienojums un īpašības atsevišķi katrai sistēmai

	Īpašību apvienojums	Īpašības atsevišķi katrai sistēmai
1.	Dati tiek izgūti no dažādu tipu datu avotiem	Datu avotu tipu dažādība ir neliela
2.	Spēja apstrādāt strukturētus, nestrukturētus <i>un</i> daļēji strukturētus datus	Spēja apstrādāt strukturētus <i>vai</i> nestrukturētus, <i>vai</i> daļēji strukturētus datus
3.	Monitoringa sistēmu iekšējā uzbūvē tiek lietoti dažādi elementi, kuros izmantotas dažādas metodes datu izgūšanai, analīzei un izplatīšanai	Monitoringa sistēmas iekšējās uzbūves elementu un tajos izmantoto metožu klāsts ir neliels
4.	Monitoringa apakšfunkcijās tiek iesaistīti gan cilvēki, gan programmatūra (arī ierīces)	Monitoringa apakšfunkcijās tiek iesaistīta tikai programmatūra (arī ierīces). Cilvēku iesaiste pētījumos par monitoringa sistēmām ir minēta reti

IPPI monitoringa sistēmai būtu jāpiemīt vairāku monitoringa sistēmu īpašību apvienojumam (skat. 2.2. tabulas 1. kolonu), jo IPPI īpatnību un ieinteresēto pušu izvirzīto mērķu dēļ ir nepieciešama lielāka dažādība sistēmas uzbūvē, nekā tas ir katrai apskatītajai monitoringa sistēmai atsevišķi (skat. 2.2. tabulas 2. kolonu). Dažādība sistēmas uzbūvē aktualizē jautājumu par dažādības pārvaldību, kas sīkāk ir apskatīta 2.4. sadaļā.

Pamata monitoringa apakšfunkcijas ietver informācijas izgūšanu, informācijas apstrādi un analīzi [79], [97], kas monitoringa sistēmas lietotājiem dod papildu informāciju lēmumu pieņemšanai. No tā var secināt, ka monitoringa sistēmas atbilst pirmajām divām informācijas apstrādes procesa (skat. 1.1. sadaļu) aktivitāšu grupām, proti, informācijas iegūšanai un analīzei (iekļaujot arī informācijas izplatīšanu).

Pašreiz izglītības nozarei paredzētās monitoringa sistēmas ir vērstas uz izglītības pārvaldības risinājumiem, kas pārsvarā nodrošina izglītības 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 (skat. 1.1. sadaļu), tāpēc nepieciešams nodrošināt elastīgāku IPPI monitoringa risinājuma struktūru, kas būtu piemērota dažādos gadījumos, kad darbu veic

cilvēks, programmatūra vai abi kopā. Šim nolūkam nākamajā sadaļā tiek apskatīti servisu orientācijas, servisu sistēmu un servisu kompozīcijas principi, kas ir izmantojami IPPI monitoringa problēmas risināšanai.

2.3. Servisi un servisu sistēmas

Kā jau tika minēts 2.2. sadaļā, IPPI monitoringa ir tuvs plašsaziņas līdzekļu monitoringam, kur kā pamata sistēmu veidojošos elementus parasti izmanto servissus. Servisu orientācija ir aktuāla ne tikai monitoringa sistēmu, bet arī citu informācijas tehnoloģijas risinājumu izstrādē. Servisu orientācijas galvenais mērķis ir nodrošināt risinājumu elastību, proti, informācijas tehnoloģijas risinājumu atbilstību organizācijas procesiem un dažādām mainīgām vajadzībām [113]. IPPI monitoringā servisu orientācija ir nozīmīga, jo tā nodrošina principus dažādu risinājumu (t. i., servisu) integrēšanai vienotā sistēmā konkrēta mērķa sasniegšanai. Šim nolūkam šajā sadaļā ir izklāstīti servisu orientācijas, servisu sistēmu un servisu kompozīcijas principi.

2.3.1. Servisu orientācija

Servisi informācijas tehnoloģijas jomā parasti tiek apskatīti no servisu orientētas arhitektūras (SOA) skatu punkta [32]. SOA ir informācijas sistēmas arhitektūra, kas ietver tehnoloģiju, produktu, atbalstošās infrastruktūras un citu daļu kopumu. Serviss ir servisu orientēta risinājuma loģikas pamata vienība, kuras veidošanā tiek piemēroti servisu orientācijas projektēšanas principi (piemēram, atkārtota izmantojamība, vājsaistība (angl. *loosely coupled*), autonomija, abstrakcija, kombinējamība (angl. *composable*) u. c.). Servisu orientācijas projektēšanas principi ir tie, kas atšķir servissus salīdzinājumā ar objektiem vai komponentiem.

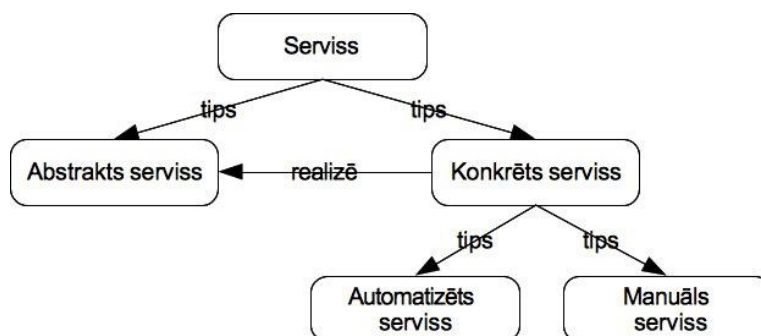
Bieži vien ar servisu saprot arī vienkārši modulāru funkcionalitāti, kurai var piekļūt un kuru var kombinēt ar citām [9]. Ir arī citas definīcijas¹⁵.

- Lietotāji orientētu funkciju kopums, piem., datoru vai programmatūras pircēju tehniskā apkalpošana vai datoru tīkla pakalpojumu sniegšana lietotājam.
- Pakalpojumi, ko kāda programma sniedz citai programmai, lai veicinātu tās izpildi.

Promocijas darbā ar servisu ir saprasta modulāra funkcionalitāte, kurai var piekļūt un kuru var kombinēt ar citām. 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

¹⁵ <http://www.letonika.lv>

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 [114], [115], [116]. Konkrētais serviss ir abstraktā servisa implementācija. Automatizētie servisi un manuālie servisi ir konkrētā servisa tipi (skat. 2.4. att.).



2.4. att. Servisa tipi un to saistības

IPPI novērošanas nodrošināšanā var būt iesaistīti daudzi servisi un ieinteresētās puses, kas savstarpēji apmainās ar koplietojamu informāciju par izglītības pieprasījumu un piedāvājumu. Servissus, cilvēkus (ieinteresētās puses), tehnoloģijas un koplietojamu informāciju apvieno jēdziens «servisu sistēma».

2.3.2. Servisu sistēmas

Servisu sistēmas [7] ir servisu zinātnes [117] centrālais jēdziens. Servisu sistēmas apskata ne tikai servissus, bet arī resursus, kas tiek lietoti servisu nodrošināšanā [118]. Dž. Sporsers, viens no servisu sistēmu jēdziena radītājiem un attīstītājiem, to definē šādi [7], [119]: *servisu sistēma* ir servisu un resursu (cilvēku, tehnoloģiju, citu iekšējo un ārējo servisu sistēmu, koplietojamās informācijas) konfigurācija vērtību kopradīšanas atbalstam. *Servisu sistēma* ir atvērta sistēma, kas ir spējīga (1) uzlabot citas sistēmas stāvokli, koplietojot un izmantojot tās resursus (t. i., cita sistēma redz sadarbību kā vērtību iegūšanu); (2) uzlabot pati savu stāvokli, iegūstot ārējus resursus (t. i., sistēma pati redz vērtību tās sadarbībā ar citām sistēmām). Servisu un resursu konfigurācija [7] nozīmē servisu un resursu sakārtošanu vienotā servisā. Izmantojot konfigurācijas, ir iespējams lietot tos pašus servissus dažādos kontekstos, lai sasniegtu dažādus mērķus. Servisu sistēmā ieinteresētās puses ne tikai patērē servissus, bet arī pašas nodrošina servisu izpildi.

Jebkura sistēma sastāv no entītiņu un to savstarpējo saišu kopas. Servisu sistēmas ir ļoti līdzīgas datorzinātnes un biznesa vidē lietotajam sistēmu jēdzienam [120]. Pengs ar līdzautoriem [120] servisu sistēmu raksturo šādi: resursi (materiāli, cilvēki, informācija, laiks

un nauda) kalpo kā servisu sistēmas ieeja, tie virzās cauri transformācijas procesam, radot izeju. Transformācijas procesa izejas ir ar relatīvi augstāku vērtību nekā ieejas vienas pašas.

Servisu sistēmas var būt atsevišķi indivīdi (piemēram, arhitekti vai uzņēmēji); valsts aģentūras vai biznesi (piemēram, pasts vai banka); daudznacionālas korporācijas ar to informācijas sistēmām; viesnīcas, universitātes, pilsētas, valstu valdības [7]. Arī izglītības sistēmu var apskatīt kā servisu sistēmu [121], kur universitātes ir servisa piegādātāji ar mērķi transformēt studentu zināšanas, izmantojot līgumus, attiecības, piedāvātos un apgūtos kursus, mācību maksu un studiju darbus. Parasti studentiem nav jāsedz pilnīgas izglītības transformācijas izmaksas, jo universitātes atbalstīta arī valsts, dažādas organizācijas, atsevišķas personas, kā arī citi sponsori. Šo atbalstu universitātes var izmantot, lai ieguldītu universitātes infrastruktūrā un citos resursos [121].

Arī inženierzinātņu izglītības ekosistēmu [122], kas sastāv no zinātniskām institūcijām, industriālām organizācijām, kā arī valsts iestādēm un skolām, var uztvert kā servisu sistēmu. Ekosistēma nozīmē to, ka elementi šajā sistēmā sadarbojas cits ar citu un ir atkarīgi cits no cita, tāpēc izmaiņas vienā elementā rada izmaiņas citos elementos, piemēram, ja industrijā, mainoties tendencēm, mainās nepieciešamās zināšanas, šīs izmaiņas var radīt izmaiņas arī augstākajā izglītībā, kā arī — universitātē iegūtās zināšanas var ietekmēt industriju. IPPI monitoringā ieinteresētās puses (skat. 1.1. sadaļu) ir inženierzinātņu izglītības ekosistēmas dalībnieki, līdz ar to var secināt, ka IPPI monitoringa ir uzskatāms par vienu no līdzekļiem, kas veicinātu sadarbību starp ekosistēmas dalībniekiem.

Servisu sistēmas var iedalīt pēc dažādiem kritērijiem [7], [120], [123], [124] (servisu sistēmu iedalījumi sīkāk izklāstīti promocijas darba 3. pielikumā). Viens no iedalījumu veidiem ir servisu sistēmas kā informācijas sistēmas [120], [125], kurās tiek apskatīti informācijas intensīvi servisi [124], [125]. Informācijas intensīvākie servisi ir tie, kuros vai nu nav, vai ir maza nepieciešamība pēc fiziskas un personīgas mijiedarbības, vai arī tie, kur personīgās mijiedarbības ir šauri koncentrētas uz informācijas apmaiņu lēmumu pieņemšanas un informācijas lietošanas nolūkā. Servisu sistēmas, kas satur šāda veida servisu, parasti tiek aprakstītas kā servisu kompozīcijas, kas balstās uz SOA principiem [32].

Pamatojoties uz servisu sistēmas definīciju [7], [119], IPPI novērošanā veicamo aktivitāšu kopums tiek apskatīts kā servisu sistēma, kura ir *servisu un resursu konfigurācija IPPI novērošanai* (t. i., vērtības kopradīšanai) (skat. 2.3. tabulu). Ar resursiem tiek saprastas ieinteresētās puses (t. i., cilvēki, organizācijas, citas sistēmas), dažādi mehānismi, kas implementē IPPI apstrādes aktivitātes (t. i., tehnoloģijas), un informācija par zināšanu, prasmju un kompetenču pieprasījumu un piedāvājumu (t. i., koplietojama informācija). IPPI monitoringā ieinteresētās puses ir gan no izglītības institūcijām (piemēram, mācībspēki,

studenti, studiju programmu direktori), gan nozares (piemēram, darba devēji, darbinieki, nozares līderi) un citām institūcijām (piemēram, apmācību organizācijas, nozares asociācijas). Tehnoloģija ietver risinājumus IPPI apstrādei, proti, tie ir servisi, kas realizē monitoringa sistēmu apakšfunkcijas.

2.3. tabula. IPPI novērošana kā servisu sistēma

Servisu sistēmas resursi	Piemēri no IPPI novērošanas problēmvidēs
Ieinteresētās puses	Universitāte: • Mācībspēki • Studenti • Studiju programmu direktori • u.c. Nozare: • Darba devēji • Darbinieki • Nozares līderi • u.c. Citas institūcijas • Sertifikācijas organizācijas • Jomas asociācijas • Citi pārstāvji darba tirgū
Tehnoloģijas	Servisi monitoringa nodrošināšanai: • Informācijas izgūšanas servisi • Informācijas analīzes servisi • Informācijas izplatīšanas servisi
Koplietojama informācija	Informācijas avoti: • Studiju un sertifikācijas/apmācības kursu apraksti • Darba sludinājumi • Kompetenču standarti un vārdnīcas • Studiju programmu rekomendācijas

Lai nodrošinātu IPPI novērošanu, pamatā ir jāveic dažādu ieinteresēto pušu IPPI avotu izgūšana, analīze un analīzes rezultātu izplatīšana starp tām. Tas nozīmē, ka IPPI novērošanas aktivitāšu kopums ir apskatāms kā informācijas intensīvu servisu sistēma, kurā servisu kompozīcija ir pamatā servisu sistēmas aprakstīšanai. Ar servisu kompozīcijas palīdzību ir iespējams kombinēt pieejamos servisos un sasniegt dažādus ieinteresēto pušu mērķus.

2.3.3. Servisu kompozīcija

Servisu kompozīcija ir esošu servisu kombinēšana, lai radītu jaunus servisos, nodrošinot jaunu funkcionalitāti un apmierinot dažādās servisu patērētāju (gan esošo, gan potenciālo) prasības un radot lielāku vērtību nekā darbojoties atsevišķi [32], [113], [126]. Servisu kompozīcijas princips ir svarīgs, jo nodrošina elastību aizvien jaunu un mainīgām prasībām atbilstošu risinājumu radīšanā [32], [113].

Pētījumos dažādas automātiskas un daļēji automātiskas kompozīcijas metodes tiek grupētas šādi [127], [128]: 1) metodes, kas izmanto darba plūsmas metodes; 2) metodes, kas izmanto plānošanu ar mākslīgā intelekta palīdzību. Attiecībā uz darba plūsmās sākotām metodēm ir: 1) statiskās metodes, kur konkrētus servisu izvēlas pirms kompozīcijas no jau izveidota abstrakta procesa modeļa (iekļauj aktivitāšu kopu un to datu atkarības); 2) dinamiskās kompozīcijas metodes, kas automātiski izveido procesa modeli un izvēlas tā aktivitātēm atbilstošus konkrētus servisu no servisu reģistra. Attiecībā uz mākslīgajā intelektā sākotām metodēm, ir pieejas, kas balstītas uz likumos sākotu plānošanu, teorēmu pierādīšanu un interaktīvu daļēji automātisku tīmekļa servisu kompozīciju. Formālas servisu kompozīcijas metodes ir apkopotas un aprakstītas [129], un tās ir: 1) sintaktiska servisu kompozīcija, balstoties uz specifiskām XML valodām; 2) semantiskā kompozīcija, kas balstīta uz zināšanu struktūrām.

Pašreizējos pētījumos tiek piedāvātas dažādas servisu kompozīcijas metodes, taču tās parasti apskata automātisku servisu kompozīciju. Tas nozīmē, ka servisu kompozīcijā netiek ņemts vērā tas, ka pastāv servisi ar dažādām automatizācijas pakāpēm, kas savukārt rada problēmas IPPI novērošanas problēmvidē izmantot jau esošās servisu kompozīcijas metodes. Servisu automatizācijas pakāpes var ietekmēt noteiktas kompozīcijas saliktā servisā (piemēram, IPPI novērošanā), tāpēc ir jāizstrādā servisu kompozīcijas metode, kas palīdz attēlot visas iespējamās servisa variācijas, ņemot vērā iespējamo automatizācijas pakāpju dažādību. Šāda veida servisu kompozīcijai piemērots līdzīgs princips kā [115] un [116], kur tiek veidota abstrakto servisu plūsma un tai atbilstošās konkrēto servisu plūsmas. Promocijas darbā abstrakto servisu plūsma ļauj abstrahēties no servisu automatizācijas pakāpēm, savukārt abstrakto servisu plūsmai atbilstošās konkrēto servisu plūsmas atbalsta dažādas konkrēto servisu automatizācijas pakāpes (automātisks, daļēji automātisks, manuāls) un ir vērstas uz abstrakto servisu plūsmas mērķa sasniegšanu.

IPPI monitoringa gadījumā 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 (skat. 2.3.1. sadaļu), kas kopā ar IPPI monitoringā pieejamiem resursiem veido informācijas intensīvu servisu sistēmu (skat. 2.3.2. sadaļu), kas sekmē ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu ar servisu kompozīcijām (skat. 2.3.3. sadaļu). Servisu sistēmas iezīmē risinājumu iespējamo dažādību, tāpēc nākamajā sadaļā ir analizēti pētījumi par sistēmas dažādības atspoguļošanu un iekļaušanu sistēmas arhitektūrā.

2.4. Sistēmas dažādības pārvaldība

Daudzas sistēmas tiek veidotas, ņemot vērā dažādību (angl. *variability*), piemēram, pašadaptīvas sistēmas, atvērtas platformas, kā arī servisu orientētas sistēmas [33]. Dažādība programmatūras inženierijā parasti tiek definēta kā programmatūras vai programmatūras artefakta (piemēram, servisa, servisu kompozīcijas) spēja tikt izmainītam, lai tas pielāgotos specifiskam kontekstam [130] [131]. Promocijas darbā tiek apskatīta informācijas intensīvu servisu sistēma, tāpēc dažādība tiek definēta kā spēja mainīt informācijas apstrādes vienību (t. i., servisu), lai to pielāgotu specifiskam kontekstam, mērķim vai nodomam.

Šīs sadaļas mērķis ir izklāstīt rezultātus par pētījumiem saistībā ar dažādības atspoguļošanu un dažādības iekļaušanu sistēmas arhitektūrā.

2.4.1. Dažādības atspoguļošana

Sistēmu kontekstā dažādība tiek pētīta servisu modelēšanā, servisu identificēšanā, servisu atkārtotā izmantošanā, servisu konfigurācijā un pielāgojamībā, dinamiskās programmatūras produktu līnijās, kā arī adaptīvās sistēmās [132].

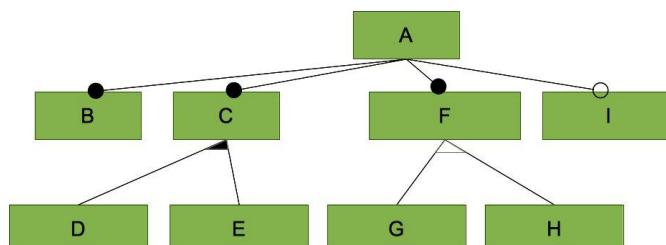
Promocijas darbā tiek izmantota dažādības atspoguļošana [33], [132], lai ieviestu un specifificētu servisu sistēmas iespējamo dažādību. Dažādības atspoguļošanai izmanto iezīmju modeļus (angl. *feature models*) [35], [133], ontoloģijas [134], arhitektūras apraksta valodas [135] u. c. līdzekļus.

Promocijas darbā ir izmantoti iezīmju modeļi [35], kas ieinteresētajām pusēm atspoguļo tām redzamās sistēmas īpašības, proti, sistēmas nodrošinātos servisos. Iezīmju modelis tiek izmantots, jo tas [136], [137]:

- ir pamatā dažādības pārvaldībai;
- ļauj dokumentēt un analizēt obligātās, neobligātās un alternatīvās sistēmas iezīmes (promocijas darbā — servisos);
- vienkāršo šo iezīmju komunikēšanu ar sistēmā iesaistītajām pusēm un sistēmas attīstības plānošanu;
- kalpo kā vispārīgs līdzeklis sistēmas projektēšanai.

Iezīmju modelis ir sistēmas iezīmju koks. Šāda modeļa piemērs ir parādīts 2.5. att., savukārt iezīmju modeļa notācija (balstās uz [138]) parādīta 2.4. tabulā. Koka sakne atspoguļo *saknes iezīmi* (A). Pārējās virsotnes atspoguļo *grupas iezīmes* (piemēram, D) vai arī *atsevišķas iezīmes* (piemēram, B). Atsevišķās iezīmes var būt *obligātas* (B) un *neobligātas* (piemēram, I). Grupas iezīmes var būt *«alternatīvs»* (*jeb XOR*) *tipa grupās* (piemēram, G vai H) vai *«vai»* (*jeb OR*) *tipa grupās* (piemēram, D vai E, vai abi kopā). Turpmāk *grupas iezīmes* tiek sauktas par

variantiem, savukārt *iezīmju grupas* par dažādības jeb variācijas punktiem [33], [131]. Iezīmju modelī tiek apskatīta arī attieksme «*nepieciešams*», kas nosaka, ka viena iezīmei ir nepieciešama kāda cita iezīme. Promocijas darbā ar iezīmēm tiek saprasti sistēmā pieejamie servisi. «*Nepieciešams*» tipa attieksme nozīmē, ka viena servisa izpildei ir nepieciešams cita servisa izpildes rezultāts.



2.5. att. Iezīmju modeļa piemērs (adaptēts no [138])

2.4. tabula. Iezīmju modeļa notācija (aizgūta no [138])

Simbols	Skaidrojums
	Obligāta atsevišķā iezīme
	Neobligāta atsevišķā iezīme
	Grupas iezīme jeb variants
	«Alternatīvs» (jeb XOR) tipa iezīmju grupa
	«Vai» (jeb OR) tipa iezīmju grupa
	«Nepieciešams» tipa attieksme starp iezīmēm

Promocijas darbā iezīmju modeļi tiek lietoti, lai 1) dokumentētu sistēmas funkcionālās struktūras dažādības aspektu; 2) analizētu iespējamo cilvēka iesaisti un dažādos nepieciešamos servisu interfeisus dažādiem servisu funkcionēšanas režīmiem; 3) noteiktu tālākus sistēmas implementācijas apsvērumus.

Iezīmju modeļi var tikt izmantoti sistēmas dažādības atspoguļošanai [139]. Taču tie nav paredzēti, lai atspoguļotu dažādu tipu servisu (abstraktus un konkrētus) un automatizācijas pakāpju dažādību. Šā iemesla dēļ promocijas darbā iezīmju modelis ir paplašināts. Paplašinātais modelis ir paskaidrots 3.4. sadaļā.

2.4.2. Dažādība sistēmas arhitektūrā

Ar sistēmas arhitektūru promocijas darbā ir saprasts konceptuāls modelis, kas definē sistēmas struktūras, uzvedības un citus skatus, kas apraksta atšķirīgus sistēmas arhitektūras aspektus [23], [24]. Skats ir sistēmas arhitektūras uzbūves aspekts, kas parāda, kā arhitektūra apmierina iesaistīto pušu intereses [24]. Savukārt skatu punkts ir vadlīniju, modeļa šablonu (notāciju) u. c. elementu kopums viena tipa skata izveidei [24]. Arhitektūras skatu punktus parasti uzdod pēc ISO/IEC 42010:2007 [140] standarta rekomendācijām. Ņemot vērā risinājumu iespējamo dažādību, kas nepieciešama, lai nodrošinātu IPPI monitoringa piemērotību dažādām iesaistītajām lomām un to vajadzībām/iespējām, rodas nepieciešamība pēc atbilstoša arhitektūras skatu punkta sistēmas dažādības pārvaldībai. Pētījumos [141], [142], [136], [143] iezīmju modelis tiek izmantots kā pamata līdzeklis, lai definētu sistēmas arhitektūras skatu punktu sistēmas dažādībai.

Servisu automatizācijas pakāpju dažādība, kas arī ir būtisks aspekts IPPI monitoringā, ir apskatīta servisu plūsmās, kas iegūtas servisu kompozīcijas laikā. Gu ar līdzautoriem [3] piedāvā arhitektūras skatu punktus, kas ļauj atspoguļot servisu automatizāciju. Šie skatu punkti palīdz pamatot lēmumus par atsevišķu servisu automatizāciju, identificēt servisu automatizācijas pakāpi, kā arī atspoguļot specifiskus datus automatizācijas atbalstam servisos. Servisu plūsmas nosaka sistēmas uzvedību, tāpēc skatu, kurā servisu plūsmās servisiem ir identificētas automatizācijas pakāpes, var uzskatīt arī par sistēmas uzvedības skatu.

Iezīmju modelī pieejamie elementi un attieksmes starp tiem ir piemērotas IPPI novērošanas risinājuma funkcionālās struktūras dažādības definēšanai. Iezīmju modelis ir pamatā tam, lai attēlotu sistēmas funkcionālās struktūras dažādības skatu, savukārt servisu plūsmas — lai attēlotu sistēmas uzvedības skatu; promocijas darbā tos 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 IPPI monitoringa sistēmas struktūras un uzvedības dažādības atspoguļošanai ir: 1) paplašināta [3] piedāvātā pieeja automatizācijas pakāpju atspoguļošanai servisu plūsmās, ieviešot automatizācijas pakāpi konkrētiem (ne abstraktajiem) servisiem; 2) pirms servisu plūsmas izveidošanas ir ieviests iezīmju modelis, kurā jau ir atspoguļoti servisu

automatizācijas aspekti; 3) ir piedāvāta metode servisu plūsmu iegūšanai no iezīmju modeļa (skat. 3.4. un 3.5. sadaļas).

2.5. Nodaļas kopsavilkums

Šajā nodaļā tika atspoguļoti IPPI monitoringa problēmvides izpētes rezultāti. Problēmvides izpēte tika strukturēta četrās galvenajās jomās. Pirmajā jomā (skat. 2.1. sadaļu) tika pētīti pastāvošie IPPI avotu pārvaldības risinājumi. Otrajā un trešajā jomā (skat. 2.2. un 2.3. sadaļas) tika pētīts, pēc kādiem principiem dažādi risinājumi ir integrējami vienotā sistēmā. Šim nolūkam tika pētītas monitoringa sistēmu uzbūves īpašības, kā arī servisu, servisu sistēmu un servisu kompozīcijas principi. Ceturtajā jomā (skat. 2.4. sadaļu) tika pētītas pieejas sistēmu dažādības atspoguļošanai un iekļaušanai sistēmas arhitektūrā.

Problēmvides izpētes rezultātā tika secināts, ka pašreiz nav sistēmas, kas ir vērstas uz IPPI monitoringu. Konkrētu IPPI monitoringa sistēmu izstrādei ir nepieciešams vispārīgas IPPI monitoringa sistēmas modelis, kas atspoguļotu sistēmas uzbūvi, ņemot vērā problēmvides izpētes rezultātā gūtos secinājumus par nepieciešamajiem sistēmas uzbūves elementiem un īpašībām, kā arī par līdzekļiem šo elementu un īpašību atspoguļošanai sistēmas modelī.

Pastāvošo IPPI avotu pārvaldības risinājumu pētījumu rezultātā tika secināts:

1. risinājumi darbojas nesaistīti viens ar otru un nav vērsti uz IPPI monitoringa nodrošināšanu;
2. identificētie IPPI avoti ir izmantojami kā pamata informācijas avoti IPPI monitoringam (skat. 2.1.1. sadaļu);
3. IPPI strukturētas atspoguļošanas risinājumi ir izmantojami, lai vienotā veidā avotos identificētu IPPI un veiktu šo avotu sasaisti, tādējādi sekmējot iesaistīto pušu mērķu (M1 — IPPI stāvokļa un M2 — IPPI atbilstības novērošanai) sasniegšanu (skat. 2.1.2. sadaļu);
4. lielākā daļa IPPI avotu dokumentu ir pieejami tīmeklī un to manuāla izgūšana ir laikietilpīgs process, tāpēc tam ir izmantojami tīmekļa pārmeklētāji (skat. 2.1.3. sadaļu). IPPI avoti ir pieejami arī datu bāzēs un, izmantojot tīmekļa servisu. Šī IPPI avotu pieejamības 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 (skat. 2.1.3. sadaļu), kura risināšanā var izmantot dabīgās valodas apstrādes metodes. Savukārt praksē plaši lietotās nestrukturēta teksta analīzes platformas ir izmantojamas, lai automatizētu IPPI avotu dokumentu analīzi. Dokumentu analīzes mērķis IPPI monitoringā ir IPPI identificēšana dokumentos, kas sekmē mērķa M1 sasniegšanu.

Iepazīstoties ar pētījumiem par monitoringa sistēmām dažādās nozarēs, tika secināts, ka nav strukturēta veida to aprakstīšanai, kas savukārt apgrūtina spriešanu par to vispārīgu uzbūvi un līdzību ar citām monitoringa sistēmām. Strukturētas monitoringa sistēmu aprakstīšanas veicināšanai tika izstrādāts speciāls ietvars, ko veido literatūras analīzes rezultātā identificētie monitoringa sistēmas raksturojošie parametri. Strukturēti analizējot monitoringa sistēmu uzbūvi, tika izveidots monitoringa sistēmām piemītošo uzbūves īpašību apvienojums, kā arī identificētas īpašības atsevišķi katrai sistēmai. Pamatojoties uz IPPI avotu īpatnībām un iesaistīto pušu izvirzītajiem mērķiem, IPPI monitoringa risinājumam būtu jāpiemīt šādām īpašībām (to esamība veicina mērķu M1 un M2 sasniegšanu):

1. *iespēja izgūt datus no dažādu tipu datu avotiem*, jo ir dažādi IPPI avoti un to īpatnības;
2. *spēja apstrādāt strukturētus, nestrukturētus un daļēji strukturētus datus*, jo IPPI ir tekstuāla formāta ar dažādu strukturētību (nestrukturēta, daļēji strukturēta, nestrukturēta);
3. *monitoringa sistēmu iekšējo uzbūvi veido dažādi elementi, kuros izmantotas dažādas metodes datu izgūšanai, analīzei un izplatīšanai*, jo ir nepieciešamas dažādas metodes un elementi IPPI avotu īpatnību apstrādei un mērķu (M1 un M2) sasniegšanai;
4. *monitoringa apakšfunkcijās iesaistīti gan cilvēki, gan programmatūra (arī ierīces)*, 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.

Pētot servisu un servisu sistēmas, tika secināts, ka IPPI monitoringa risinājumā ir izmantojami servisu orientācijas, servisu sistēmu un servisu kompozīcijas principi. IPPI monitoringa sistēma ir apskatāma kā informācijas intensīvu servisu sistēma (skat. 2.3.2. sadaļu), kuru veido atsevišķie IPPI apstrādes risinājumi jeb servisi un IPPI monitoringā pieejamie resursi un kura sekmē ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu ar servisu kompozīcijām. Pētījumos par servisu kompozīcijām (skat. 2.3.3. sadaļu) tika identificēts galvenais trūkums, proti, pastāvošās metodes apskata tikai automatizētus servisu, 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.

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 (skat. 2.4.1. sadaļu). Pētījumu rezultātā tika secināts, ka dažādības pārvaldībai sistēmās tiek izmantoti arhitektūras skati, kas tiek definēti ar skatu punktiem (skat. 2.4.2. sadaļu). Ņemot to vērā, var secināt, ka iezīmju modelis ir izmantojams kā pamats servisu sistēmas funkcionālās struktūras dažādības skatam. Servisu sistēmas uzvedību nosaka servisu

kompozīcija, tāpēc servisu plūsmas ir izmantojamas par pamatu sistēmas uzvedības skatam. Šie minētie skati ir iekļauti vispārīgas IPPI monitoringa sistēmas modelī. Promocijas darbā 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.

Nākamajā nodaļā ir prezentēts izstrādātais vispārīgas IPPI monitoringa sistēmas modelis. Modeļa izstrādē ir ņemtas vērā iestrādes no IPPI avotu pārvaldības risinājumiem, monitoringa un servisu sistēmām. Modeļa konstruēšanai tiek piedāvātas metodes, kas sakņojas pētījumos par dažādības atspoguļošanu, izmantojot arhitektūras skatus, iezīmju modeļus un servisu plūsmas. Izstrādātais modelis ir izmantots konkrētu IPPI monitoringa sistēmu modeļu izstrādē.

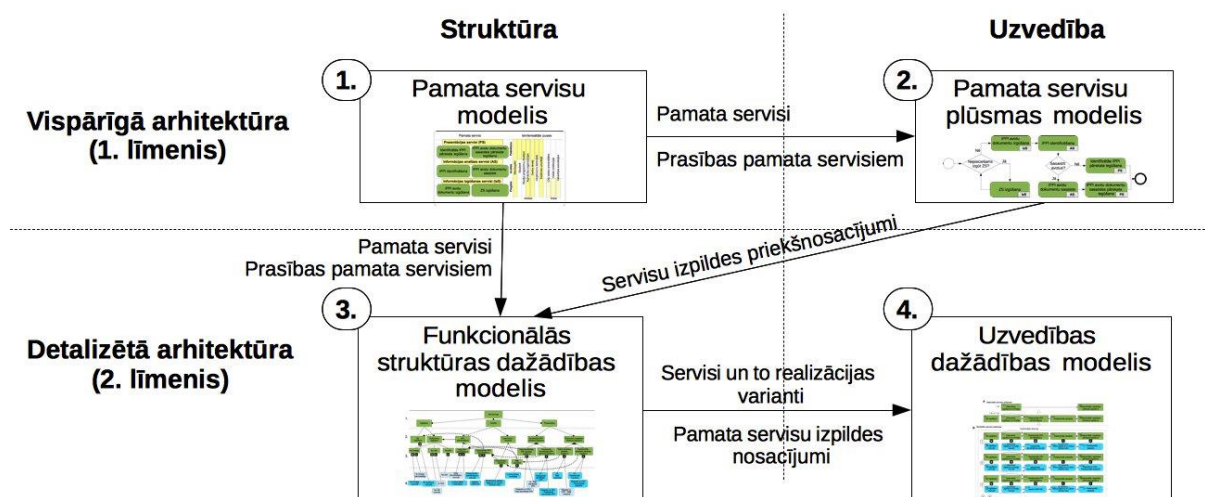
3. VISPĀRĪGAS IPPI MONITORINGA SISTĒMAS (VIPPIMON) MODELIS

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 [23]. 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. Tā kā VIPPIMON modelis atspoguļo sistēmas uzbūvi, tad tas turpmāk ir saukts par sistēmas arhitektūru, savukārt apakšmodeļi — par arhitektūrā ietilpstošiem modeļiem.

Nākamajā sadaļā ir izklāstīti VIPPIMON arhitektūras izstrādes soļi. Tad atbilstoši arhitektūras izstrādes soļiem ir izklāstīti izstrādātie modeļi, proti, pamata servisu modelis, pamata servisu plūsmas modelis, funkcionālās struktūras dažādības modelis, kā arī uzvedības dažādības modelis. Nodaļas noslēgumā dots nodaļas kopsavilkums un secinājumi.

3.1. VIPPIMON arhitektūras izstrādes soļi

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 (skat. 3.1. att.). 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).



3.1. att. Arhitektūras izstrādes soļi

Vispārīgo arhitektūru veido pamata servisu modelis un pamata servisu plūsmas modelis (skat. 3.1. att. 1. un 2. punktus). Šie modeļi atspoguļo sistēmu, abstrahējoties no iespējamās sistēmas struktūras un uzvedības dažādības, taču tajā pašā laikā dod pamatu detalizētai sistēmas arhitektūrai ar identificētajiem pamata servisiem un prasībām tiem. Promocijas darbā pamata servisi ir servisi, kas ir nepieciešami IPPI monitoringa nodrošināšanai. Sistēmā iespējami arī citi servisi, taču tie ir ārpus promocijas darba pētījuma priekšmeta. Pamata servisu modelis atspoguļo sistēmas struktūras ietvaru, proti, pamata servissus, kas sakārtoti grupās, kas atbilst monitoringa sistēmu apakšfunkcijām. Pamata servisi ir identificēti atbilstoši IPPI monitoringā ieinteresēto pušu mērķiem un problēmvides izpētes rezultātiem. 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. Balstoties uz pamata servisiem un pret tiem definētajām prasībām, ir izstrādāts pamata servisu plūsmas modelis, kas ir vērsts uz IPPI monitoringā ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu. Pamata servisu un pamatu servisu plūsmas modeļi ir prezentēti 3.2. un 3.3. sadaļās.

Kā jau tika skaidrots 2.4. sadaļā, struktūras dažādības atspoguļošanai tiek izmantoti iezīmju modeļi, savukārt uzvedības atspoguļošanai — servisu plūsmas. Sistēmas funkcionālo struktūru viedo pamata servisi un to variācijas, kā arī atbilstošie servisu realizācijas varianti. Pamata servisi un to variācijas atbilst abstraktajiem servisiem, bet realizācijas varianti — konkrētajiem servisiem (skat. 2.3.1. sadaļu). Pašreiz iezīmju modeļi neatbalsta minētos servisu

tipus, tāpēc promocijas darbā ir piedāvāts iezīmju modeļa paplašinājumus ar servisu realizācijas variantiem un to automatizācijas pakāpēm. Iezīmju modeļa uzbūvi nosaka pamata servisu modelī identificētie pamata servisi un pret tiem definētās obligātuma un variācijas prasības, kā arī pamata servisu plūsmas modelī definētie servisu izpildes priekšnosacījumi (skat. 3.1. att. atspoguļotās saites starp 1. un 3., kā arī 2. un 3.). Lai atspoguļotu sistēmas funkcionālās struktūras dažādību sistēmas arhitektūrā, promocijas darbā ir piedāvāts uz paplašinātā iezīmju modeļa balstīts arhitektūras skatu punkts. Izmantojot piedāvāto skatu punktu, ir izstrādāts arī atbilstošs VIPPIMON arhitektūras skats. Ar sistēmas funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanu saistītās izstrādes izklāstītas 3.4. sadaļā.

Sistēmas uzvedības atspoguļošanai tiek izmantotas servisu plūsmas, taču tās neatbalsta dažādību servisu tipos (skat. 2.4. sadaļu), kas ir nepieciešama VIPPIMON uzvedības dažādības definēšanai. Šim nolūkam ir izstrādāta **mērķorientēta servisu kompozīcijas (MSK)** metode. MSK metode paredz mērķa definēšanu ar abstrakto servisu plūsmu, savukārt mērķa sasniegšanu — ar konkrēto servisu plūsmām, kas realizē abstrakto servisu plūsmas. Tas nozīmē, ka viena mērķa sasniegšanai iespējamās vairākas konkrēto servisu plūsmas. Plūsmu veidošanā tiek izmantoti iezīmju modelī atspoguļotie servisi un to izpildes nosacījumi (skat. 3.1. att. atspoguļoto saiti starp 3. un 4.). Ar MSK metodi iegūtās servisu plūsmas atspoguļo sistēmas uzvedības dažādību. Savukārt, lai atspoguļotu sistēmas uzvedības dažādību sistēmas arhitektūrā, promocijas darbā ir piedāvāts paplašinātās servisu plūsmās balstīts arhitektūras skatu punkts. Izmantojot piedāvāto skatu punktu, ir izstrādāts atbilstošs arhitektūras skats. Ar sistēmas uzvedības dažādības atspoguļošanu saistītās izstrādes izklāstītas 3.5. sadaļā.

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

1. pamata servisu modeļa izstrāde sistēmas struktūras ietvara atspoguļošanai (skat. 3.2. sadaļu);
2. pamata servisu plūsmas modeļa izstrāde servisu izpildes secības atspoguļošanai (skat. 3.3. sadaļu);
3. arhitektūras skata izstrāde sistēmas funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanai, izmantojot paplašinātu iezīmju modeli (skat. 3.4. sadaļu);
4. arhitektūras skata izstrāde sistēmas uzvedības dažādības atspoguļošanai, izmantojot paplašinātas servisu plūsmas (skat. 3.5. sadaļu).

Pamata servisu modeļa pakāpeniska izstrāde ir atspoguļota promocijas darba autora publikācijās [21], [51], [52], [56], [57], [144], savukārt sistēmas funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības aspekti sakontēji aprakstīti autora publikācijās [145]–[149].

3.2. Pamata servisu modelis

Šajā sadaļā ir prezentēts izstrādātais VIPPIMON pamata servisu modelis, kas veido daļu no vispārīgās VIPPIMON arhitektūras. Sadaļas izklāstā tiek raksturoti identificētie pamata servisi un definētas prasības pret tiem.

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.). Pamata servisu modelis atspoguļo pamata servissus, kas grupēti pa monitoringa sistēmu apakšfunkcijām (informācijas izgūšana, informācijas analīze, informācijas izplatīšana) atbilstošām servisu grupām. Šie servisi ir nepieciešami IPPI monitoringa nodrošināšanai.

Balstoties uz monitoringa sistēmu apakšfunkcijām, servisi ir iedalāmi trīs servisu grupās (skat. 3.2. att.).

- 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.
- 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.
- Informācijas izplatīšanas apakšfunkcijai atbilstošā **Prezentācijas servisu (PS) grupa**. Šīs grupas servisi nodrošina IPPI analīzes rezultātu atspoguļošanu IPPI monitoringā ieinteresētajām pusēm dažādu tabulu, grafiku un attēlu formā.

- servisa variācijas prasība $V(S_{1.1})$. IPPI avotu dokumentu izgūšanai ir jāparedz trīs varianti, proti, izgūšana no tīmekļa resursiem, datu bāzēm un tīmekļa servisiem. Šie trīs varianti ir pamatoti ar to, ka problēmvides izpētē (skat. 2.1. sadaļu) tika secināts, ka IPPI avoti atrodas dažādās vietās, tiem ir atšķirīga konceptuālā struktūra un to apstrādei ir nepieciešamas atšķirīgas pieejas. Viena IPPI avota ietvaros dokumentus var izgūt tikai vienā no minētajiem variantiem;
- servisa izpildes prasība $I(S_{1.1})$. Lai nodrošinātu IPPI avotu dokumentu izgūšanu, tiem ir jābūt sasniedzamiem, proti, ir jāvar tiem piekļūt, piemēram, apmeklējot tīmekļa vietnes.

Kā jau tika minēts iepriekš, otrs IzS grupas pamata serviss ir ZS izgūšanas serviss $S_{1.2}$. Servisam izvirzītas šādas prasības:

- $O(S_{1.2})$. ZS izgūšana ir obligāta tikai tad, ja kādam citam VIPPIMON servisam ir nepieciešams šā servisa izpildes rezultāts, proti, izgūtas ZS;
- $V(S_{1.2})$. Promocijas darbā variācijas prasības pret šo servisu netiek iztirzātas un ir pieņemts, ka servisam nav variāciju;
- $I(S_{1.2})$. Lai nodrošinātu ZS izgūšanu, ZS avotiem ir jābūt sasniedzamiem.

Serviss izpilda noteiktu funkciju, tāpēc šo funkciju var uzskatīt par servisa interfeisu tā izsaukšanai un kombinēšanai ar citiem servisiem. IzS grupas pamata servisu izpildāmās funkcijas atbilstoši tiek apzīmētas $IzgūtIA(d)$ un $IzgūtZS(zs)$, kur $d \in D$ ir dokuments, kas pieder IPPI avotu dokumentu kopai D , un $zs \in ZS$ ir zināšanu struktūra, kas pieder zināšanu struktūru kopai ZS .

Atbilstoši IPPI avotu dokumentu izgūšanas servisa variācijas prasībai $V(S_{1.1})$ šim pamata servisam ir identificējami servisa varianti, proti, servisi dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem, datu bāzēm un tīmekļa servisiem. Attiecīgi šo servisu apzīmējumi ir $S_{1.1.1}$, $S_{1.1.2}$ un $S_{1.1.3}$, kur redzams, ka apzīmējuma indeksa trešā pozīcija norāda uz atsevišķiem servisa $S_{1.1}$ variantiem (servisu saīsinājumu atšifrējumi ir doti arī 4. pielikumā).

3.2.2. Informācijas analīzes servisi

Informācijas analīzes (AS) grupas servisi atbilst monitoringa sistēmu informācijas analīzes apakšfunkcijai, un tie atbalsta IPPI identificēšanu tās avotu dokumentos un IPPI avotu dokumentu sasaisti. AS grupas servisi izmanto IzS grupas servisu darbības rezultātu. Ņemot vērā problēmvides izpētes rezultātus, AS grupā ir identificēti divi pamata servisi, proti, IPPI identificēšana IPPI avotu dokumentos un IPPI avotu dokumentu sasaiste. Šie pamata servisi attiecīgi tiek apzīmēti $S_{2.1}$ un $S_{2.2}$ (servisu saīsinājumu apraksts dots arī 4. pielikumā).

Pamatojoties uz problēmvides izpēti, IPPI identificēšanas servisam $S_{2.1}$ ir definētas šādas prasības:

- $O(S_{2.1})$. Obligāti ir jāveic IPPI identificēšana IPPI avotu dokumentos, jo tas sekmē ieinteresēto pušu mērķa M1 sasniegšanu par IPPI stāvokļa novērošanu;
- $V(S_{2.1})$. IPPI identificēšanai ir jāparedz divi varianti, proti, jāspēj tieši vai pastarpināti identificēt IPPI. Tiešā identificēšana ir realizējama vieglāk, nekā pastarpinātā, taču pastarpinātās IPPI identificēšanas gadījumā tiek veicināta «vienotas» valodas (t. i., zināšanu struktūru) izmantošana, ko saprot ieinteresētās puses un kas veicina vienotu un strukturētu IPPI avotu aprakstīšanu un apstrādi (skat. 2.1.2. sadaļu). Sistēmā var būt pieejams viens vai abi šie servisu varianti;
- $I_1(S_{2.1})$. Lai veiktu IPPI identificēšanu, ir jāizgūst IPPI avotu dokumentus;
- $I_2(S_{2.1})$. Lai veiktu tiešu IPPI identificēšanu, ir jāizpilda prasība $I_1(S_{2.1})$;
- $I_3(S_{2.1})$. Lai veiktu pastarpinātu IPPI identificēšanu, ir jāizgūst ZS, kā arī jāizpilda prasība $I_1(S_{2.1})$.

Atbilstoši IPPI identificēšanas pamata servisa variācijas prasībai $V(S_{2.1})$ tam ir identificējami divi varianti, proti, serviss tiešai un pastarpinātai IPPI identificēšanai. Attiecīgi šo servisu apzīmējumi ir $S_{2.1.1}$ un $S_{2.1.2}$. Tiešajā IPPI identificēšanā IPPI avota dokumentā identificē IPPI raksturojošos jēdzienus tā, kā tie ir definēti dokumenta tekstā, tas ir, attēlo dokumenta vārdu vektorā. Savukārt pastarpinātajā IPPI identificēšanā IPPI raksturojošos jēdzienus identificē, izmantojot zināšanu struktūras, tas ir, attēlo zināšanu struktūras elementos. Šo servisu izpildāmās funkcijas atbilstoši tiek apzīmētas *IdentificētIPPI(d)* un *IdentificētIPPI(d,zs)*, kur $d \in D$ ir dokuments, kas pieder IPPI avotu dokumentu kopai D , un $zs \in ZS$ ir zināšanu struktūra, kas pieder zināšanu struktūru kopai ZS . Detalizētāks tiešās un pastarpinātās IPPI identificēšanas apraksts ir dots 4.1. sadaļā.

Otrs pamata serviss šajā AS grupā ir IPPI avotu dokumentu sasaistes serviss $S_{2.2}$. Pamatojoties uz problēmvides izpēti, servisam ir definētas šādas prasības:

- $O(S_{2.2})$. Obligāti ir jāveic IPPI avotu dokumentu sasaiste, lai sekmētu mērķa M2 sasniegšanu;
- $V(S_{2.2})$. IPPI avotu dokumentu sasaistē ir jāparedz divi varianti, proti, jāspēj dokumentus sasaistīt tieši un pastarpināti (to pamato prasība $V(S_{2.1})$). Tiešā sasaiste paredz izmantot tieši identificēto IPPI, savukārt, pastarpinātā sasaiste — pastarpināti identificēto IPPI. Sistēmā var būt pieejams viens vai abi šie servisu varianti;

- $I_1(S_{2.2})$. Lai nodrošinātu tiešu IPPI avotu dokumentu sasaisti, ir jābūt veiktai tiešai IPPI identificēšanai (jābūt apmierinātai prasībai $I_2(S_{2.1})$);
- $I_2(S_{2.2})$. Lai nodrošinātu pastarpinātu IPPI avotu dokumentu sasaisti, ir jābūt veiktai pastarpinātai IPPI identificēšanai (jābūt apmierinātai prasībai $I_3(S_{2.1})$).

Atbilstoši IPPI avotu dokumentu sasaistes pamata servisa variācijas prasībai $V(S_{2.2})$ tam ir identificējami divi varianti, proti, servisi tiešai un pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei. Attiecīgi šo servisu apzīmējumi ir $S_{2.2.1}$ un $S_{2.2.2}$. Tiešā IPPI avotu dokumentu sasaiste tiek definēta kā šķēlums starp divu dokumentu attēlojumiem vārdu vektoros. Savukārt, pastarpinātā IPPI avotu dokumentu sasaiste tiek definēta kā šķēlums starp divu dokumentu attēlojumiem zināšanu struktūrā. Šo servisu izpildāmās funkcijas atbilstoši tiek apzīmētas $Sasaistīt(d1,d2)$ un $Sasaistīt(d1,d2,zs)$, kur $d1,d2 \in D$ ir dokumenti, kas pieder IPPI avotu dokumentu kopai D , un $zs \in ZS$ ir zināšanu struktūra, kas pieder zināšanu struktūru kopai ZS . Detalizētāks tiešās un pastarpinātās IPPI avotu sasaistes apraksts ir dots 4.1. sadaļā.

3.2.3. Prezentācijas servisi

Prezentācijas servisu (PS) grupas servisi atbilst monitoringa sistēmu informācijas izplatīšanas apakšfunkcijai, un tie atbalsta AS grupas servisu darbības rezultātu atspoguļošanu. Iepriekšējā sadaļā tika aprakstīti AS grupas pamata servisi, taču, lai nodrošinātu analīzes rezultātu atspoguļošanu IPPI monitoringā ieinteresētajām pusēm, ir nepieciešami atbilstoši prezentācijas servisi, proti, identificētās IPPI pārskata iegūšanai un IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai. Šie pamata servisi attiecīgi tiek apzīmēti $S_{3.1}$ un $S_{3.2}$ (servisu saīsinājumu apraksts dots arī 4. pielikumā).

Pamatojoties uz AS grupas servisu prasībām, identificētās IPPI pārskata iegūšanas servisam $S_{3.1}$ ir definētas šādas prasības:

- $O(S_{3.1})$. Obligāti ir jāveic identificētā IPPI pārskata iegūšana, jo tas ir nepieciešams, lai ieinteresētās puses sasniegtu mērķi $M1$, tas ir, lai iegūtu informāciju par IPPI stāvokli, dodot ieinteresētajām pusēm iespēju veikt šīs informācijas interpretēšanu;
- $V(S_{3.1})$. Identificētās IPPI pārskata iegūšanai ir jāparedz divi varianti (to pamato prasība $V(S_{2.1})$), proti, tieši identificētās IPPI pārskata iegūšana un pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšana. Sistēmā var būt pieejams viens vai abi šie servisu varianti;
- $I_1(S_{3.1})$. Lai nodrošinātu tieši identificētās IPPI pārskata iegūšanu, ir jābūt veiktai tiešai IPPI identificēšanai (jābūt apmierinātai prasībai $I_2(S_{2.1})$);

- $I_2(S_{3.1})$. Lai nodrošinātu pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšanu, ir jābūt veiktai pastarpinātai IPPI identificēšanai (jābūt apmierinātai prasībai $I_3(S_{2.1})$).

Savukārt prasības pret IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanas servisu $S_{3.2}$ ir šādas:

- $O(S_{3.2})$. Obligāti ir jāveic IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana, jo tas ir nepieciešams ieinteresēto pušu mērķa M2 sasniegšanai, proti, iegūt informāciju par IPPI atbilstību, dodot lietotājam iespēju veikt šīs informācijas interpretēšanu;
- $V(S_{3.2})$. IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai ir jāparedz divi varianti (to pamato prasība $V(S_{2.2})$), proti, tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana. Sistēmā var būt pieejami viens vai abi šie servisu varianti;
- $I_1(S_{3.2})$ Lai nodrošinātu tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanu, ir jābūt veiktai tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei (jābūt apmierinātai prasībai $I_1(S_{2.2})$);
- $I_2(S_{3.2})$. Lai nodrošinātu pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanu, ir jābūt veiktai pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei (jābūt apmierinātai prasībai $I_2(S_{2.2})$).

Atbilstoši PS grupas abu pamata servisu variācijās prasībām $V(S_{3.1})$ un $V(S_{3.2})$ katram pamata servisam ir identificējami divi varianti, kas paredz tieši un pastarpināti identificētās IPPI ($S_{3.1.1}$ un $S_{3.1.2}$), kā arī tiešās un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskatu iegūšanu ($S_{3.2.1}$ un $S_{3.2.2}$). Šo servisu izpildāmās funkcijas atbilstoši ir apzīmētas $IegūtPārskatuIPPI(D')$, $IegūtPārskatuIPPI(D',zs)$, $IegūtPārskatuSasaistei(D',D'')$ un $IegūtPārskatuSasaistei(D',D'',zs)$, kur $D', D'' \subseteq D$ ir dokumentu kopas D apakškopas un $zs \in ZS$ ir zināšanu struktūra, kas pieder zināšanu struktūru kopai ZS .

3.2.4. Ieinteresētās puses

Promocijas darbā veiktajos pētījumos [145], [147] ir identificēta potenciālā VIPPIMON sistēmā ieinteresēto pušu dalība VIPPIMON servisu grupu servisos. Ieinteresētās puses var iedalīt divos tipos — iekšējās un ārējās. Iekšējās ieinteresētās puses tieši piedalās IPPI monitoringa servisu izpildē, piemēram, piegādājot IPPI avotus, veicot šo avotu analīzi un analīzes rezultātu patērēšanu (piemēram, iegūst pārskatus par identificēto IPPI un IPPI avotu sasaistes rezultātiem, veic lēmumu pieņemšanas un īstenošanas aktivitātes, balstoties uz analīzes rezultātiem). Piegādes, analīzes un patērēšanas aktivitātes no sistēmā ieinteresēto puses atbilst VIPPIMON pamata servisu grupām, proti, informācijas izgūšanas, analīzes un

prezentācijas servisu grupām. Ārējās ieinteresētās puses nodrošina IPPI avotu uzturēšanu, tieši nepiedaloties IPPI monitoringa servisu izpildē. Pie iekšējām ieinteresētām pusēm pieder (skat. arī 3.2. att.):

- 1) *mācībspēki*, kas iesaistās IPPI avotu piegādē (piemēram, piegādājot sistēmai savu kursu aprakstus), analīzē (veicot IPPI identificēšanuursos un veidojot to sasaisti ar citiem sistēmā pieejamiem dokumentiem, piemēram, darba sludinājumiem), kā arī patērēšanā (izdarot secinājumus par kursos identificēto IPPI un kursu sasaisti ar citu IPPI avotu dokumentiem, uz kuru pamata var pieņemt lēmumus par kursu satura pilnveidošanu);
- 2) *studenti*, kas iesaistās IPPI avotu analīzes rezultātu patērēšanā, piemēram, izzinot, kāursos apgūtās zināšanas saistās ar tām zināšanām, kas ir pieprasītas nozares darba sludinājumos;
- 3) *studiju programmu direktori*, kas iesaistās IPPI avotu analīzes rezultātu patērēšanā. Studiju programmu direktori, balstoties uz kursu aprakstos identificēto IPPI un kursu sasaisti ar darba sludinājumiem, profesiju standartiem un citiem industrijas standartiem, var pieņemt lēmumu par nepieciešamiem uzlabojumiem studiju programmas kursu saturā;
- 4) *apmācību/sertifikācijas organizācijas*, kas iesaistās apmācību kursu aprakstu piegādē sistēmai, kā arī analīzes rezultātu patērēšanā, piemēram, identificējot kursu atbilstību nozares pieprasītajām zināšanām, prasmēm, kompetencēm;
- 5) *darba devēji*, kas iesaistās visās IPPI monitoringa apakšfunkcijās, proti, gan darba sludinājumu, gan amatu aprakstu piegādē, šo aprakstu analīzē un patērēšanā. Parasti tie ir personāla vadības speciālisti, kas identificē darbinieku tālākizglītības vai profesionālās pilnveides iespējas izglītības iestādēs, balstoties uz izglītības iestāžuursos apgūstamajām zināšanām, prasmēm, kompetencēm. Cits lietošanas scenārijs ietver arī potenciālo darbinieku identificēšanu universitātēs, balstoties uz studentu apgūtajiem kursiem, kā arī vispārēju darba tirgus IPP novērtēšanu;
- 6) *uzņēmumu un iestāžu darbinieki*, kas iesaistās analīzes rezultātu patērēšanā, identificējot tālākizglītības vai profesionālās pilnveides iespējas;
- 7) *sistēmas uzturētāji*, kas piedalās visās aktivitātēs, nodrošinot nepārtrauktu sistēmas darbību un nepieciešamības gadījumā sagatavojot citu iesaistīto pušu pieprasīto informāciju, piemēram, analīzes rezultātu apkopojumu.

Savukārt ārējās iesaistītās puses tieši nepiedalās IPPI avotu piegādē, kas nozīmē, ka šo pušu uzturētus IPPI avotus sistēmai piegādā kāda no iekšējām pusēm, piemēram, sistēmas uzturētāji vai mācībspēki. Pie ārējām ieinteresētajām pusēm pieder:

- 1) *citū valstu universitātes*, kas uztur savus IPPI avotus, piemēram, savu studiju programmu kursu aprakstus vai studiju programmu rekomendācijas;
- 2) *valsts institūcijas*, kas izdod un uztur nacionālas nozīmes profesiju standartus;
- 3) *industrijas asociācijas*, kas izdod un uztur profesionālos standartus.

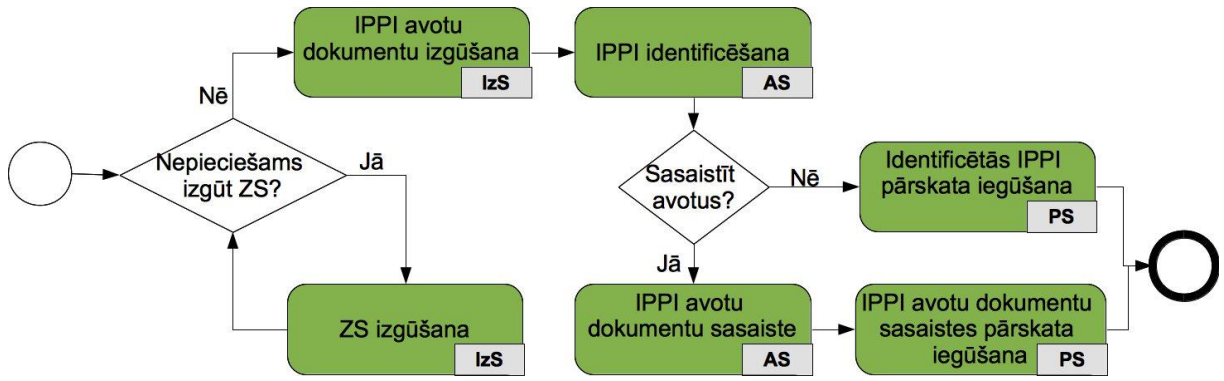
Apskatot iepriekš izklāstīto ieinteresēto pušu raksturojumu un 3.2. att., redzams, ka vislielākā iesaistīto pušu dalība ir patērēšanas aktivitātē. Taču, lai šo aktivitāti varētu veikt, ir jābūt izpildītām iegūšanas un analīzes aktivitātēm. Pušu dalība minētajās aktivitātēs nosaka arī to dalību VIPPIMON 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.

3.3. Pamata servisu plūsmas modelis

Iepriekšējā sadaļā tika raksturotas servisu grupas un definētas prasības pamata servisiem. Balstoties uz pamata servisiem un pret tiem definētajām prasībām, ir izstrādāta VIPPIMON pamata servisu plūsma, kas ir virzīta uz ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu, proti, iegūt informāciju par IPPI stāvokli un IPPI avotu atbilstību (t. i. sasaisti). Plūsmā ir iekļauti šādi servisi («*» pie servisa funkcijas parametriem, t. i., servisa ieejām, norāda uz to, ka parametrs ir nepieciešams kādai no šā servisa variantu funkcijām; d, zs, D' un D'' nozīme tika skaidrota 3.2. sadaļā):

1. IPPI avotu dokumentu izgūšanas serviss, kas izpilda funkciju *IzgūtIA(d)*;
2. ZS izgūšanas serviss, kas izpilda funkciju *IzgūtZS(zs)*;
3. IPPI identificēšanas serviss, kas izpilda funkciju *IdentificētIPPI(d, *zs)*;
4. IPPI avotu dokumentu sasaistes serviss, kas izpilda funkciju *Sasaistīt(d1, d2, *zs)*;
5. identificētās IPPI pārskata iegūšanas serviss, kas izpilda funkciju *IegūtPārskatuIPPI(D', *zs)*;
6. IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanas serviss, kas izpilda funkciju *IegūtPārskatuSasaistei(D', D'', *zs)*.

Pamata servisu plūsmas modelis ir atspoguļots ar blokshēmu 3.3. att. (pie katra servisa norādīts servisa grupas saīsinājums).



3.3. att. VIPPIMON pamata servisu plūsmas modelis

Iepriekšējā sadaļā tika izklāstītas definētās prasības pamata servisu obligātumam, variācijai un izpildei. Šajā sadaļā atspoguļotā pamata servisu plūsma uzskatāmi parāda servisu nodrošināto funkciju izpildes priekšnosacījumus. Priekšnosacījumi izveidoti, balstoties uz definētajām pamata servisu izpildes prasībām. Tie ir formulēti šādi:

$$JA \exists d \in D \text{ TAD } IzgūtIA(d) \quad (3.1.)$$

$$JA \exists zs \in ZS \text{ TAD } IzgūtZS(zs) \quad (3.2.)$$

$$JA \exists IzgūtIA(d) \text{ TAD } IdentificētIPPI(d) \quad (3.3.)$$

$$JA (\exists IzgūtIA(d) \wedge \exists IzgūtZS(zs)) \text{ TAD } IdentificētIPPI(d,zs) \quad (3.4.)$$

$$JA (\exists IdentificētIPPI(d1) \wedge \exists IdentificētIPPI(d2)) \text{ TAD } Sasaistīt(d1,d2) \quad (3.5.)$$

$$JA (\exists IdentificētIPPI(d1,zs) \wedge \exists IdentificētIPPI(d2,zs)) \text{ TAD } Sasaistīt(d1,d2,zs) \quad (3.6.)$$

$$JA \exists IdentificētIPPI(D') \text{ TAD } IegūtPārskatuIPPI(D') \quad (3.7.)$$

$$JA \exists IdentificētIPPI(D',zs) \text{ TAD } IegūtPārskatuIPPI(D',zs) \quad (3.8.)$$

$$JA \exists Sasaistīt(D',D'') \text{ TAD } IegūtPārskatuSasaistei(D',D'') \quad (3.9.)$$

$$JA \exists Sasaistīt(D',D'',zs) \text{ TAD } IegūtPārskatuSasaistei(D',D'',zs) \quad (3.10.)$$

Servisa funkciju var izpildīt tad, ja eksistē nepieciešamie resursi, proti, dokuments vai zināšanu struktūra ir sasniedzama (skat. formulējumus (3.1.) un (3.2.)) vai eksistē cita nepieciešamā servisa izpildītās funkcijas rezultāts (skat. formulējumus (3.3.)–(3.10.)).

VIPPIMON pamata servisu plūsmā definētie servisu izpildes priekšnosacījumi kopā ar pamata servisu modelī definētajām obligātuma un variācijas prasībām nosaka VIPPIMON detalizēto arhitektūru, kas atspoguļo sistēmu zemākā abstrakcijas līmenī, proti, sistēmas funkcionālo struktūru un uzvedību (skat. arī 3.1. att.):

1. sistēmas funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanā ar iezīmju modeli — pamata servisi un to obligātuma, variācijas un izpildes prasības iezīmju modelī nosaka variācijas punktus un variantus, kā arī attieksmes starp tiem;
2. sistēmas uzvedības dažādības atspoguļošanā ar servisu plūsmām — dod pamatu abstrakto servisu plūsmu izveidei.

Pamata servisiem ir identificēti servisa varianti (skat. 3.2. sadaļā definētās variācijas prasības), tāpēc VIPPIMON pamata servisu plūsmā (skat. 3.3. att.) ir iespējama pamata servisu izpildes dažādība. Katram servisa variantam var būt arī viens vai vairāki realizācijas varianti (zemāks abstrakcijas līmenis), un tā 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 jau 3.1. sadaļā minētā MSK metode (skat. 3.4. un 3.5. sadaļas).

3.4. Funkcionālās struktūras dažādības modelis

Iepriekšējās sadaļās (3.2. un 3.3.) tika prezentēti VIPPIMON pamata servisu un pamata servisu plūsmas modeļi. 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 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.

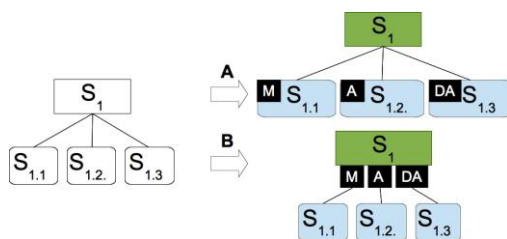
Iezīmju modelis jau tiek izmantots kā pamata līdzeklis, lai definētu sistēmas arhitektūras skatu punktu sistēmas dažādībai (skat. 2.4.2. sadaļu). Taču promocijas darbā VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanai ir nepieciešams skatu punkts, kas balstās uz paplašināto iezīmju modeli. Šis skatu punkts ir līdzeklis, lai definētu atbilstošu sistēmas arhitektūras skatu. Ņemot vērā to, ka VIPPIMON arhitektūra sastāv no vispārīgās un detalizētās arhitektūras (skat. 3.1. sadaļu), kas atspoguļo sistēmu attiecīgi augstākā un zemākā abstrakcijas līmenī, ir nepieciešamas arī metodes, lai iegūtu ar vispārīgo arhitektūru saskanīgu detalizēto arhitektūru. Šīs sadaļas apakšsadaļās ir prezentēts paplašinātais iezīmju modelis (3.4.1. sadaļa), uz tā balstītais arhitektūras skatu punkts (3.4.2. sadaļa) un skats VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanai (3.4.3. sadaļa). 3.4.3. sadaļā aprakstīta arī metode tāda iezīmju modeļa izveidošanai, kas ir saskanīgs ar VIPPIMON pamata servisu modeli.

3.4.1. Iezīmju modelis un tā paplašinājums

Kā par dažādības pārvaldību skaidrots 2.4. sadaļā, iezīmju modelis [139] bieži tiek izmantots programmatūras produktu līnijās, lai pārvaldītu dažādību un atbalstītu sistēmas plānošanu (kā komunikācijas līdzeklis starp sistēmā iesaistītajām pusēm), vai arī kā vispārīgs līdzeklis sistēmas projektēšanai [136]. Tomēr iezīmju modeļa izmantošana ir paplašināta arī ārpus tipiskajām programmatūras produktu līnijām, arī servisu orientētās sistēmās ir nepieciešama mainīguma atspoguļošana un pārvaldība [143].

VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības uzdošanai ir nepieciešams risinājums, kas ļauj atspoguļot divu tipu servissus (abstraktos un konkrētos) un servisu automatizācijas pakāpes. Pašreizējie risinājumi iezīmju modelī neatbalsta šāda veida dažādību, tāpēc promocijas darbā iezīmju modelis ir paplašināts, ieviešot iespēju tajā atspoguļot divu veidu servissus, proti, abstraktos un konkrētos, kā arī servisu automatizācijas pakāpes.

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 [131]. 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 , savukārt konkrēto servisu — $S^{\{A,M,DA\}}$, 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. VIPPIMON pamata servisu numuri jau ir definēti 3.2. sadaļā (VIPPIMON pamata servisu saīsinājumu apraksts dots arī 4. pielikumā). Ilustratīvs iezīmju modeļa piemērs, kas sastāv no viena abstrakta servisa (variācijas punkta) un trīs konkrētiem servisiem (variantiem), ir parādīts 3.4. att.



3.4. att. Ar konkrētiem servisiem un to automatizācijas pakāpi paplašināts iezīmju modelis. Automatizācijas pakāpes ir atspoguļotas kā A (automātisks), M (manuāls) un DA (daļēji automātisks)

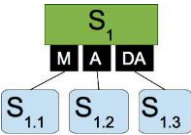
Ir iespējami divi veidi servisu automatizācijas pakāpju atspoguļošanai iezīmju modelī (skat. 3.4. att. labo pusi). Pirmajā veidā [149] automatizācijas pakāpe ir tieši iekļauta konkrētajā servisā kā parametrs (skat. 3.4. att. A daļu), savukārt otrajā veidā [148] pakāpe ir norādīta abstraktā servisa papildus slānī (skat. 3.4. att. B daļu). Galvenā atšķirība starp šiem atspoguļošanas veidiem ir iezīmju modeļa strukturētība. Pirmajā veidā netiek ieviests abstraktā servisa papildu slānis, taču šajā gadījumā kļūst grūtāk pārvaldīt modeli, kad pieaug konkrēto servisu un to automatizācijas pakāpju dažādība. Otrajā veidā automatizācijas pakāpes tiek grupētas atsevišķā abstrakto servisu slānī, tādējādi veidojot strukturētāku un pārvaldāmāku iezīmju modeli. Šajā veidā katrs konkrētais serviss tiek piesaistīts kādai automatizācijas pakāpju grupai (piemēram, 3.4. att. B daļā $S_{1.1}$ tiek piesaistīts abstraktā servisa S_1 automatizācijas pakāpei «manuāli», veidojot $S^{M}_{1.1}$). Turpmāk promocijas darbā ir izmantots otrais automatizācijas pakāpju atspoguļošanas veids iezīmju modelī, jo tas nodrošina strukturētāku iezīmju modeļa atspoguļošanu nekā pirmajā veidā.

Svarīgākais ieguvums no promocijas darbā ar 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.

3.4.2. Arhitektūras skatu punkts sistēmas funkcionālās struktūras dažādībai

Ņemot vērā VIPPIMON pamata servisu iespējamo dažādību (atbilstoši variācijas prasībām, kas tika definētas 3.2. sadaļā), rodas nepieciešamība pēc servisu sistēmas iespējamās dažādības specificēšanas. Šim nolūkam ir izmantojami arhitektūras skatu punkti un tiem atbilstošie skati. Pastāv pētījumi, piemēram, [141], kur iezīmju modelis jau tiek izmantots kā pamata līdzeklis, lai definētu arhitektūras skatu punktu sistēmas dažādībai. Arhitektūras skatu punktus parasti uzdod pēc ISO/IEC 42010:2007 [140] standarta rekomendācijām. VIPPIMON gadījumā ir nepieciešamība atspoguļot gan dažādos servissus, gan to automatizācijas pakāpes, tāpēc par pamatu skatu punktam promocijas darbā tiek izmantots paplašinātais iezīmju modelis. 3.1. tabulā ir aprakstīta uz paplašinātā iezīmju modeļa balstītā dažādības skatu punkta uzbūve. Skatu punkts sastāv no šādiem elementiem: skata nosaukums; mērķis; skata izveidošanā izmantojamie elementi; attiecības ar citiem sistēmas modeļiem; izmantotā notācija. Skatu punkta elementi ir aizgūti no [141].

3.1. tabula. Funkcionālās struktūras dažādības skatu punkta uzbūve (aizgūta no [141] un papildināta ar paplašinātā iezīmju modeļa elementiem un attieksmēm starp elementiem)

Skatu punkta elements	Apraksts
Nosaukums	Funkcionālās struktūras dažādības skatu punkts
Mērķis	Šis skatu punkts tiek lietots, lai specificētu sistēmas servisu dažādību
Elementi	Dažādības elementi ir abstraktie un konkrētie servisi ar automatizācijas pakāpēm
Attiecības ar citiem modeļiem	Abstraktajiem servisiem ir jāatbilst VIPPIMON pamata servisu modelī definētajiem servisiem un to variantiem.
Notācija	<u>Iezīmju modeļa elementi</u>  — abstrakts serviss  — abstraktā servisa realizācijas variants jeb konkrēts serviss  — automatizācijas pakāpes, kas tiek pievienotas kā papildu līmenis pie abstraktā servisa (skat. pamatojumu 3.4.1. sadaļā)  — piemērs abstraktam servisam, kam ir trīs realizācijas varianti ar atšķirīgām automatizācijas pakāpēm <u>Attieksmes starp elementiem (skat. arī 2.4.1. sadaļu)</u>  — obligāts serviss  — neobligāts serviss  — «vai» (OR) tipa servisu grupa (variācijas punkts)  — «alternatīvs» (XOR) tipa servisu grupa (variācijas punkts)  — «nepieciešams» tipa attiecība starp servisiem

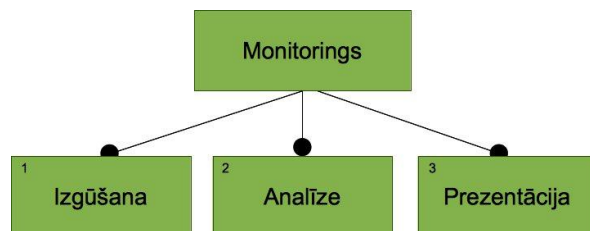
Izmantojot piedāvāto skatu punktu, ir izstrādāts un 3.4.3. sadaļā izklāstīts arhitektūras skats VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādībai.

3.4.3. VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības skats

Šajā sadaļā ir prezentēts izstrādātais VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības skats, kas atbilstoši iepriekš definētajam skatu punktam izmanto iezīmju modeli VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanai. Lai nodrošinātu arhitektūras skatu punktā (skat. 3.1. tabulu) definētās attiecības ar citiem modeļiem, iezīmju modeļa abstraktajiem

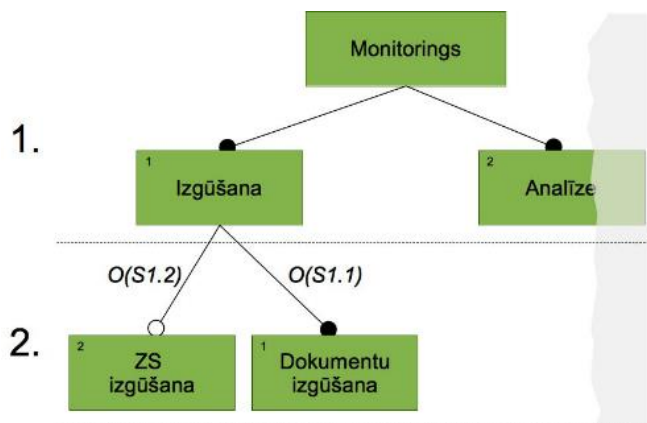
servisiem ir jāatbilst VIPPIMON pamata servisu modelī definētajiem servisiem un to variantiem. Lai nodrošinātu šo atbilstību, ir izstrādāta iezīmju modeļa izstrādes (IMI) metode ar šādiem soļiem (metodes soļus izpilda sistēmas projektētājs):

- 1) sākotnēji iezīmju modelī pievieno saknes virsotni un pamata servisu modelī atspoguļotās servisu grupas. IPPI monitoringa gadījumā tās būs izgūšana, analīze un prezentācija. Šīs grupas pievieno kā obligātas. Rezultāts parādīts 3.5. att. attēlotajā iezīmju modelī;



3.5. att. Iezīmju modeļa veidošanas metodes pirmā soļa izpildes rezultāts

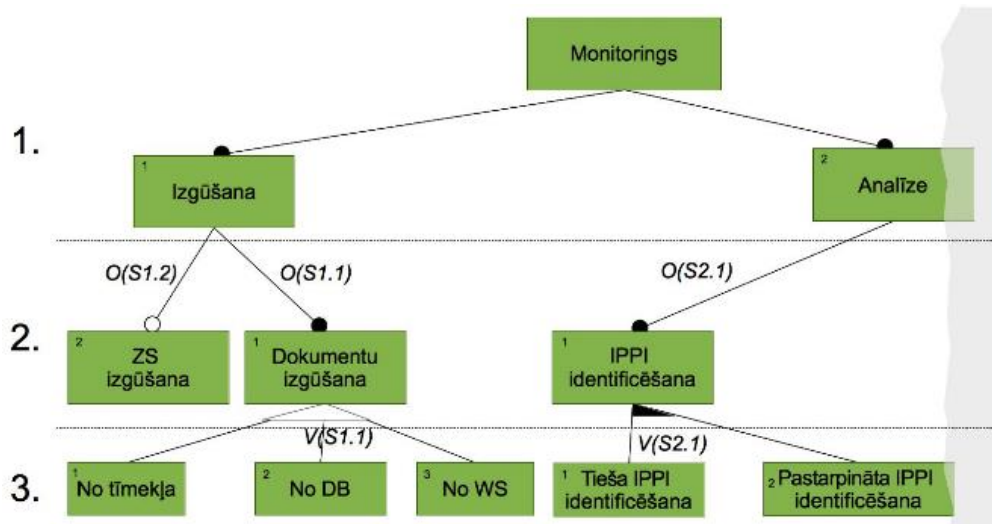
- 2) katrs pamata servisu modelī identificētais serviss pieder kādai no trīs pamata servisu grupām. Balstoties uz obligātuma prasībām, iezīmju modelī norāda šo servisu obligātumu. Piemēram, obligātuma prasība $O(S_{1.1})$ (skat. 3.2. sadaļā definētās obligātuma prasības) nosaka, ka IPPI avotu dokumentu izgūšanas serviss $S_{1.1}$ ir obligāts, savukārt prasība $O(S_{1.2})$ nosaka, ka ZS izgūšanas serviss $S_{1.2}$ ir neobligāts. Rezultātā $S_{1.1}$ iezīmju modelī tiek pievienots kā obligāts serviss, bet $S_{1.2}$ kā neobligāts (skat. 2. daļu 3.6. att.). Līdzīgā veidā, pamatojoties uz pamata servisu obligātuma prasībām, iezīmju modelī pievieno pārējos pamata servissus;



3.6. att. Iezīmju modeļa veidošanas otrā soļa izpildes rezultāta fragments

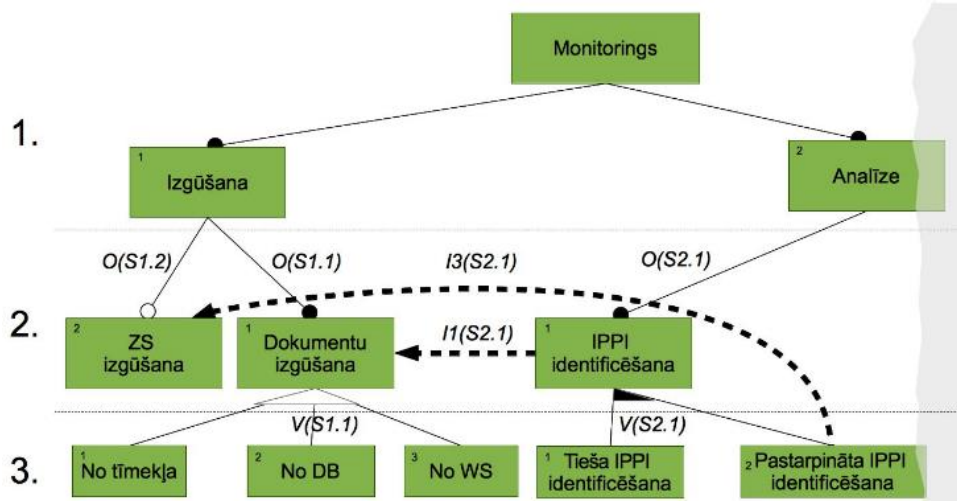
- 3) pamatojoties uz pamata servisu variācijas prasībām, servisiem var būt varianti, no kuriem var izpildīt vai nu *vienu vai vairākus*, vai arī *tikai vienu* variantu. Piemēram, variācijas prasība $V(S_{2.1})$ (skat. 3.2. sadaļā definētās variācijas prasības) nosaka, ka IPPI identificēšanas servisam $S_{2.1}$ ir divi varianti, proti, tiešās IPPI identificēšanas

serviss $S_{2.1.1}$ un pastarpinātās IPPI identificēšanas serviss $S_{2.1.2}$, kurus var izpildīt vai nu abus, vai arī vienu no tiem, atkarībā no sasniedzamā mērķa (mērķu kā mērķorientētu servisu definēšana ir aprakstīta 3.5.1. sadaļā). Savukārt variācijas prasība $V(S_{1.1})$ nosaka, ka IPPI avotu dokumentu izgūšanas servisam $S_{1.1}$ ir trīs varianti, proti, dokumentu izgūšana no tīmekļa resursiem, datu bāzēm un tīmekļa servisiem (servisi $S_{1.1.1}$, $S_{1.1.2}$ un $S_{1.1.3}$), no kuriem viena IPPI avota ietvaros var izpildīt tikai vienu variantu. Attiecīgi servisa $S_{2.1}$ gadījumā iezīmju modelī ir pievienoti tā varianti ar attieksmi «vai», savukārt servisa $S_{1.1}$ gadījumā iezīmju modelī tiek pievienoti tā varianti ar attieksmi «alternatīvs» (skat. 3. daļu 3.7. att.). Līdzīgā veidā, pamatojoties uz pamata servisu variācijas prasībām, pievieno citu pamata servisu variantus;



3.7. att. Iezīmju modeļa veidošanas trešā soļa izpildes rezultāta fragments

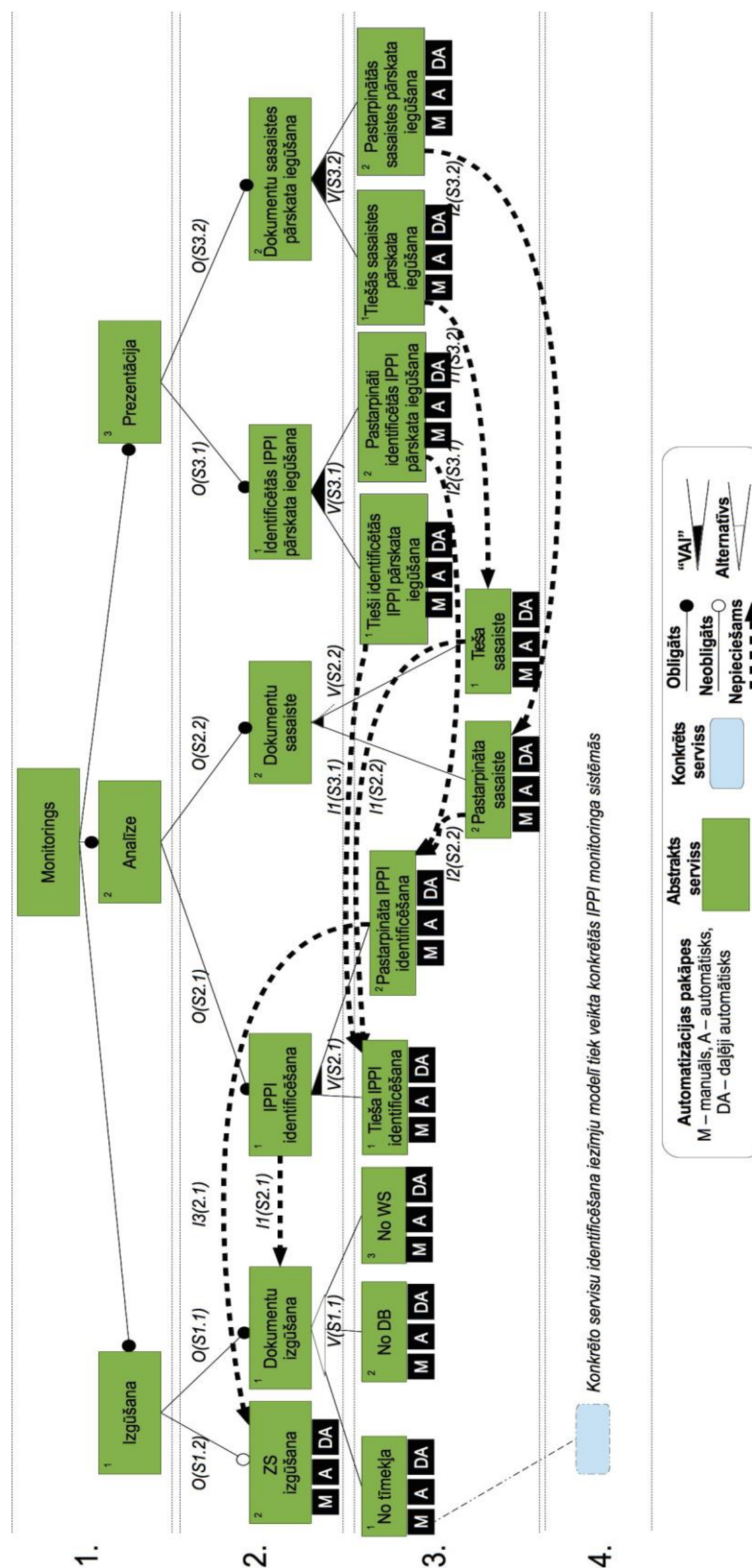
- 4) bez obligātuma un variācijas prasībām pamata servisiem ir definētas arī prasības pret to izpildi. Izpildes prasības jau tika detalizētas pamata servisu plūsmu modelī. Šo prasību galvenais mērķis ir noteikt servisu izpildes priekšnosacījumus, tas ir, kādi citu servisu izpildes rezultāti ir nepieciešami servisa izpildei. Piemēram, izpildes prasība $I_1(S_{2.1})$ nosaka, ka IPPI identificēšanas servisam $S_{2.1}$ (un attiecīgi šī servisa variantiem) ir nepieciešams IPPI avotu dokumentu izgūšanas servisa $S_{1.1}$ (vai tā variantu) izpildes rezultāts. Attiecīgi iezīmju modelī ir pievienotas «nepieciešams» tipa attieksmes starp šiem abstraktajiem servisiem (skat. 3.8. att.). Pamatojoties uz servisu izpildes prasībām, iezīmju modelī tiek pievienotas arī citas «nepieciešams» tipa attieksmes starp servisiem un/vai to variantiem;



3.8. att. Iezīmju modeļa veidošanas ceturgtā soļa izpildes rezultāta fragmenti

- 5) soļi 1), 2), 3) un 4) attiecas uz abstrakto servisu un to attieksmju pievienošanu iezīmju modelī. Šajā solī tiek identificēti abstrakto servisu realizācijas varianti. Šie realizācijas varianti ir konkrētie servisi, kas šajā darbā ir skaidroti kā servisa implementācijas izvēlētajās tehnoloģijās un ar noteiktu automatizācijas pakāpi. Konkrēto servisu pievienošanu neveic VIPPIMON iezīmju modelī, jo tas ir vispārīgs modelis. Konkrētie servisi iezīmju modelī tiek pievienoti konkrētās VIPPIMON modeļa implementācijās. Promocijas darbā ir veiktas divas VIPPIMON modeļa implementācijas, proti, *EduMON* portāla un konceptuālu struktūru sasaistes rīka *KIVIS* [51] implementācijas. *EduMON* nosaukums radies no sistēmas nosaukuma angļu valodā — *Education demand and offer information MONitoring system*, un pirmo reizi piedāvāts promocijas darba autora publikācijā [57]. Savukārt *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». Izstrādātie *EduMON* portāla un *KIVIS* rīka konkrētie servisi ir aprakstīti 4. nodaļā.

Ar IMI metodes palīdzību izveidotais VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības modelis parādīts 3.9. att. Ja pamata servisu modelis tiek papildināts ar servisu grupām vai ar pamata servisiem jau esošajās grupās, tad, metodi izpildot atkārtoti, ir iespējams iegūt papildināto funkcionālās struktūras dažādības modeli. Šo metodi var izmantot arī citu sistēmu funkcionālās struktūras dažādības modeļa izveidošanai, ja ir pieejams pamata servisu modelis un tiem definētās obligātuma, variācijas un izpildes prasības.



3.9. att. Iezīmju modelis, kas atspoguļo VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības skatu. O, V un I pie attieksmēm norāda uz prasībām, kas ir pamatā attiecīgajai attieksmei (prasības definētas 3.2. sadaļā). Modelī atspoguļoto servisu apzīmējums veidojas no numuriem, kas norādīti pie servisa, piemēram, Tiešās IPPI identificēšanas servisa numurs ir 2.1.1, kas arī ir indekss pie servisa apzīmējuma – S2.1.1

3.5. sadaļā tiek prezentēta MSK metode, kas izmanto paplašināto iezīmju modeli un ir paredzēta konkrēto servisu plūsmu izveidošanai sistēmas projektēšanas laikā.

3.5. Uzvedības dažādības modelis

Pamatojoties uz 3.1. sadaļā definētajiem VIPPIMON arhitektūras izstrādes soļiem, sākotnēji ir izstrādāta vispārīgā sistēmas arhitektūra, kas sastāv no pamata servisu modeļa un pamata servisu plūsmas modeļa. Pamata servisu modelī ir identificēti pamata servisi, kā arī definētas šo servisu obligātuma, variācijas un izpildes prasības. Turpretim pamata servisu plūsmas modeļa mērķis ir noteikt servisu izpildes secību, kā arī, pamatojoties uz pamata servisu izpildes prasībām, detalizēt servisu izpildes priekšnosacījumus. Pamata servisu plūsma ir virzīta uz ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu (skat. 3.3. sadaļu). Tālāk, balstoties uz vispārīgo arhitektūru, ir izstrādāta detalizētā arhitektūra, kuru veido sistēmas funkcionālās struktūras dažādības modelis (skat. modeļa aprakstu 3.4. sadaļā) un sistēmas uzvedības dažādības modelis. Šajā sadaļā ir prezentēts izstrādātais sistēmas uzvedības dažādības modelis, kura mērķis ir, saskaņā ar sistēmas funkcionālās struktūras dažādības modeli, definēt sistēmas uzvedības dažādību.

Sistēmas uzvedības dažādības definēšanai tiek veidotas konkrēto servisu plūsmas, kas atbilst pilnai pamata servisu plūsmai vai tās daļai (t. i., apakšplūsmai) un sastāv no iezīmju modelī atspoguļotajiem konkrētiem servisiem.

Lai atvieglotu konkrēto plūsmu uzdošanu tiek izmantots jēdziens «mērķorientēts serviss» [150]. Mērķorientēts serviss ir līdzeklis, lai formulētu mērķus, kas sasniedzami ar konkrēto servisu plūsmām. Nākamajā sadaļā ir skaidroti principi mērķorientētu servisu formulēšanā. 3.5.2 sadaļā ir aprakstīts sistēmas uzvedības dažādības skatu punkts, kas tiek izmantots kā pamats VIPPIMON uzvedības dažādības skata izveidošanai. Lai iegūtu skatu, ko veido servisu plūsmas, ir izstrādāta mērķorientēta servisu kompozīcijas metode (MSK), kas paredz mērķorientēto servisu realizējošo konkrēto plūsmu iegūšanu. Šīs mērķorientēto servisu realizējošās plūsmas veido sistēmas arhitektūras skatu uzvedības dažādības atspoguļošanai. MSK metode un VIPPIMON uzvedības dažādības skats ir prezentēti 3.5.3. sadaļā.

3.5.1. Mērķorientētu servisu formulēšana

Kā jau minēts iepriekš, mērķorientēts serviss ir līdzeklis, lai formulētu ar konkrēto servisu plūsmām sasniedzamos mērķus. Mērķus var formulēt dažādos abstrakcijas līmeņos. Mērķorientētos servissus var formulēt ar pamata servisu modelī identificētajiem servisiem. VIPPIMON gadījumā ir formulēti šādi galvenie mērķorientētie servisi (indekss pie MS norāda atbilstību VIPPIMON iezīmju modelī atspoguļotajam servisam):

1. MS_{1.1} IPPI avotu dokumentu izgūšanai;
2. MS_{1.2} ZS izgūšanai;
3. MS_{2.1} IPPI identificēšanai;
4. MS_{2.2} IPPI avotu dokumentu sasaistei;
5. MS_{3.1} identificētās IPPI pārskata iegūšanai;
6. MS_{3.2} IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai.

Šajā gadījumā mērķorientēto servisu abstrakcijas līmenis ir augsts. Savukārt, lai formulētu mērķorientēto servisu ar zemāku abstrakcijas līmeni, ir jāizmanto tie abstraktie servisi, kas atrodas 3.9. att. atspoguļotā iezīmju modeļa 3. daļā, tas ir, servisi ar zemāku abstrakcijas līmeni, piemēram, MS_{2.2.2} pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei. Mērķorientētus servissus var formulēt arī vēl detalizētāk, norādot vairākus abstraktos servissus, piemēram, MS_(1.1.1, 2.2.2) dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un pastarpinātai sasaistei. Šajā gadījumā MS pamatā ir divi servisi, proti, serviss dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem S_{1.1.1} un serviss IPPI avotu dokumentu pastarpinātai sasaistei S_{2.2.2}.

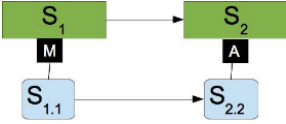
Ņemot vērā servisu izpildes priekšnosacījumus (skat. pamata servisu izpildes prasības 3.2. sadaļā un detalizētos priekšnosacījumus 3.3. sadaļā), mērķorientētais serviss tiek definēts kā mērķorientēta servisu plūsma. Šīs plūsmas aprakstīšanai ir izstrādāta un 3.5.3. sadaļā prezentēta MSK metode, kas paredz mērķorientēta servisa definēšanu ar abstrakto servisu plūsmu, savukārt tā realizāciju — ar abstrakto servisu plūsmu realizējošām konkrēto servisu plūsmām.

3.5.2. Arhitektūras skatu punkts sistēmas uzvedības dažādībai

Lai izveidotu skatu, analogiski kā 3.4.2. sadaļā, arī šeit ir nepieciešams arhitektūras skatu punkts. Tādēļ, lai definētu sistēmas uzvedības dažādības skatu ar servisu plūsmām, ir izveidots tam atbilstošs skatu punkts. Skatu punkta uzbūves elementi parādīti 3.2. tabulā.

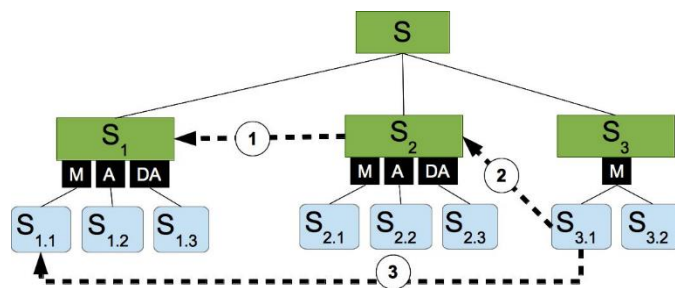
Izmantojot piedāvāto skatu punktu, ir izstrādāts un 4.1.2. sadaļā izklāstīts skats VIPPIMON uzvedības dažādības atspoguļošanai.

3.2. tabula. Sistēmas uzvedības dažādības skatu punkta uzbūve (aizgūta no [141] un papildināta ar paplašinātās servisu plūsmas modeļa elementiem un attieksmēm starp elementiem)

Skatu punkta elements	Apraksts
Nosaukums	Uzvedības dažādības skatu punkts
Mērķis	Šis skatu punkts tiek lietots, lai definētu sistēmas uzvedības jeb servisu plūsmu dažādību
Elementi	Dažādības elementi ir abstraktie un konkrētie servisi ar automatizācijas pakāpēm
Attiecības ar citiem modeļiem	Abstraktajiem servisiem un konkrētajiem servisiem ir jāatbilst iezīmju modelī atspoguļotajiem abstraktajiem un konkrētajiem servisiem, servisu plūsmu veidošanā jāievēro attieksmes starp iezīmju modelī atspoguļotajiem servisiem
Notācija	<u>Servisu plūsmas modeļa elementi</u> S — abstrakts serviss S_i — abstraktā servisa realizācijas variants jeb konkrēts serviss M A SA — automatizācijas pakāpes, kas ir kā papildu līmenis pie abstraktā servisa (skat. pamatojumu 3.4.1. sadaļā)  — piemērs servisu plūsmai, ko veido divi abstraktie servisi un tiem atbilstošie konkrētie servisi <u>Attieksmes starp elementiem</u> norāda konkrētā servisa piederību abstraktajam servisam → norāda servisu izpildes secību

3.5.3. Mērķorientēta servisu kompozīcijas (MSK) metode

Atbilstoši iepriekš definētajam skatu punktam sistēmas uzvedības dažādības atspoguļošanai tiek izmantots servisu plūsmu modelis. Lai nodrošinātu arhitektūras skatu punktā (skat. 3.2. tabulu) definētās attiecības ar citiem modeļiem, proti, servisu plūsmu modeļa abstraktajiem un konkrētajiem servisiem ir jāatbilst iezīmju modelī definētajiem servisiem un to variantiem, ir izstrādāta MSK metode. Metode paredz veikt servisu kompozīciju jeb servisu sakārtošanu servisu plūsmā, pamatā izmantojot paplašinātajā iezīmju modelī atspoguļotos abstraktos un konkrētos servissus, kā arī attieksmes starp šiem servisiem. Lai šo metodi izmantotu, ir jābūt pieejamam iezīmju modelim, kas balstīts uz paplašinātā iezīmju modeļa notāciju (skat. 3.4.1. sadaļu). Metodes lietošanas rezultātā tiek iegūtas konkrēto servisu plūsmas noteikta mērķorientētā servisa realizācijai. Papildu 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 implementējamos konkrētos servissus un pārejas starp tiem.



3.10. att. Paplašinātā iezīmju modeļa piemērs

3.10. att. parādīts ilustratīvs paplašinātā iezīmju modeļa piemērs, kas sastāv no četriem abstraktiem servisiem un astoņiem tiem piesaistītiem konkrētiem servisiem. Šis piemērs ir izmantots, lai demonstrētu MSK metodes darbības principu. 3.10. att. parādītas «nepieciešams» tipa attiecības: 1) starp abstraktajiem servisiem, 2) starp abstraktu un konkrētu servisu, 3) starp konkrētiem servisiem (skat. atbilstošos saišu numurus attēlā).

Kā jau minēts iepriekš, ar servisu kompozīciju šajā promocijas darbā tiek saprasta servisu sakārtošana noteiktā servisu plūsmā sistēmas projektēšanas laikā. Servisu plūsma identificē servisu izpildes secību. Izmantojot iepriekš doto iezīmju modeļa piemēru, tiek formulēts mērķorientēts serviss $MS_{(1;3)}$. MSK metodei ir šādi soļi (metode sākotnēji aprakstīta promocijas darba autora publikācijā [148]):

1. balstoties uz formulēto mērķorientēto servisu $MS_{(1;3)}$, *izveido abstrakto servisu plūsmu*. Abstraktu servisu plūsmas izveidošanas laikā ir jāizvēlas tādi abstraktie servisi, kuru varianti ir konkrētie servisi. Abstraktie servisi, kam varianti ir citi abstraktie servisi, tiek saukti par *grupēšanas servisiem* un tie tiek apskatīti tikai, kad tiek pārbaudīta servisu plūsmas saskanība ar iezīmju modeli. Ar iezīmju modeli saskanīga servisu plūsma ir servisu plūsma, kas izveidota no iezīmju modelī atspoguļotajiem servisiem un apmierina «nepieciešams» tipa attiecīmi starp servisiem iezīmju modelī. Abstraktu servisu plūsma tiek izveidota ar šādiem soļiem:
 - a) izvēlas mērķorientēta servisa formulējumā iekļautos abstraktos servissus un sakārto tos sākotnējā servisu plūsmā (skat. 3.11. att. 1.a);
 - b) katram izvēlētajam abstraktajam servisam pārbauda «tieši nepieciešamos» abstraktos servissus (piemēram, 3.10. att. attēlotā (1) attiecīme parāda, ka S_2 ir nepieciešams S_1) un grupēšanas servissus, nepieciešamības gadījumā papildinot sākotnējo servisu plūsmu, tādējādi izveidojot papildināto servisu plūsmu;
 - c) katram abstraktajam servisam pārbauda «netieši nepieciešamos» abstraktos servissus. Netieši nepieciešamos servissus nosaka šādi: katram abstraktā servisa konkrētajam servisam pārbauda tieši nepieciešamos 1) abstraktos servissus,

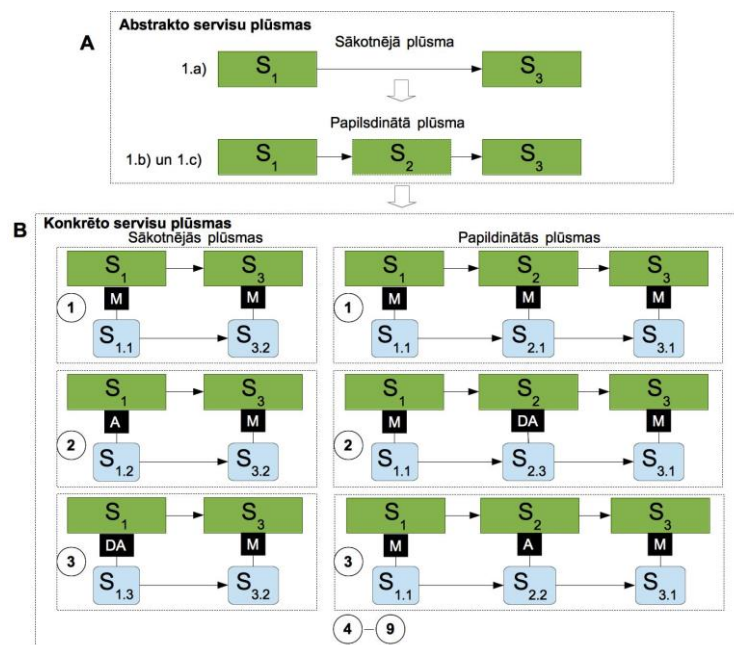
piemēram, $S_{3,1}^M$ ir nepieciešams S_2 (3.10. att. (2) attieksme); 2) konkrētos servissus, piemēram, $S_{3,1}^M$ ir nepieciešams $S_{1,1}^M$ (3.10. att. (3) attieksme). Abstraktos servissus papildinātajā servisu plūsmā iekļauj, ja tie ir nepieciešami vismaz vienam konkrētajam servisam. Šajā piemērā S_2 iekļauts plūsmā kā neobligāts abstrakts serviss (skat. 3.11. att. A daļu);

2. *izveido konkrēto servisu plūsmu:*

- a) katram abstraktajam servisam izvēlas konkrētos servissus sākotnējā abstrakto servisu plūsmā;
- b) katram abstraktajam servisam izvēlas konkrētos servissus paplašinātajā abstrakto servisu plūsmā;
- c) atkārtoti 2.a un 2.b soļus līdz visi atbilstošie konkrētie servisi ir sakārtoti plūsmās;
- d) plūsmas tiek sakārtotas, saraksta sākumā ierindojošot plūsmas ar sākotnējiem abstraktajiem servisiem (no 1.a) un 1.b) soļiem). Cits potenciāls plūsmu kārtošanas veids būtu tās kārtot pēc nodrošinātā automatizācijas līmeņa, piemēram, ja plūsmā visi servisi ir ar automatizācijas pakāpi A, tad tos ierindot plūsmu saraksta sākumā. Šajā piemērā konkrēto servisu plūsmai ar diviem sākotnējiem abstraktajiem servisiem ir trīs realizācijas varianti, bet ar trīs sākotnējiem servisiem — deviņi realizācijas varianti. Konkrēto servisu plūsmas ir parādītas 3.11. att. B daļā;

3. *pārskata konkrēto servisu plūsmu variantus.* Novērtē pārejas starp servisiem ar vienu vai dažādām automatizācijas pakāpēm un izslēdz tās plūsmas, kuras nav iespējamas kādu tehnoloģisko ierobežojumu, komunikācijas problēmu, lielā manuāli veicamā darba apjoma vai citu iemeslu dēļ;

4. *identificē servisu plūsmās iesaistītās puses.* Tās identificē, pamatojoties uz pamata servisu modelī (skat. 3.2. sadaļu) atspoguļoto ieinteresēto pušu dalību pamata servisu izpildē. Plūsmā servisu automatizācijas pakāpes M un DA norāda uz to, ka servisu izpildē ir nepieciešama cilvēka iesaiste.



3.11. att. MSK metodes izpildes rezultāts apskatītā piemēra gadījumā. A daļā ir ilustrēti MSK metodes pirmo trīs (1.a) –1.c)) soļu izpildes rezultāts. B daļā atspoguļotas konkrētu servisu plūsmas, kas sakārtotas pēc sākotnējās servisu plūsmas un papildinātās servisu plūsmas (iekļauj servisu S₂)

Kad sistēmā ir servisi ar dažādām automatizācijas pakāpēm, servisu interfeisu saskaņošana kļūst par vienu no galvenajiem jautājumiem, lai starp tiem nodrošinātu pārrejas. Tipiski servisu orientētās sistēmās tiek veikta tikai automātisku servisu (automatizācijas pakāpe ir A) interfeisu saskaņošana. Savukārt sistēmā, kurā tiek apskatītas vairākas servisu automatizācijas pakāpes, servisu kompozīcijās iesaistīto interfeisu skaits ir lielāks, rezultātā radot nepieciešamību sistēmas projektēšanas laikā identificēt pārejas starp servisiem. Ar pāreju tiek saprasta viena servisa izpildes rezultātu pieejamības nodrošināšana citiem servisiem. Lai nodotu un saņemtu informāciju no/uz konkrētajiem servisiem ar noteiktu automatizācijas pakāpi, ir jānodrošina servisu ieejas un izejas interfeisu saskaņošana:

- no automātiska servisa uz automātisku servisu (A–A). Nepieciešama servisu kompozīcijā iesaistīto servisu interfeisu saskaņošana programmatūras līmenī. Cilvēks nav iesaistīts;
- no automātiska servisa uz manuālu servisu (A–M). Nepieciešama lietotāja interfeisa izveide, kas ļautu noteiktai manuālā servisā iesaistītajai pusei pārskatīt automātiskā servisa izeju. Šajā gadījumā cilvēks ir iesaistīts;
- no manuāla servisa uz automātisku servisu (M–A). Nepieciešama lietotāja interfeisa izveide (parasti kā ievades forma), kas ļautu noteiktai manuālā servisā iesaistītajai pusei sagatavot manuālā servisa izeju automātiskā servisa ieejai. Šajā gadījumā cilvēks ir iesaistīts;

- no manuāla servisa uz manuālu servisu (M–M). Nepieciešami speciāli lietotāja interfeisi (parasti kā ievades forma); iespējama arī iesaistīto pušu komunikācija;
- pārejā iesaistīts daļēji automātisks serviss (DA iesaistīts). Atkarībā no daļēji automātiskā servisa īpatnībām, var būt nepieciešami tikai programmatūras līmeņa interfeisi, tikai iesaistīto pušu komunikācija vai abi.

Lai vienkāršākā veidā atspoguļotu abstrakto un konkrēto servisu plūsmas, tiek izmantots formulējums, kas aizgūts no C. Rollandes un līdzautoru publikācijas [150], kas šāda veida formulējumu jau izmanto mērķorientētu servisu plūsmu atspoguļošanai. Promocijas darbā tiek izmantots kompozīcijas apzīmējums «•» un abstrakto servisu plūsmas realizējošo konkrēto servisu plūsmu variantu apzīmējums «U». Plūsmu varianti norāda uz to, ka viena mērķorientētā servisa realizācijā ir iespējamās vairākas konkrēto servisu plūsmas. Šajā sadaļā apskatītā piemēra gadījumā sākotnējo abstrakto servisu plūsma ir uzdota ar $MS^S = \bullet(S_1, S_2)$, savukārt papildinātā abstrakto servisu plūsma ir uzdota ar $MS^P = \bullet(S_1, S_2, S_3)$. Atbilstošās konkrēto servisu plūsmas ir uzdotas kā:

- $MS^S = U(\bullet(S_{1.1}^M, S_{3.2}^M), \bullet(S_{1.2}^A, S_{3.2}^M), \bullet(S_{1.3}^{DA}, S_{3.2}^M))$ — atbilstošais grafiskais attēlojums ir redzams 3.11. att. B daļas kreisajā pusē.
- $MS^P = U(\bullet(S_{1.1}^M, S_{2.1}^M, S_{3.1}^M), \bullet(S_{1.1}^M, S_{2.2}^A, S_{3.1}^M), \bullet(S_{1.1}^M, S_{2.3}^{DA}, S_{3.1}^M), \dots)$ — atbilstošais grafiskais attēlojums ir redzams 3.11. att. B daļas labajā pusē. Šeit plūsmu variantu formulējuma ilustrācijai ir parādītas tikai 1.–3. konkrētās plūsmas, pārējām plūsmām būtu jāseko daudzpunktes vietā.

Kad mērķorientēto servisu realizējošās konkrēto servisu plūsmas ir iegūtas (tās ir atspoguļotas grafiski vai ar piedāvāto formulējumu), ir iegūts sistēmas uzvedības dažādības skats. 4. nodaļā MSK metode ir lietota, lai iegūtu *EduMON* un *KIVIS* rīka uzvedības dažādības skatus. MSK metodes izmantošana ļauj analizēt sistēmas no uzvedības dažādības skatu punkta, nodrošinot iespēju izveidot iespējamās servisu plūsmas, kas ietver servissus ar dažādām automatizācijas pakāpēm. Plūsmu analīzes rezultātā tieši var identificēt starp servisiem nepieciešamās pārejas, kas ir svarīgi, apsverot servisu un pāreju starp tiem implementāciju.

3.6. Nodaļas kopsavilkums

Šajā nodaļā tika prezentēta izstrādātā VIPPIMON arhitektūra, kas ir IPPI monitoringa sistēmas konceptuālais modelis. Arhitektūras galvenais mērķis ir atspoguļot VIPPIMON uzbūvi, ļaujot spriest par sistēmas funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības aspektiem. Šie dažādības aspekti ir nepieciešami, lai varētu izpildīt 1.2. sadaļā izvirzītās prasības pēc

dažādu IPPI avotu īpatnību apstrādes, vairāku ieinteresēto pušu iekļaušanas sistēmā, kā arī pēc dažādības informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijā.

Šim nolūkam ir *definēti arhitektūras izstrādes soļi*, kas paredz vispārīgās un detalizētās arhitektūras izstrādi. Vispārīgās arhitektūras definēšanai *tika izstrādāti pamata servisu un pamata servisu plūsmas modeļi*, kas nosaka ietvaru sistēmas struktūrai un uzvedībai, abstrahējoties no iespējamās sistēmas struktūras un uzvedības dažādības. Savukārt detalizētās arhitektūras uzdošanai *tika izstrādāti arhitektūras skati sistēmas funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības atspoguļošanai*. Struktūras dažādības skata uzdošanai tika izstrādāts atbilstošs skatu punkts, kas kā pamata līdzekli struktūras dažādības atspoguļošanai izmanto iezīmju modeli. Savukārt sistēmas uzvedības dažādības skata uzdošanai tika izstrādāts atbilstošs skatu punkts, kas kā pamata līdzekli uzvedības dažādības atspoguļošanai izmanto servisu plūsmas. Promocijas darbā *iezīmju modelis tika paplašināts*, lai nodrošinātu iespēju tajā attēlot abstraktos un konkrētos servissus, kā arī konkrēto servisu automatizācijas pakāpes. Savukārt *servisu plūsmās* promocijas darbā *tika ieviesta iespēja vienlaikus atspoguļot abstrakto servisu plūsmu un to realizējošās konkrēto servisu plūsmas*. Lai nodrošinātu saskaņu starp sistēmas vispārīgo un detalizēto arhitektūru, *tika izstrādāta IMI metode iezīmju modeļa iegūšanai*, pamatojoties uz pamata servisu modelī identificētajiem servisiem un pret tiem definētajām obligātuma, variācijas un izpildes prasībām. Rezultātā *tika izstrādāts VIPPIMON iezīmju modelis*, kurā atspoguļoti abstraktie servisi un paredzēts atspoguļot abstraktos servissus realizējošos konkrētos servissus. Lai iegūtu ar iezīmju modeli saskanīgas servisu plūsmas, *tika izstrādāta mērķorientēta servisu kompozīcijas metode MSK*, kas paredz iegūt abstrakto servisu plūsmu un ar to saskanīgas konkrēto servisu plūsmas, kas savukārt realizē formulēto mērķorientēto servisu.

Izmantojot promocijas darbā paplašināto iezīmju modeli VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanai, tika secināts, ka modelis ir piemērots VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanai, jo ļauj atspoguļot servissus, to variantus un šo variantu realizācijas iespējas. Modelis ir izmantojams sistēmas projektēšanas laikā, dodot iespēju spriest par izstrādājamās sistēmas struktūras uzbūves īpatnībām augstākā abstrakcijas līmenī ar abstraktajiem servisiem, savukārt zemākā abstrakcijas līmenī — ar konkrētiem servisiem, kas ir abstrakto servisu realizācija. Automatizācijas pakāpju atspoguļošana iezīmju modelī ļauj uzskatāmi novērtēt sistēmas iespējamo automatizācijas līmeni, kas ir īpaši svarīgi gadījumos, kad sistēma nodrošina servissus ar dažādām automatizācijas pakāpēm. Piedāvātā metode iezīmju modeļa veidošanai, balstoties uz pamata servisu modeli, ir nozīmīga, jo nodrošina iespēju iegūt saskaņotību ar vispārīgo sistēmas arhitektūru.

Lai iegūtu servisu plūsmas VIPPIMON uzvedības dažādības atspoguļošanai, tika izmantota izstrādātā MSK metode, un tika secināts, ka mērķorientētu servisu formulēšana ir piemērota, lai vienkāršākā veidā aprakstītu un analizētu sistēmas uzbūvi, neiedziļinoties iespējamās servisa realizācijas detaļās. Ar MSK metodi detalizējot mērķorientēto servisu tiek iegūtas konkrēto servisu plūsmas, kas identificē dažādos mērķorientētā servisa realizācijas variantus. Iegūtās servisu plūsmas ir saskaņotas ar sistēmas iezīmju modeli, līdz ar to tiek nodrošināta pilnīga vispārīgās un detalizētās arhitektūras saskaņotība. Plūsmu analīzes rezultātā var spriest par servisu implementācijas vai jau pastāvošu servisu integrācijas iespējām.

VIPPIMON arhitektūrā identificētie pamata servisi, to variācijas, kā arī realizācijas iespējas sakņojas pētījumos par IPPI avotu apstrādes risinājumiem, monitoringa sistēmām un servisu sistēmām. Rezultātā var secināt, ka VIPPIMON arhitektūra ar to veidojošiem modeļiem ir piemērota tādas IPPI monitoringa sistēmas izstrādei, kuras mērķis ir nodrošināt IPPI stāvokļa un IPPI avotu atbilstības sistēmisku iegūšanu. Nākamajā nodaļā ir izklāstītas 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 serviskus realizējošās konkrēto servisu plūsmas, attiecīgi iegūstot sistēmas uzvedības dažādības modeli. Programmatūras prototipi kalpo kā līdzekļi izstrādātā modeļa praktiskai lietderības pārbaudei.

4. VIPPIMON SERVISU REALIZĀCIJA

Iepriekšējā nodaļā tika prezentēts promocijas darbā izstrādātais VIPPIMON modelis, kas ir definēts kā divu līmeņu 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. VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības modelis ir izmantojams sistēmas projektēšanai, lai atspoguļotu sistēmas struktūras dažādību, proti, pamata servissus un to variācijas, kā arī tiem atbilstošos realizācijas variantus. Realizācijas varianti tiek raksturoti ar to automatizācijas pakāpēm. Balstoties uz funkcionālās struktūras dažādības modeli tika piedāvāta MSK metode, kas paredz mērķorientētu servisu plūsmu izveidošanu, tādējādi definējot sistēmas uzvedības dažādību. Izveidotās servisu plūsmas ir izmantojamas, lai analizētu pārejas starp servisiem ar dažādām automatizācijas pakāpēm, identificētu sistēmā implementējamos servissus un pārejas starp tiem (t. i., plūsmā iekļauto servisu integrāciju). Savukārt detalizētā arhitektūra dod pamatu, lai spriestu par sistēmas realizācijas iespējām un iespējamo sistēmas automatizācijas līmeni.

Balstoties uz 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. Kā jau minēts 3.4.3. sadaļā, promocijas darbā ir veiktas divas VIPPIMON modeļa implementācijas, proti, *EduMON* portāla un konceptuālu struktūru sasaistes rīka *KIVIS* [51] 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. 4.1. tabulā un 4.2. tabulā ir uzskaitīti realizētie *EduMON* portāla un *KIVIS* rīka servisi (servisu saīsinājumu apraksts dots arī 4. pielikumā), to nodrošinātāji un automatizācijas pakāpes. 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 servissus nodrošina atsevišķo sistēmu programmatūras komponenti, tajās integrētās bibliotēkas vai tajās integrētie citu platformu nodrošinātie servisi.

4.1. tabula. Realizētie *EduMON* servisi, to nodrošinātāji un automatizācijas pakāpes

Servisa apzīmējums	Servisa nosaukums	Nodrošina	Automatizācijas pakāpe
S ^M _{1.1.1.1}	IPPI avotu dokumentu izgūšana no tīmekļa resursiem manuāli	Cilvēks	M
S ^M _{1.2.1}	Zināšanu struktūru izgūšana manuāli	Cilvēks	M
S ^A _{2.1.2.2}	Pastarpināta IPPI identificēšana ar <i>Apache UIMA</i>	<i>Apache UIMA</i> platforma	A
S ^A _{2.1.1.2}	Tieša IPPI identificēšana ar <i>Lucene</i> teksta indeksētāju	<i>Lucene</i> programmatūras bibliotēka	A
S ^A _{2.2.1.1}	Tieša IPPI avotu dokumentu sasaiste, izmantojot <i>Lucene</i> teksta meklētāju	<i>Lucene</i> programmatūras bibliotēka	A
S ^A _{2.2.2.1}	Pastarpināta IPPI avotu dokumentu sasaiste, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus un <i>Cosine</i> līdzības mēru	Portāls	A
S ^A _{3.1.2.1}	Pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšana, izmantojot lietotāju interfeisu	Portāls	A
S ^A _{3.1.2.2}	Pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšana, eksportējot to uz CSV formāta failu	Portāls	A
S ^A _{3.2.1.1}	Tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana, izmantojot lietotāja interfeisu	Portāls	A
S ^A _{3.2.2.1}	Pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana, izmantojot lietotāja interfeisu	Portāls	A
S ^A _{3.2.2.2}	Pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana, eksportējot to uz CSV formāta failu	Portāls	A

4.2. tabula. Realizētie KIVIS rīka servisi, to nodrošinātāji un automatizācijas pakāpes

Servisa apzīmējums	Servisa nosaukums	Nodrošina	Automatizācijas pakāpe
S ^M _{1.1.1.1}	IPPI avotu dokumentu izgūšana no tīmekļa resursiem manuāli	Cilvēks	M
S ^M _{1.2.1}	Zināšanu struktūru izgūšana manuāli	Cilvēks	M
S ^M _{2.1.2.1}	Pastarpināta IPPI identificēšana manuāli	Cilvēks	M
S ^A _{2.2.2.1}	IPPI avotu dokumentu sasaiste, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus	KIVIS	A
S ^A _{3.1.2.1}	Pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšana, izmantojot lietotāja interfeisu	KIVIS	A
S ^A _{3.2.2.1}	Pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana, izmantojot lietotāja interfeisu	KIVIS	A

EduMON servisos un *KIVIS* rīka servisos pastarpinātai IPPI identificēšanai un pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei izmantoti promocijas darba autora pilnīgi vai daļēji oriģināli teorētiskie risinājumi, kas sākotnēji ir izklāstīti promocijas darba autora publikācijās [51]–[53], [55], [151].

4.1. sadaļā, izmantojot izstrādāto VIPPIMON modeli, ir atspoguļoti izstrādātie *EduMON* funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļi un tajos ietilpstošo servisu implementācijas apraksts. Savukārt 4.2. sadaļā ir doti *KIVIS* rīka funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļi un tajos ietilpstošo servisu implementācijas apraksts.

4.1. *EduMON* realizācija

Kā jau parādīts 4.1. tabulā, *EduMON* servisi ir nodrošināti kā manuāli izpildāmas darbības vai kā sistēmas programmatūras komponenti, sistēmā integrētas bibliotēkas vai sistēmā integrēti citu platformu servisi. Portālā bez implementētajiem servisiem tiek nodrošināta funkcionalitāte dažāda tipa IPPI avotu (piemēram, studiju kursu aprakstu un darba sludinājumu) glabāšanai, kā arī IPPI monitoringā ieinteresēto pušu piekļuvei portālam, kas nepieciešama, lai izpildītu servisu plūsmas un patērētu prezentācijas servissus.

Šīs sadaļas apakšsadaļās ir aprakstīta *EduMON* detalizētā arhitektūra, proti, funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļi, kas izstrādāti paplašinot VIPPIMON detalizēto arhitektūru (skat. 4.1.1. un 4.1.2. sadaļu). Funkcionālās struktūras dažādības modelī iekļauto realizēto konkrēto servisu darbības principu un implementācijas apraksti ir doti šīs

sadaļas apakšsadaļās, norādot šo servisu atbilstību VIPPIMON vispārīgās arhitektūras modeļiem un *EduMON* detalizētās arhitektūras modeļiem.

Realizētie *EduMON* servisi ir paredzēti darbam ar IPPI avotu dokumentiem un zināšanu struktūrām angļu valodā. Šāda izvēle veikta tādēļ, ka pašreiz nav pieejamas zināšanu struktūras latviešu valodā, un tā rezultātā nav iespējams veikt pastarpinātu IPPI identificēšanu dokumentos latviešu valodā, kā arī šo dokumentu pastarpinātu sasaisti. Zināšanu struktūru izmantošana ir nepieciešama, lai veicinātu «vienotas valodas» (skat. 2.1.2. sadaļu) izmantošanu un sekmētu IPPI monitoringā ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu. Jāsaka arī, ka IPPI avotu dokumenti, piemēram, ārzemju universitātēm, ir pieejami angļu valodā. Tāpēc, lai iegūtu Rīgas Tehniskās universitātes studiju kursu sasaisti ar ārzemju universitāšu studiju programmu kursiem, to aprakstiem ir jābūt vienā valodā. Cita iespēja ir izmantot zināšanu struktūras, kur katrs elements ir uzdots vairākās valodās (piemērs ir 2.1.2. sadaļā minētā zināšanu struktūra *DISCO*), taču pašreiz tādas latviešu valodā nav pieejamas.

4.1.1. *EduMON* funkcionālās struktūras dažādības modelis

Kā jau tika skaidrots 3.3. sadaļā, IPPI monitoringa sistēmu funkcionālās struktūras dažādības atspoguļošanai ir izmantojami iezīmju modeļi. *EduMON* iezīmju modeļa izstrādei pamatā ir izmantots 3.4.3. sadaļā prezentētais VIPPIMON iezīmju modelis. 3.4.3. sadaļā prezentētās iezīmju modeļa veidošanas metodes 4. solis, veidojot VIPPIMON iezīmju modeli, netika izpildīts, taču šā soļa izpilde ir nepieciešama, veidojot konkrētu IPPI monitoringa sistēmu. *EduMON* ir šāda sistēma, tāpēc iezīmju modelis tiek papildināts ar konkrētiem servisiem. Tātad *EduMON* funkcionālās struktūras modelis ir izveidots, paplašinot VIPPIMON funkcionālās struktūras modeli ar konkrētiem *EduMON* servisiem (skat. 4.1. att.).

Servisam $S_{1.1.1}$ dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem (skat. 3.2.1. sadaļā aprakstīto IzS grupu; *EduMON* servisu saīsinājumu apraksts dots arī 4. pielikuma 2. daļā) ir dažādas realizācijas iespējas. Promocijas darbā ir aplūkotas divas realizācijas: 1) izgūšana, apmeklējot tīmekļa vietnes manuāli; 2) izgūšana, izmantojot tīmekļa pārmeklētājus. Šajā gadījumā konkrētajam servisam, kas paredz manuālu dokumentu izgūšanu no tīmekļa resursiem, ir manuāla automatizācijas pakāpe un to apzīmē $S^M_{1.1.1.1}$. Kā redzams, servisa apzīmējumā tiek ietverta norāde uz automatizācijas pakāpi. Servisa $S^M_{1.1.1.1}$ izpildi veic cilvēks, neizmantojot speciālu programmatūru. Savukārt servisa $S_{1.1.1}$ realizācijas variantam, kas paredz dokumentu izgūšanu ar tīmekļa pārmeklētāju, ir automātiska automatizācijas pakāpe un to apzīmē $S^A_{1.1.1.2}$. Šis realizācijas variants nodrošina automātisku satura izgūšanu no tīmekļa vietnēm. Piemēram, darba sludinājumu izgūšanai tiek pārmeklētas darba devēju tīmekļa vietnes un darba

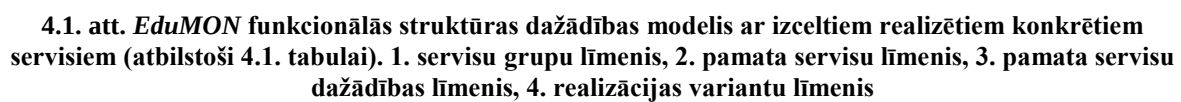
sludinājumu portāli. Profesiju standartu izgūšanai tiek pārmeklēts profesiju standartu reģistrs, bet izglītības iestāžu kursu aprakstu izgūšanai tiek pārmeklētas šo iestāžu tīmekļa vietnes. Promocijas darbā automātiskā servisa $S_{1.1.1.2}^A$ dokumentu izgūšanai ar tīmekļa pārmeklētāju potenciālie realizācijas aspekti īsi tika raksturoti 2.1.3. sadaļā. Turpmāk promocijas darbā šis serviss tiek izmantots, neiedziļinoties tā realizācijas aspektos.

Kā jau tika minēts iepriekš 3.2.1. sadaļā, pamata servisam $S_{1.1}$ IPPI avotu dokumentu izgūšanai ir identificēti arī citi varianti, proti, serviss dokumentu izgūšanai no datu bāzes ($S_{1.1.2}$) un serviss izgūšanai no tīmekļa servisiem ($S_{1.1.3}$). Servisam $S_{1.1.2}$ dokumentu izgūšanai no datu bāzes var identificēt divus realizācijas variantus, proti: 1) izgūšana manuāli; 2) izgūšana, izmantojot strukturēto vaicājumu valodu *SQL*. Atbilstoši servisu apzīmējumi ir $S_{1.1.2.1}^M$ un $S_{1.1.2.2}^A$.

IPPI identificēšana izgūtajos IPPI avotu dokumentos ir dokumentu teksta analīzes uzdevums, kas jau tika iztirzāts 2.1.3. sadaļā. Pastarpinātās IPPI identificēšanas servisam $S_{2.1.2}$ ir identificēti šādi realizācijas varianti: serviss $S_{2.1.2.1}^M$ manuālai IPPI identificēšanai un serviss $S_{2.1.2.2}^A$ automātiskai IPPI identificēšanai, izmantojot *Apache UIMA* [71] teksta analīzes platformu. 4.1.6. sadaļā ir prezentētas un aprakstītas IPPI identificēšanas metodes, kā arī implementētais prototips, kas nodrošina $S_{2.1.2.2}^A$ servisu, izmantojot *Apache UIMA* teksta analīzes platformu.

Pamatā programmatūrai, kas paredzēta IPPI avotu dokumentu sasaistei, ir izmantotas uz vārdu vektoriem balstītās dokumentu līdzības noteikšanas metodes. 4.1.7. un 4.1.8. sadaļās ir dotas tiešās un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes metodes, kā arī šo metožu realizācija servisos, proti, servisā $S_{2.2.1.1}^A$ tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei, izmantojot *Lucene* teksta meklētāju [152], kā arī servisā $S_{2.2.2.1}^A$ pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus un *Cosine* līdzības mēru.

Savukārt prezentācijas servisu grupā identificēto pamata servisu (skat. 3.2.3. sadaļu) realizācijai ir piemēroti tīmeklī balstīti lietotāja interfeisi un analīzes rezultātu apkopojumi strukturēta formāta (piemēram, *CSV*) failos. Katram prezentācijas servisu grupas pamata servisa varianta konkrētie servisi ir atspoguļoti 4.1. att.



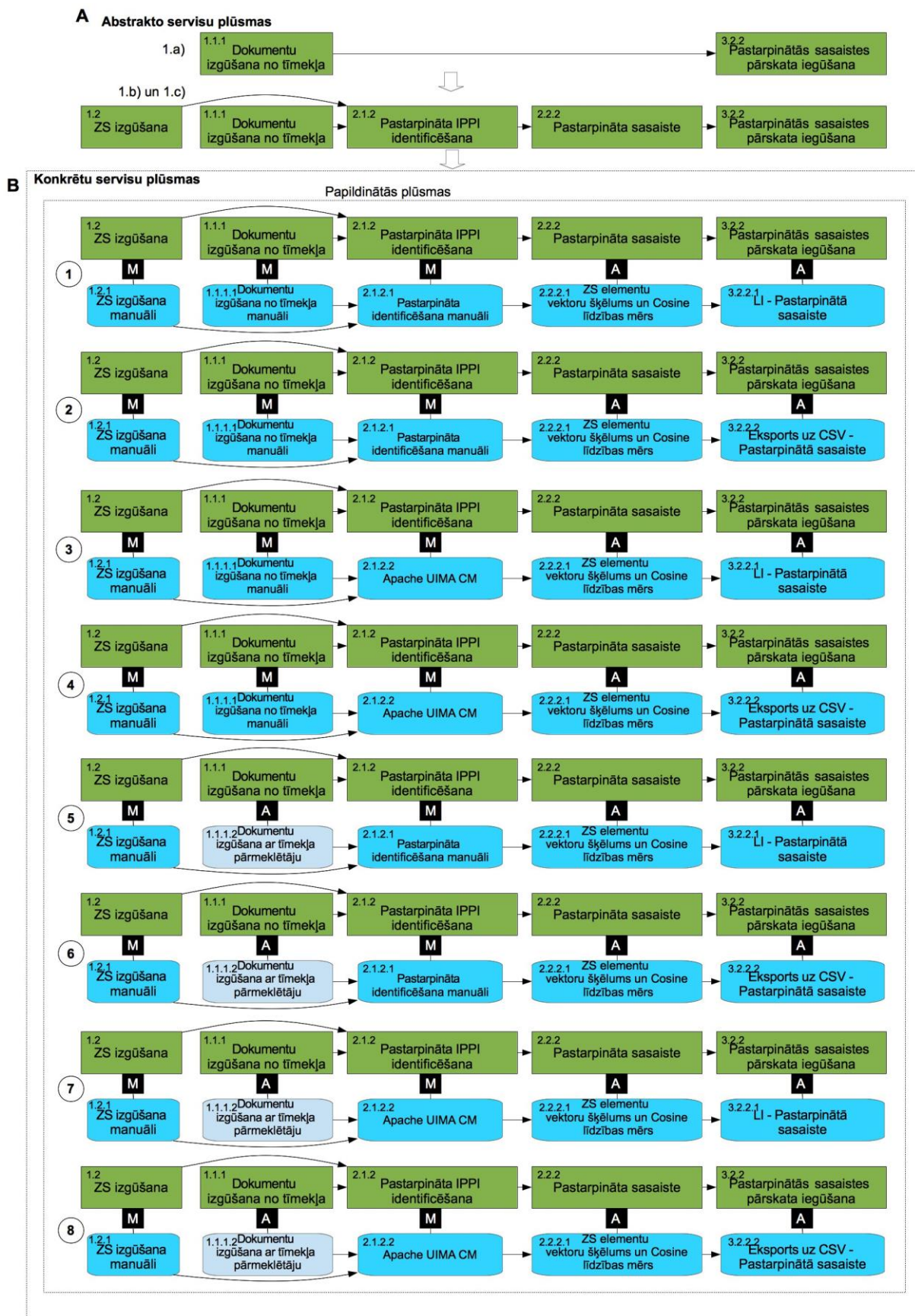
4.1.2. *EduMON* uzvedības dažādības modelis

EduMON uzvedības dažādības skatu veido mērķorientētie servisi ar to realizējošajām mērķorientētām servisu plūsmām. Kā jau tika minēts 3.5.1. sadaļā, mērķorientētos servissus formulē ar *EduMON* iezīmju modelī atspoguļotajiem abstraktajiem servisiem. Šajā sadaļā ir dots piemērs MSK metodes izmantošanai, lai iegūtu 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, MSK metodes pamatam ir izmantots 4.1. att. atspoguļotais *EduMON* iezīmju modelis un tiek izpildīti šādi soļi:

1. balstoties uz formulēto mērķorientēto servisu $MS_{(1.1.1; 3.2.2)}$, izveido abstraktu servisu plūsmu (skat. 4.2. att. A daļu):
 - a. sākotnējā servisu plūsma iekļauj divus abstraktus servissus, proti, servisu $S_{1.1.1}$ IPPI avotu dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un servisu $S_{3.2.2}$ IPPI avotu dokumentu pastarpinātās sasaistes iegūšanai;
 - b. plūsmu papildina ar servisam $S_{3.2.2}$ tieši nepieciešamo servisu $S_{2.2.2}$ IPPI avotu pastarpinātai sasaistei. Servisam $S_{2.2.2}$ ir nepieciešams serviss $S_{2.1.2}$ pastarpinātai IPPI identificēšanai, kuram savukārt ir nepieciešams serviss $S_{1.2}$ ZS izgūšanai. Līdz ar to plūsmu papildina arī ar šiem servisiem;
 - c. abstrakto servisu konkrētajiem servisiem nav netieši nepieciešami citi abstraktie servisi, tāpēc servisu plūsma vairs netiek papildināta;
2. izveido konkrēto servisu plūsmas, kas ir saskanīgas ar 1. solī iegūto sākotnējo abstrakto servisu plūsmu (1.a) un papildināto abstrakto servisu plūsmu (1.b). Servisam $S_{3.2.2}$ ir nepieciešami citi abstraktie servisi, tāpēc sākotnējai servisu plūsmai nav iespējams izveidot atbilstošu konkrēto servisu plūsmu. Savukārt papildinātajai abstrakto servisu plūsmai ir iespējami astoņi konkrēto plūsmu varianti (skat. 4.2. att. B daļu);
3. novērtējot pārejas starp plūsmā esošajiem servisiem, nav identificētas pārejas, kas nav iespējamās. Tātad rezultātā ir iegūtas astoņas pieņemamas konkrēto servisu plūsmas (skat. 4.2. att. B daļu). Novērtējot pārejas starp servisiem ar atšķirīgām automatizācijas pakāpēm, piemēram, starp servisiem manuālai dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem $S^M_{1.1.1.1}$ un pastarpinātai IPPI identificēšanai ar *Apache UIMA*

$S^A_{2.1.2.2}$ (skat. 4.2. att. B daļā plūsmu ar numuru 3), var secināt, ka šajā gadījumā ir jānodrošina pāreja, kas nodrošina ar servisu $S^M_{1.1.1.1}$ izgūto dokumentu nodošanu servisam $S^A_{2.1.2.2}$. Šo pāreju var realizēt kā ievades formu, kurā cilvēks ievada dokumenta saturu (piemēram, studiju kursa aprakstu) un saglabā to *EduMON* datu bāzē, tādējādi nodrošinot servisa izpildes rezultāta pieejamību automātiskajam IPPI identificēšanas servisam ($S^A_{2.1.2.2}$);

4. konkrēto servisu plūsmās iesaistītās puses ir nosakāmas atbilstoši VIPPIMON pamata servisu modelim, kurā ir norādīta ieinteresēto pušu dalība pamata servisu grupu servisos (skat. 3.2. sadaļu). Piemēram, izgūšanas grupas servisos iesaistītās puses ir atbildīgas par konkrētā servisa $S^M_{1.1.1.1}$ manuālai dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem izpildi. Savukārt analīzes grupas servisos iesaistītās puses ir atbildīgas par konkrētā servisa manuālai pastarpinātai IPPI identificēšanai $S^M_{2.1.2.1}$ izpildi. Pārējiem servisiem automatizācijas pakāpe ir A, tāpēc cilvēka iesaiste servisu izpildē nav nepieciešama.



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

Lai vienkāršākā veidā atspoguļotu mērķorientētā servisa $MS_{(1.1.1, 3.2.2)}$ realizējošo plūsmu variantus, tiek izmantots šāds formulējums (numuri pie plūsmu variantiem ir indikatīvi un norāda uz atbilstošo plūsmu 4.2. att. parādītajā grafiskajā atspoguļojumā):

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

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. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^A_{1.1.1.2}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{2.2.2.1}, S^A_{3.2.2.2}))$

Līdzīgā veidā ir uzdots mērķorientētais serviss $MS_{(1.1.1, 3.2.1)}$, kas paredzēts dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un tiešās sasaistes pārskata iegūšanai, kā arī mērķorientētais serviss $MS_{(1.1.1, 3.1.2)}$, kas paredzēts dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšanai. Tie attiecīgi ir atspoguļoti šādi:

$$MS^P_{(1.1.1, 3.2.1)} = U ($$

1. $\bullet (S^M_{1.1.1.1}, S^M_{2.1.1.1}, S^A_{2.2.1.1}, S^A_{3.2.1.1}),$
2. $\bullet (S^M_{1.1.1.1}, S^M_{2.1.1.1}, S^A_{2.2.1.1}, S^A_{3.2.1.2}),$
3. $\bullet (S^M_{1.1.1.1}, S^A_{2.1.1.2}, S^A_{2.2.1.1}, S^A_{3.2.1.1}),$
4. $\bullet (S^M_{1.1.1.1}, S^A_{2.1.1.2}, S^A_{2.2.1.1}, S^A_{3.2.1.2}),$
5. $\bullet (S^A_{1.1.1.2}, S^M_{2.1.1.1}, S^A_{2.2.1.1}, S^A_{3.2.1.1}),$
6. $\bullet (S^A_{1.1.1.2}, S^M_{2.1.1.1}, S^A_{2.2.1.1}, S^A_{3.2.1.2}),$
7. $\bullet (S^A_{1.1.1.2}, S^A_{2.1.1.2}, S^A_{2.2.1.1}, S^A_{3.2.1.1}),$
8. $\bullet (S^A_{1.1.1.2}, S^A_{2.1.1.2}, S^A_{2.2.1.1}, S^A_{3.2.1.2}));$

$$MS^P_{(1.1.1, 3.1.2)} = U ($$

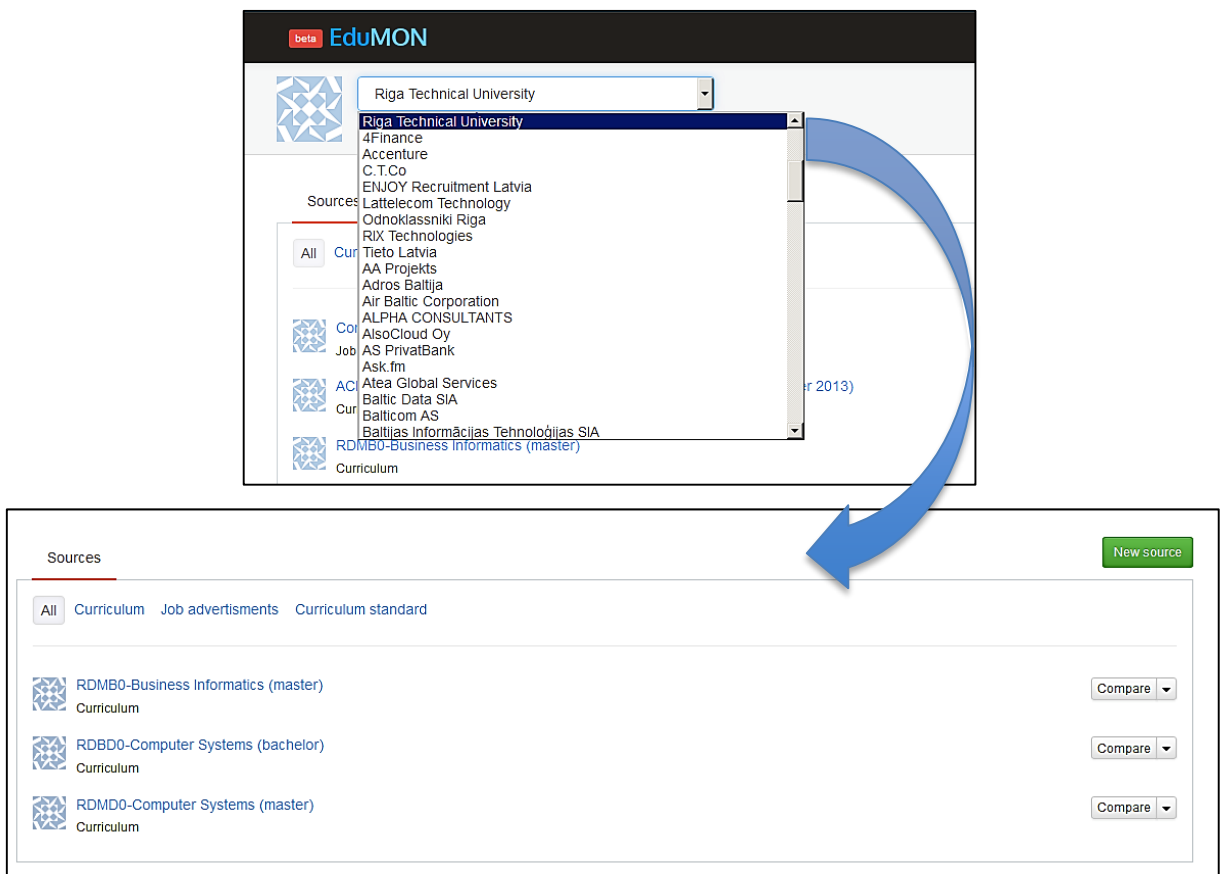
1. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^M_{2.1.2.1}, S^A_{3.2.2.1}),$
2. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^M_{2.1.2.1}, S^A_{3.2.2.2}),$
3. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{3.2.2.1}),$
4. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{3.2.2.2}),$
5. $\bullet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

7. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^A_{1.1.1.2}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{3.2.2.1}),$
8. $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^A_{1.1.1.2}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{3.2.2.2});$

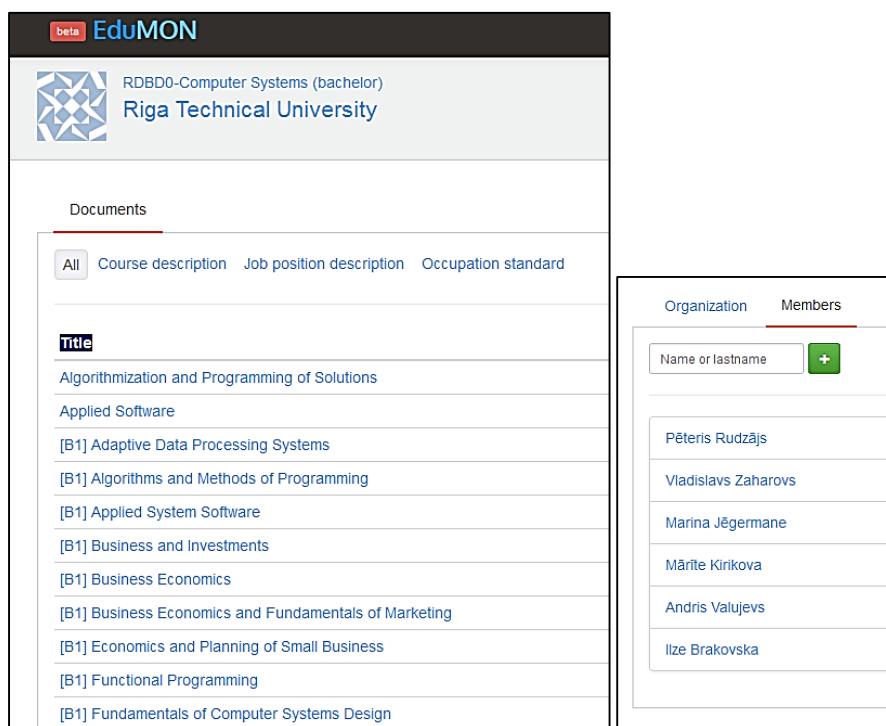
Nākamajās sadaļās ir doti *EduMON* konkrēto servisu implementācijas apraksti.

4.1.3. IPPI avotu glabāšana un pārskatīšana

Papildus IPPI monitoringa servisiem *EduMON* portālā ir izstrādāta funkcionalitāte dažāda tipa IPPI avotu glabāšanai un pārskatīšanai (piemēram, studiju kursu aprakstu un darba sludinājumu), kā arī IPPI monitoringā ieinteresēto pušu piekļuvei portālam, lai izpildītu servisu plūsmas un patērētu prezentācijas servisu. 4.3. att. attēlots organizācijas izvēles skats, kas paredzēts, lai atlasītu šīs organizācijas IPPI avotus. 4.3. att. A daļā attēlots IPPI avota dokumentu saraksta skats, kurā kā piemērs demonstrēti Rīgas Tehniskās universitātes «Datorsistēmas» studiju programmas kursi. Savukārt 4.3. att. B daļā attēlots skats ieinteresēto pušu piesaistei organizācijai. Ar šā skata nodrošināto funkcionalitāti var izveidot jaunus sistēmas lietotājus un piesaistīt tos noteiktai organizācijai.



4.3. att. Organizācijas izvēles skats (organizācijas IPPI avotu atlasīšanai)



4.4. att. A — IPPI avota dokumentu saraksta skats (piemērā attēloti Rīgas Tehniskās universitātes «Datorsistēmas» studiju programmas kursi). B — ieinteresēto pušu piesaiste organizācijai

4.1.4. Serviss IPPI avotu dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem

Izgūšanas grupas servisi (skat. 3.2. sadaļu) ir vieni no svarīgākajiem IPPI monitoringa sistēmas servisiem, jo piegādā sistēmai saturu, ko var analizēt un izplatīt sistēmā ieinteresētajām pusēm ar citu grupu servisu palīdzību. Šajā un 4.1.5. sadaļā ir doti apraksti diviem manuāli izpildāmiem servisiem, proti, servisam IPPI avotu dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un servisam zināšanu struktūru izgūšanai.

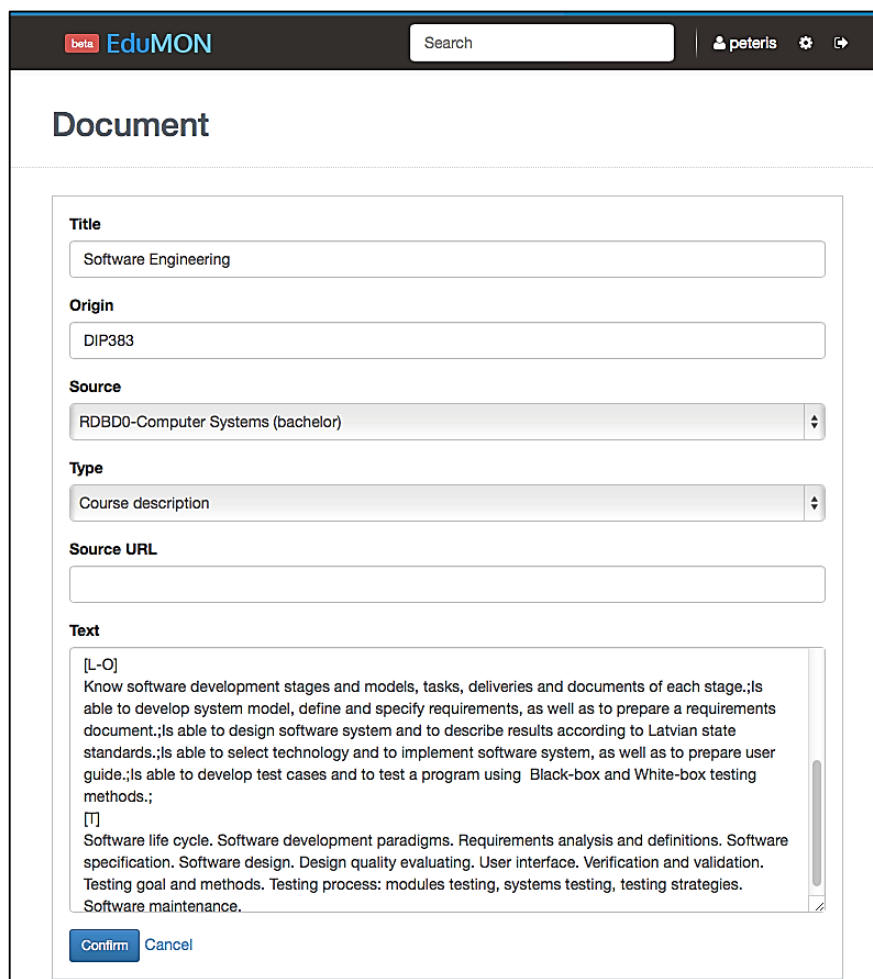
Serviss $S_{1.1.1.1}^M$ manuālai IPPI avotu dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem ir viens no servisiem, kas atbilst pamata servisu modelī iekļautajam servisam $S_{1.1}$ IPPI avotu dokumentu izgūšanai (skat. 3.2. sadaļā doto 3.2.att.). Pamata servisu plūsmu modelī servisam $S_{1.1}$ ir definēts izpildes priekšnosacījums (skat. 3.3. sadaļā doto formulējumu 3.1), proti, lai izpildītu šo servisu, IPPI avotu dokumentiem ir jābūt sasniedzamiem. Šis priekšnosacījums attiecas arī uz visiem šā servisa variantiem. Funkcionālās struktūras dažādības modelī serviss $S_{1.1.1.1}^M$ ir viens no realizācijas variantiem abstraktajam servisam $S_{1.1.1}$ IPPI avotu dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem. Savukārt sistēmas uzvedības dažādības modelī serviss $S_{1.1.1.1}^M$ ietilpst definēto mērķorientēto servisu $MS_{(1.1.1, 3.1.2)}$, $MS_{(1.1.1, 3.2.1)}$ un $MS_{(1.1.1, 3.2.2)}$ (skat. 4.1.2. sadaļu) realizējošo konkrēto servisu plūsmās.

Servisa izpildē jāveic šādi soļi:

1. apmeklēt IPPI avotu;

2. izgūt IPPI avota dokumentus.

IPPI avotu dokumentu izgūšanas rezultātā tie tiek saglabāti, piemēram, teksta failos. Lai nodrošinātu servisa manuālai dokumentu izgūšanai rezultātu pieejamību citiem *EduMON* servisiem, ir jārealizē lietotāja interfeiss šo dokumentu ievadei un saglabāšanai datu bāzē. *EduMON* portālā ir realizēts šāds lietotāja interfeiss dokumentu ievadei un saglabāšanai *EduMON* datu bāzē (skat. 4.5. att.; ievades lauks *Text* ir paredzēts IPPI saturošā dokumenta teksta ievadei).



The screenshot shows the 'Document' form in the EduMON portal. The form has a header with the EduMON logo and a search bar. The main content area is titled 'Document' and contains several input fields: 'Title' (Software Engineering), 'Origin' (DIP383), 'Source' (RDBD0-Computer Systems (bachelor)), 'Type' (Course description), and 'Source URL'. Below these fields is a large 'Text' area containing a detailed description of software development stages and testing methods. At the bottom of the form are 'Confirm' and 'Cancel' buttons.

4.5. att. Realizētā IPPI avota dokumenta ievades forma *EduMON* portālā

Papildu dokumenta teksta ievadei formā tiek norādīts arī dokumenta nosaukums (*Title*), dokumenta identifikators avotā (*Origin*), piederība IPPI avotam (*Source*), dokumenta tips (*Type*) un saite uz dokumentu avota sistēmā (*Source URL*).

4.1.5. Serviss zināšanu struktūru izgūšanai

Serviss $S_{1,2,1}^M$ manuālai zināšanu struktūru (ZS) izgūšanai ir konkrētais serviss, kas atbilst pamata servisu modelī iekļautajam servisam $S_{1,2}$ ZS izgūšanai (skat. 3.2. sadaļā doto 3.2.att.). Pamata servisu plūsmu modelī servisam $S_{1,2}$ ir definēts izpildes priekšnosacījums (skat.

3.3. sadaļā doto formulējumu 3.2), proti, lai izpildītu šo servisu, zināšanu struktūrai ir jābūt sasniedzamai. Funkcionālās struktūras dažādības modelī serviss $S_{1.2.1}^M$ ir realizācijas variants abstraktajam pamata servisam $S_{1.2}$. Savukārt sistēmas uzvedības dažādības modelī serviss $S_{1.2.1}^M$ ietilpst mērķorientēto servisu $MS_{(1.1.1, 3.1.2)}$ un $MS_{(1.1.1, 3.2.2)}$ (skat. 4.1.2. sadaļu) realizējošo konkrēto servisu plūsmās. Šie servisi paredz pastarpināti identificētā IPPI un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskatu iegūšanu

Servisa izpildē jāveic šādi soļi:

1. apmeklēt tīmekļa vai citus resursus, kur ir pieejama interesējošā zināšanu struktūra;
2. izgūt šo zināšanu struktūru.

Servisa $S_{1.2.1}^M$ darbības rezultātā izgūtā zināšanu struktūra tiek saglabāta, piemēram, teksta failos. Taču, lai nodrošinātu šā servisa rezultāta pieejamību citiem *EduMON* servisiem, ir jārealizē pāreja starp šiem servisiem, proti, zināšanu struktūra ir jātransformē uz citiem servisiem izmantojamu formātu. Piemēram, automātiskajam IPPI identificēšanas servisam, kas izmanto *Apache UIMA* (skat. 4.1.6. sadaļu), zināšanu struktūra ir nepieciešama *XML* formāta datnē (skat. 4.6. att.). *XML* formāta datnē katrs zināšanu struktūras elements ir norādīts `<token>` tagos, un katram elementam ir norādīti arī sinonīmi `<variant>` tagā. 4.6. att. dotajā piemērā ir norādīts, ka «Data management systems» sinonīmi ir «Data management system», «databases», «database», «dbms», «database management systems» un «database management systems». Papildus `<token>` tagā var norādīt dažādus atribūtus, kur būtiskākais ir `dict`, kas norāda elementa piederību kādai konkrētai zināšanu struktūrai.

```
<token canonical="Data management systems" dict="ACM-CCS-2012-SKOS"
  uri="http://totem.semedica.com/taxonomy/ACM-CCS#10002952" lang="en" isPhrase="false">
  <variant base="Data management systems" isPhrase="false" />
  <variant base="data management system" lang="en" isPhrase="false"/>
  <variant base="databases" lang="en" isPhrase="false"/>
  <variant base="database" lang="en" isPhrase="false"/>
  <variant base="dbms" lang="en" isPhrase="false"/>
  <variant base="database management system" lang="en" isPhrase="false"/>
  <variant base="database management systems" lang="en" isPhrase="false"/>
</token>
```

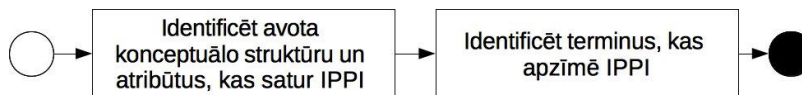
4.6. att. Piemērs ACM-CCS zināšanu struktūras elementa «data management systems» atspoguļojumam *XML* formāta failā izmantošanai automātiskajā IPPI identificēšanas servisā, kas izmanto *Apache UIMA* teksta analīzes platformu

4.1.6. Serviss pastarpinātai IPPI identificēšanai

Balstoties uz pētījumu rezultātiem par IPPI avotu strukturētu atspoguļošanu un dokumentu analīzes risinājumiem (skat. 2.1.2. un 2.1.3. sadaļu), tika secināts, ka strukturētai atspoguļošanai ir izmantojamas zināšanu struktūras, savukārt analīzei — dabīgās valodas apstrādes metodes, kas implementētas teksta analīzes platformās. Šajā sadaļā ir dots tiešās un pastarpinātās IPPI identificēšanas servisu darbības principu apraksts (tie sākotnēji aprakstīti

promocijas darba autora publikācijās [51]–[57], [144], [153]), kā arī izstrādātā automātiskā pastarpinātās IPPI identificēšanas servisa apraksts (servisa darbības apraksts sākotnēji aprakstīts promocijas darba autora veikto pētījumu rezultātu atskaitē valsts pētījumu programmas projekta «Uz ontoloģijām un modeļu transformācijām balstītās jaunās informācijas tehnoloģijas un to lietojumi» Rīgas Tehniskās universitātes apakšprojekta uzdevumam [151]). IPPI identificēšanas serviss ir būtisks, jo servisa darbības rezultātā tiek nodrošināta iespēja izpildīt IPPI avotu dokumentu sasaistes servisu, balstoties uz identificēto IPPI. Tādējādi šis serviss sekmē ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu.

Ņemot vērā, ka IPPI identificēšana ir jāveic tās avotu dokumentos, tad vispirms ir jāveic IPPI avota dokumenta konceptuālās struktūras (skat. 2.1.1. sadaļu) analīze, identificējot tajā elementus, kas satur IPPI, un tad ir jāveic IPPI identificēšana šajos elementos. Šis process ir atspoguļots 4.7. att.



4.7. att. IPPI identificēšanas process

VIPPIMON pamata servisu modelī IPPI identificēšanas servisam ir noteikti divi varianti, proti, tiešā un pastarpinātā identificēšana. Tiešās identificēšanas gadījumā tiek izveidots dokumenta teksta terminu vektors jeb dokumenta d attēlojums terminu vektorā $\vec{V}(d)$ (skat. 4.8. att. A. daļu). Servisa izpildīto funkciju (skat. 3.2. un 3.3 sadaļas) uzdod:

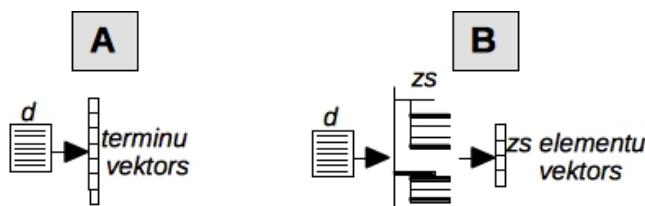
$$IdentificētIPPI(d): d \rightarrow \vec{V}(d), \quad (4.1.)$$

kur dokuments d pieder IPPI avotu dokumentu kopai D , $d \in D$.

Savukārt pastarpinātās IPPI identificēšanas gadījumā tiek izveidots dokumentā atspoguļoto zināšanu struktūras elementu vektors jeb dokumenta d attēlojums zs zināšanu struktūras elementu vektorā $\vec{zs}(d)$ (skat. 4.8. att. B. daļu). Pastarpinātā IPPI identificēšanas servisa izpildīto funkciju uzdod:

$$IdentificētIPPI(d, zs): d \rightarrow \vec{zs}(d), \quad (4.2.)$$

kur dokuments d pieder IPPI avotu dokumentu kopai D , $d \in D$, un zs pieder zināšanu struktūru kopai ZS , $zs \in ZS$.



4.8. att. Tiešās (A) un pastarpinātās (B) IPPI identificēšanas principi

Pastarpinātā IPPI identificēšanā ir jāveic divi soļi, proti, analizēt/iepazīties ar zināšanu struktūru un, analizējot dokumentu, identificēt tajā zināšanu struktūras elementus, izveidojot atbilstošu elementu vektoru.

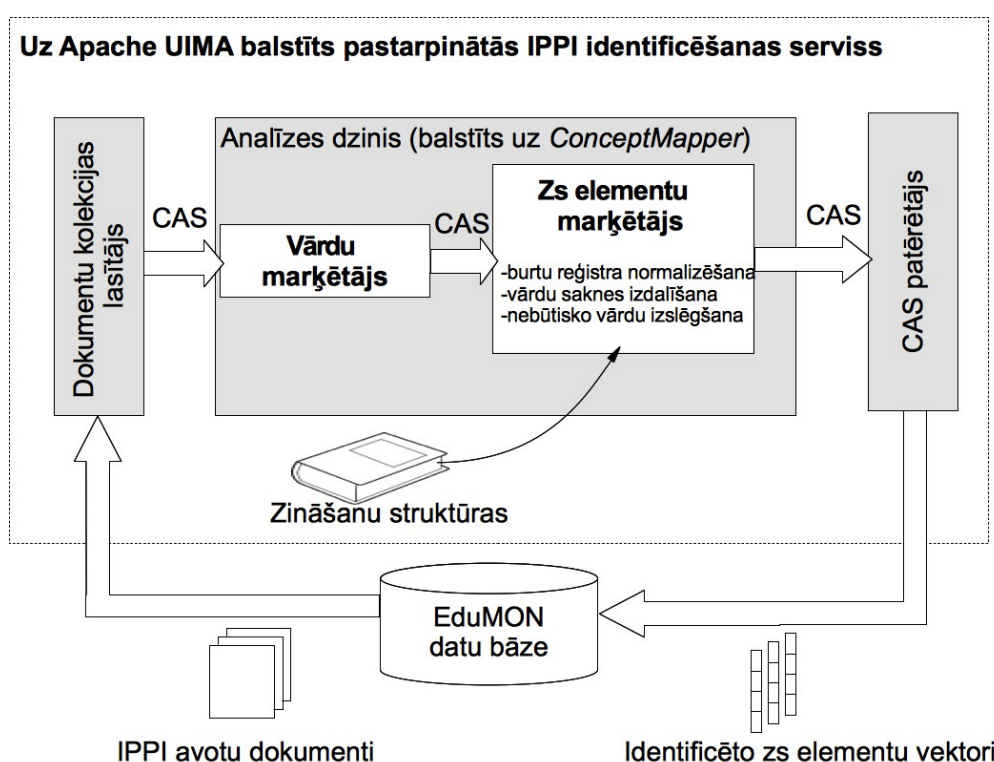
Lai izpildītu servisu, kas izmanto tiešās IPPI identificēšanas principus, ir jābūt pieejamam dokumentu izgūšanas servisa rezultātam (t. i., ir jābūt pieejamiem dokumentiem) (skat. 3.3. formulējumu 3.3. sadaļā). Savukārt pastarpinātās IPPI identificēšanas servisam ir jābūt pieejamiem ne tikai dokumentiem, bet arī zināšanu struktūrai (skat. 3.4. formulējumu).

Serviss $S_{2.1.2.2}^A$ pastarpinātai IPPI identificēšanai, izmantojot *Apache UIMA* ir viens no servisiem, kas atbilst pamata servisu modelī iekļautajam servisam $S_{2.1}$ IPPI identificēšanai (skat. 3.2. sadaļā doto 3.2. att.). Atbilstoši pamata servisu modelī definētajai variācijas prasībai $V(S_{2.1})$, servisam $S_{2.1}$ ir divi varianti, proti, tiešās un pastarpinātās IPPI identificēšanas servisi $S_{2.1.1}$ un $S_{2.1.2}$. Pamata servisu plūsmu modelī servisa $S_{2.1}$ variantam $S_{2.1.2}$ pastarpinātai IPPI identificēšanai ir definēts izpildes priekšnosacījums (skat. 3.3. sadaļā doto formulējumu 3.4.): lai izpildītu šo servisu, IPPI avotu dokumentiem un zināšanu struktūrai ir jābūt izgūtiem. Šis priekšnosacījums attiecas arī uz visiem šā servisa realizācijas variantiem. Funkcionālās struktūras dažādības modelī serviss $S_{2.1.2.2}^A$ ir viens no realizācijas variantiem abstraktajam servisam $S_{2.1.2}$ pastarpinātai IPPI identificēšanai. Savukārt sistēmas uzvedības dažādības modelī serviss $S_{2.1.2.2}^A$ ietilpst mērķorientētos servisos $MS_{(1.1.1, 3.1.2)}$ un $MS_{(1.1.1, 3.2.2)}$ (skat. 4.1.2. sadaļu) realizējošo konkrēto servisu plūsmās.

Kā jau tika minēts 2.1.3. sadaļā, *Apache UIMA* ir teksta analīzes platforma, kas nodrošina teksta analīzes uzdevumu secīgu izpildi. Platforma specificē šādus galvenos komponentus: dokumentu kolekciju lasītājus, marķētājus (angl. *annotators*), analīzes dziņus un analīzes rezultātu patērētājus [71]. Marķētāju galvenais uzdevums ir teksta dokumentos marķēt vārdus vai frāzes, kas ir nozīmīgi izvēlētajā problēmvidē. Analīzes dziņi sastāv no viena vai vairākiem secīgi izpildāmiem marķētājiem. Lai analīzes dzinim piegādātu apstrādājamus dokumentus, *Apache UIMA* tiek izmantoti dokumentu kolekciju lasītāji. Savukārt, lai veiktu analīzes rezultātu apstrādi (piemēram, to saglabāšanu datu bāzē), tiek izmantoti analīzes rezultātu patērētāji. Datu apmaiņai un koplietošanai *Apache UIMA* komponentu starpā tiek izmantota speciāla datu struktūra *CAS* (angl. *Common Analysis Structure*).

Pamatā automātiskai IPPI identificēšanai promocijas darbā ir izmantots *Apache UIMA* piedāvātais *ConceptMapper* (CM) [154] analīzes dzinis, kam ir adaptēta konfigurācija (konfigurācijas apraksts ir dots 5. pielikumā), lai tas spētu dokumentu tekstā identificēt 2.1.2. sadaļā identificēto zināšanu struktūru elementus. Šis analīzes dzinis sastāv no vārdu marķētāja un zināšanu struktūru elementu marķētāja, kas izmanto servisa $S_{1.2.1}^M$ manuālai ZS

izgūšanai izgūtās zināšanu struktūras. Kā jau minēts iepriekš, bez analīzes dziņiem ir nepieciešams arī dokumentu kolekciju lasītājs un analīzes rezultātu patērētājs. Šim nolūkam tika izstrādāts IPPI avotu dokumentu kolekcijas lasītājs, kas pieslēdzas *EduMON* datu bāzei un ar *SQL* vaicājumu palīdzību izgūst analizējamus dokumentus. Tika izstrādāts arī analīzes rezultātu patērētājs, kas analīzes rezultātus saglabā *EduMON* datu bāzē, lai padarītu tos pieejamus citiem *EduMON* servisiem, piemēram, servisam $S_{2.2.2.2}^A$ pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei vai prezentācijas servisiem. Uz *Apache UIMA* balstītā automātiskā IPPI identificēšanas servisa $S_{2.1.2.2}^A$ iekšējā arhitektūra parādīta 4.9. att.



4.9. att. Uz *Apache UIMA* balstītā automātiskā IPPI identificēšanas servisa iekšējā arhitektūra. CAS — speciāla datu struktūra datu apmaiņai un koplietošanai *Apache UIMA* komponentu starpā. Zs — zināšanu struktūra

Vārdu marķētājs identificē tekstā visus vārdus, savukārt *zs elementu marķētājs* pirms zināšanu struktūru elementu identificēšanas tekstā veic vārdu priekšapstrādi, proti, burtu reģistra normalizēšanu (t. i., lielo burtu pārveidošanu mazajos), vārdu saknes izdalīšanu, lai varētu identificēt vārdus dažādos locījumos (arī daudzskaitlī un vienskaitlī), nebūtisko vārdu (angl. *stopwords*) [155] izslēgšanu. Piemēram, zināšanu struktūrā ir elements «*software systems development*», bet dokumenta tekstā ir termins «*Software and system development*». Redzams, ka šīs frāzes nav vienādas, jo vienā gadījumā vārds «*system*» ir daudzskaitlī, bet otrā — vienskaitlī, pirmajā gadījumā *software* ir ar mazo burtu, bet otrā — ar lielo, kā arī otrajā

gadījumā ir arī tā saucamais nebūtiskais vārds «and». Ja netiek veikta vārdu priekšapstrāde, automatizētajam risinājumam nebūs iespējams šos zināšanu struktūras elementu identificēt. Savukārt, veicot burtu reģistra normalizēšanu, vārdu saknes izdalīšanu un nebūtisko vārdu izslēgšanu, šā elementa identificēšana ir iespējama, jo gan no «*software systems development*», gan no «*Software and system development*» tiek iegūtas vienādas frāzes: «*softwar system develop*».

Kā tika minēts nodaļas sākumā dotajā 4.1. tabulā, *EduMON* portālā ir nodrošināti arī prezentācijas servisi. Servisa $S^A_{2.1.2.2}$ pastarpinātai IPPI identificēšanai, izmantojot *Apache UIMA*, darbības rezultāti tiek attēloti ar *EduMON* portāla nodrošināto prezentācijas servisu $S^A_{3.1.2.1}$ (pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšana, izmantojot lietotāju interfeisu). Prezentācijas servisa darbības rezultāta piemērs, attēlojot kursā «*Software engineering*» automātiski identificēto IPPI (t. i., *ACM-CCS* zināšanu struktūras elementus), parādīts 4.10. att. lejasdaļā.

[C-O-D-E]: DIP383 [T-Y-P-E]: A

[T-I-T-L-E]: Software Engineering

[G-O-A-L]

The goal of the course is to present to students models and methods of software engineering as well as to teach them how to develop and document software systems using models and methods.

Objectives of the course: 1) to view software life cycle, analyzing goals and objectives of each stage of the cycle; 2) to analyze software development models: software classes, techniques, advantages and disadvantages; 3) to train students practically use obtained knowledge in software system development.

[L-O]

Know software development stages and models, tasks, deliveries and documents of each stage.;Is able to develop system model, define and specify requirements, as well as to prepare a requirements document.;Is able to design software system and to describe results according to Latvian state standards.;Is able to select technology and to implement software system, as well as to prepare user guide.;Is able to develop test cases and to test a program using Black-box and White-box testing methods.;

[T]

Software life cycle. Software development paradigms. Requirements analysis and definitions. Software specification. Software design. Design quality evaluating. User interface. Verification and validation. Testing goal and methods. Testing process: modules testing, systems testing, testing strategies. Software maintenance.

Keywords

ACM-CCS-2012-SKOS

classes and objects

designing software

modeling and simulation

requirements analysis

software maintenance

systems development

testing, certification and licensing

database views

documentation

modeling methodologies

software and its engineering

software organization and properties

technologies

validation

verification

design

evaluation

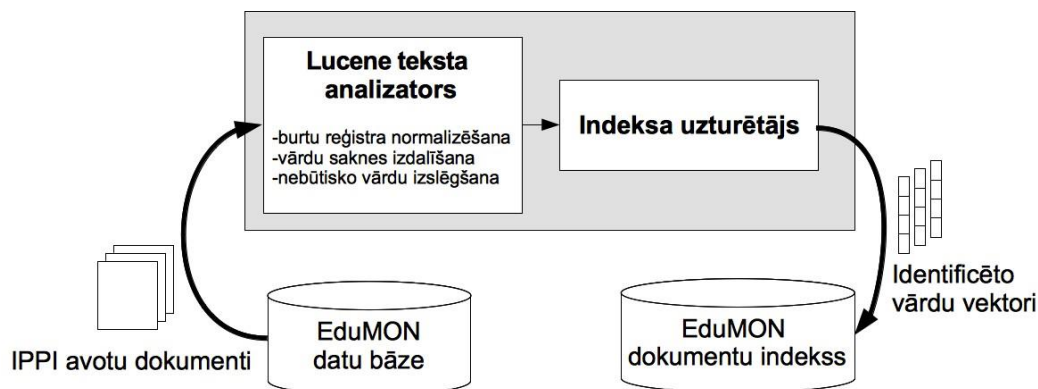
4.10. att. *EduMON* portālā realizētā prezentācijas servisa «Pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšana, izmantojot lietotāju interfeisu» darbības rezultāts (attēla lejasdaļā)

4.1.7. Servisi tiešai IPPI identificēšanai un tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei

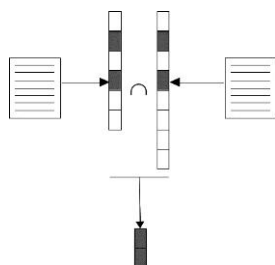
Abstraktie servisi $S_{2.1.1}$ un $S_{2.2.1}$ tiešai IPPI identificēšanai un tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei ir varianti pamata servisu modelī iekļautajiem servisiem $S_{2.1}$ un $S_{2.2}$ IPPI identificēšanai un IPPI avotu dokumentu sasaistei. Pamata servisu plūsmu modelī servisa $S_{2.1}$ variantam $S_{2.1.1}$ tiešai IPPI identificēšanai ir definēts izpildes priekšnosacījums, proti, lai izpildītu šo servisu, IPPI avotu dokumentiem ir jābūt izgūtiem (skat. 3.3. sadaļā doto 3.3. formulējumu). Savukārt servisa $S_{2.2}$ variantam $S_{2.2.1}$ tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei servisam pamata servisu plūsmas modelī ir definēts priekšnosacījums, ka ir jābūt pieejamam servisa $S_{2.1.1}$ tiešai IPPI identificēšanai darbības rezultātam (skat. 3.5. formulējumu). Šie priekšnosacījumi attiecas arī uz visiem šo servisu realizācijas variantiem. Šiem servisiem funkcionālās struktūras dažādības modelī ir identificēti realizācijas varianti, proti, serviss $S_{2.1.1.2}^A$ tiešai IPPI identificēšanai ar *Lucene* indeksētāju un serviss $S_{2.2.1.1}^A$ tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei, izmantojot *Lucene* teksta meklētāju. Savukārt sistēmas uzvedības dažādības modelī $S_{2.1.1.2}^A$ un $S_{2.2.1.1}^A$ servisi ietilpst konkrēto servisu plūsmās, kas realizē mērķorientēto servisu $MS_{(1.1.1, 3.2.1)}$ (skat. 4.1.2. sadaļu)..

Serviss tiešai IPPI identificēšanai ar *Lucene* indeksētāju $S_{2.1.1.2}^A$ un serviss tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei, izmantojot *Lucene* teksta meklētāju $S_{2.2.1.1}^A$, pamatā izmanto teksta indeksēšanas un meklēšanas programmatūras bibliotēku *Lucene* [152]. Šī bibliotēka ir integrēta *EduMON* portālā, nodrošinot minēto servisu darbību. Servisā $S_{2.1.1.2}^A$ tiešai IPPI identificēšanai tiek veikta IPPI avota dokumentu teksta analīze, pārvēršot tos vārdu vektoros (skat. 4.1. formulējumā uzdoto tiešās identificēšanas principu), tādējādi izveidojot dokumentu indeksu (skat. arī 4.11. att.). Teksta analīzes procesā tiek veikta vārdu saknes izdalīšana, nebūtisko vārdu izslēgšana un burtu reģistra normalizēšana (līdzīgi kā 4.1.6. sadaļā aprakstītajam servisam). Savukārt serviss $S_{2.2.1.1}^A$ tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei pamatā izmanto *Lucene* meklēšanas funkcionalitāti, kas veic meklēšanu (ko var definēt arī kā IPPI avotu dokumentu sasaisti), izmantojot iepriekš izveidoto dokumentu indeksu. Šā servisa iekšējā arhitektūra parādīta 4.13. att. Tiešo IPPI avotu dokumentu sasaisti uzdod kā šķēlumu starp dokumentu $d1$ un $d2$ vārdu vektoriem $\vec{V}(d1)$ un $\vec{V}(d2)$, kas iegūti, izpildot tiešās IPPI identificēšanas servisu funkciju (ilustratīvi parādīts arī 4.12. att.):

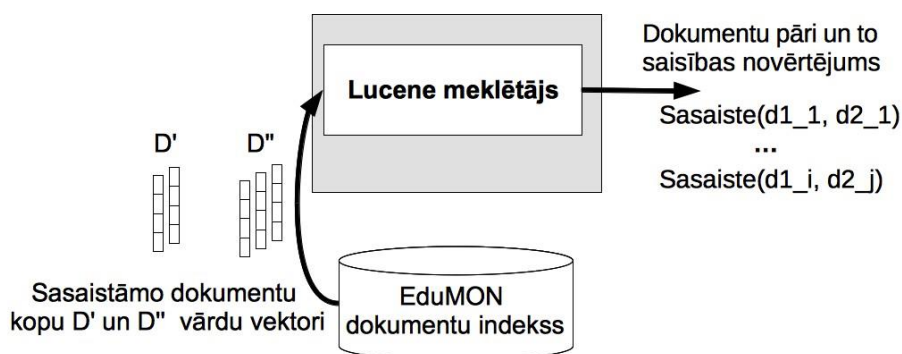
$$Sasaistīt(d1,d2): IdentificētIPPI(d1) \cap IdentificētIPPI(d2) \quad (4.3.)$$



4.11. att. Uz *Lucene* teksta indeksētāju balstītā automātiskā tiešās IPPI identificēšanas servisa iekšējā arhitektūra



4.12. att. Dokumentu vārdu vektoru šķelums



4.13. att. Uz *Lucene* teksta meklētāja balstītā automātiskā tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes servisa iekšējā arhitektūra

Dokumentu sasaistes rezultātu sakārtošanai (*līdzīgāko* dokumentu identificēšanai) ir izmantots *Lucene* piedāvātais dokumentu saistības novērtēšanas algoritms. Algoritma izpildē tiek ņemti vērā tādi parametri kā vārdu atkārtošanās biežums dokumentā, vārdu atkārtošanās biežums dokumentu kopā (piemēram, IPPI avotā) un citi parametri. Plašāka informācija par dokumentu saistības novērtēšanas algoritmu ir pieejama *Lucene* projekta tīmekļa vietnē¹⁶, un sīkāk tas promocijas darbā netiek iztirzāts.

¹⁶ *Lucene* dokumentu saistības novērtēšana:
https://lucene.apache.org/core/4_0_0/core/org/apache/lucene/search/similarities/TFIDFSimilarity.html

Kā jau tika minēts nodaļas sākumā dotajā 4.1. tabulā, *EduMON* portālā ir nodrošināti arī prezentācijas servisi. Servisa $S_{2.2.1.1}^A$ tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei, izmantojot *Lucene* teksta meklētāju, darbības rezultāti tiek attēloti ar *EduMON* portāla nodrošināto servisu $S_{3.2.1.1}^A$ tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai, izmantojot lietotāja interfeisu. Šā servisa darbības rezultāta piemērs, attēlojot kursa «*Software engineering*» un citu RTU studiju programmas «*Datorsistēmas*» studiju kursu sasaisti, parādīts 4.14. att.

Software Engineering	+ [C] Software Testing Basics	1.000	0.389
	+ [B1] Software Evolution Technologies	0.825	0.321
	+ [C] Modern Web Technologies for Software Development	0.602	0.234
	+ Introduction to Study Field	0.566	0.228
	+ [B1] System Engineering	0.411	0.160
	+ Programming Languages	0.368	0.143
	+ [C] Aspect-Oriented Programming	0.347	0.135
	+ [C] Software Development Environments for Visualization	0.324	0.126
	+ [B1] Fundamentals of Computer Systems Design	0.316	0.123

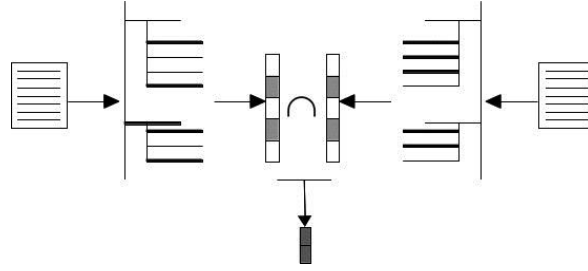
4.14. att. Tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata servisa darbības rezultāts

4.1.8. Serviss pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei

Abstraktais serviss $S_{2.2.2}$ pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei ir variants pamata servisu modelī iekļautajam servisam $S_{2.2}$ IPPI avotu dokumentu sasaistei. Servisam $S_{2.2.2}$ pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei pamata servisu plūsmas modelī ir definēts priekšnosacījums, ka ir jābūt pieejamam servisa $S_{2.1.2}$ pastarpinātai IPPI identificēšanai darbības rezultātam (skat. 3.3. sadaļu 3.6. formulējumu). Šim servisam funkcionālās struktūras dažādības modelī viens no realizācijas variantiem ir identificēts un realizēts serviss $S_{2.2.2.1}^A$ pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus un *Cosine* [156] līdzības mēru. Sistēmas uzvedības dažādības modelī serviss $S_{2.2.2.1}^A$ ietilpst mērķorientēto servisu $MS_{(1.1.1, 3.2.2)}$ (skat. 4.1.2. sadaļu) realizējošo konkrēto servisu plūsmās.

Serviss pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei iegūst dokumentu sasaisti, balstoties uz *zs* elementu vektoru $\vec{zs}(d1)$ un $\vec{zs}(d2)$ šķēlumu (ilustratīvi parādīts arī 4.15. att.; servisa darbības princips sākotnēji aprakstīts promocijas darba autora publikācijās [51]–[57], [144], [153]):

$$Sasaistīt(d1,d2,zs): IdentificētIPPI(d1,zs) \cap IdentificētIPPI(d2,zs) \quad (4.4.)$$



4.15. att. ZS elementu vektoru šķēlums

Dokumentu sasaistes rezultātu sakārtošanai (*līdzīgāko* dokumentu identificēšanai) ir izmantojamas dažādas dokumentu līdzības metrikas, no kurām populārākā ir *Cosine* līdzības metrika [156], [157]. Šī metrika ir izvēlēta IPPI avotu dokumentu sasaistes rezultātu sakārtošanai. Detalizētāka līdzības metriku analīze promocijas darbā netiek veikta, jo ir ārpus darba mērķa. Divu dokumentu līdzības noteikšanai ar *Cosine* līdzības mēru tiek izmantoti šajos dokumentos identificēto zināšanu struktūras elementu vektori. *Cosine* līdzību aprēķina pēc šādas formulas:

$$\cos(\vec{V}(d_1), \vec{V}(d_2)) = \frac{\vec{V}(d_1) \cdot \vec{V}(d_2)}{|\vec{V}(d_1)| |\vec{V}(d_2)|}, \quad (4.5.)$$

kur dalāmais ir skalārais vektoru $\vec{V}(d_1)$ un $\vec{V}(d_2)$ reizinājums, savukārt dalītājs ir šo vektoru Eiklīda garumu reizinājums. Skalāro vektoru reizinājumu $\vec{x} \cdot \vec{y}$ definē kā $\sum_{i=1}^M x_i y_i$. Pieņemot, ka $\vec{V}(d)$ ir dokumenta d vektors ar M komponentiem $\vec{V}_1(d) \dots \vec{V}_M(d)$, dokumenta d Eiklīda garums ir definēts kā $\sqrt{\sum_{i=1}^M \vec{V}_i^2(d)}$. Piemēram, d_1 ir Rīgas Tehniskās universitātes bakalaura līmeņa studiju programmas «Datorsistēmas» kurss «*Software engineering*», d_2 ir šīs pašas programmas kurss «*Software testing basics*», un attiecīgi $\vec{V}(d_1) = \overline{zs}(d_1)$ un $\vec{V}(d_2) = \overline{zs}(d_2)$ ir šajos dokumentos identificēto zināšanu struktūras elementu vektori (skat. 4.3. tabulu, kur katrs elements no salīdzināmiem dokumentiem ir atspoguļots kā vektora komponents; vērtība 1 otrajā un trešajā tabulas kolonā norāda, ka elements ir identificēts dokumentā, savukārt 0 — elements nav identificēts dokumentā). Šo dokumentu līdzība pēc *Cosine* līdzības mēra ir aprēķināta šādi:

$$\begin{aligned} \overline{zs}(d_1) \cdot \overline{zs}(d_2) &= \\ &= 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + \\ &+ 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + \\ &+ 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 = 5 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^M \overline{zs}_i^2(d_1) =$$

$$= 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 +$$

$$+ 1^2 + 1^2 + 1^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 = 17$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^M \overline{zs}_i^2(d_1)} = \sqrt{17} = 4.12310562562$$

$$\sum_{i=1}^M \overline{zs}_i^2(d_2) =$$

$$= 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 +$$

$$+ 0^2 + 0^2 + 0^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 = 9$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^M \overline{zs}_i^2(d_2)} = \sqrt{9} = 3$$

$$\cos(\overline{zs}(d_1), \overline{zs}(d_2)) = \frac{5}{4.12310562562 \cdot 3} = 0.404226041727$$

4.3. tabula. Kursos «Software engineering» (d₁) un «Software testing basics» (d₂) identificătie zs elementi

zs elementi	$\overline{zs}(d_1)$	$\overline{zs}(d_2)$
design	1	1
documentation	1	1
testing, certification and licensing	1	1
validation	1	1
verification	1	1
classes and objects	1	0
database views	1	0
designing software	1	0
evaluation	1	0
modeling and simulation	1	0
modeling methodologies	1	0
requirements analysis	1	0
software and its engineering	1	0
software maintenance	1	0
software organization and properties	1	0
systems development	1	0
technologies	1	0
automation	0	1
basic	0	1
procedures, functions and subroutines	0	1
software testing and debugging	0	1

Servisa $S_{2.2.2.1}^A$ pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei darbības rezultāti tiek attēloti ar *EduMON* portāla nodrošināto servisu $S_{3.2.2.1}^A$ pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai, izmantojot lietotāja interfeisu. Šā servisa darbības rezultāta piemērs, attēlojot kursa «*Software engineering*» un citu RTU studiju programmas «Datorsistēmas» studiju kursu sasaisti, izmantojot ACM-CCS zināšanu struktūru, parādīts 4.16. att.

Software Engineering	+ Software Engineering	1.000
	+ [C] Introduction to Object-Oriented Technology	0.485
	+ Introduction to Study Field	0.439
	+ [C] Software Testing Basics	0.404
	+ [B1] Software Evolution Technologies	0.376

Software Engineering	+ Software Engineering	1.000
	+ [C] Introduction to Object-Oriented Technology	0.485
	+ Introduction to Study Field	0.439
	+ [C] Software Testing Basics	0.404

(ACM-CCS-2012-SKOS) design	(ACM-CCS-2012-SKOS) design
(ACM-CCS-2012-SKOS) documentation	(ACM-CCS-2012-SKOS) documentation
(ACM-CCS-2012-SKOS) testing, certification and licensing	(ACM-CCS-2012-SKOS) testing, certification and licensing
(ACM-CCS-2012-SKOS) validation	(ACM-CCS-2012-SKOS) validation
(ACM-CCS-2012-SKOS) verification	(ACM-CCS-2012-SKOS) verification
(ACM-CCS-2012-SKOS) classes and objects	
(ACM-CCS-2012-SKOS) database views	
(ACM-CCS-2012-SKOS) designing software	
(ACM-CCS-2012-SKOS) evaluation	
(ACM-CCS-2012-SKOS) modeling and simulation	
(ACM-CCS-2012-SKOS) modeling methodologies	
(ACM-CCS-2012-SKOS) requirements analysis	

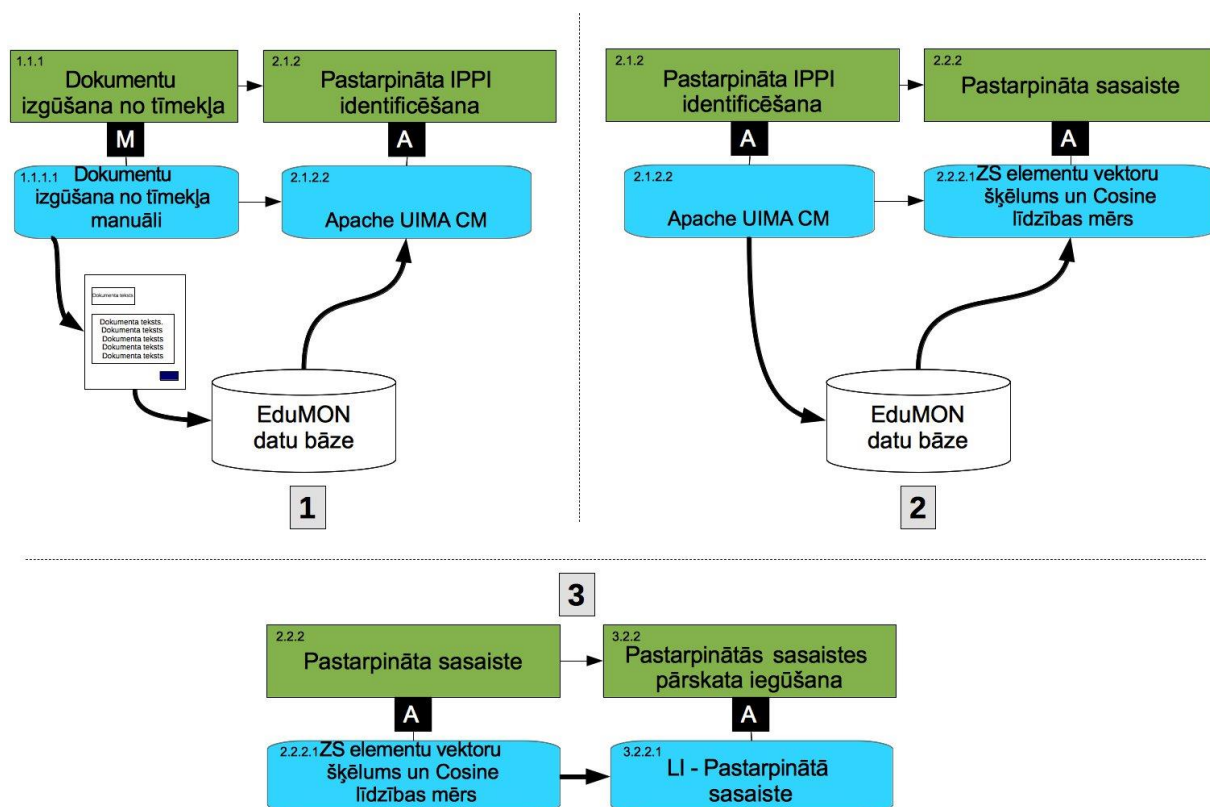
4.16. att. Pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata servisa darbības rezultāts

4.1.9. Servisu plūsmu izpilde

Uzdodot *EduMON* uzvedības dažādību ar mērķorientētiem servisiem (skat. 4.1.2. sadaļu), tiek nodrošināta iespēja identificēt servisu plūsmas, kurās ietilpst servisi ar dažādām automatizācijas pakāpēm. Plūsmā esošu servisu var izpildīt tad, ja eksistē nepieciešamie resursi, proti, IPPI avota dokuments vai zināšanu struktūra ir sasniedzama (skat. 3.1. un 3.2. formulējumus 3.3. sadaļā) vai eksistē cita nepieciešamā servisa izpildes rezultāts (skat. 3.3.–3.10. formulējumus).

Lai nodrošinātu viena servisa izpildes rezultātu pieejamību citiem servisiem, *EduMON* portālā ir realizēti šādu veidu mehānismi:

1. lietotāja interfeiss (t. i., ievades forma) manuāla servisa darbības rezultātu saglabāšanai *EduMON* datu bāzē, tādējādi nodrošinot iespēju citiem *EduMON* servisiem izmantot šos rezultātus (skat. 4.17. att. 1);
2. servisa funkcionalitāte automātiskai servisa darbības rezultātu saglabāšanai *EduMON* datu bāzē vai dokumentu indeksā (skat. piemēru 4.17. att. 2 rezultātu saglabāšanai datu bāzē);
3. servisa darbības rezultātu tieša nodošana nākamajam izpildāmajam servisam (skat. 4.17. att. 3).



4.17. att. Servisu izpildes rezultātu pieejamības nodrošināšana citiem servisiem (1 — manuāla servisa izpildes rezultātu saglabāšana *EduMON* datu bāzē, izmantojot ievades formu; 2 — automātiska servisa izpildes rezultātu saglabāšana *EduMON* datu bāzē; 3 — automātiska servisa izpildes rezultātu tieša nodošana nākamajam izpildāmajam servisam)

Pirmā veida mehānisms ir realizēts manuālā IPPI avotu dokumentu izgūšanas servisa rezultātu saglabāšanai *EduMON* datu bāzē (skat. 4.1.3. sadaļu). Otrā veida mehānisms ir realizēts tiešās IPPI identificēšanas automātiskā servisa darbības rezultātu saglabāšanai dokumentu indeksā (skat. 4.1.7. sadaļā 4.11. att.), kā arī pastarpinātās IPPI identificēšanas automātiskā servisa darbības rezultātu saglabāšanai datu bāzē (skat. 4.1.6. sadaļā 4.9. att.). Savukārt trešā veida mehānisms ir realizēts tiešās un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes automātisko servisu izpildes rezultātu tiešai nodošanai atbilstošiem prezentācijas servisiem (skat. 4.1.7. sadaļā 4.14. att. un 4.1.8. sadaļā 4.16. att.)

EduMON portāls nodrošina servisu plūsmu koordinēšanu, proti, tas nodrošina funkcionalitāti, lai iniciētu servisu izpildi. Piemēram, tiešās un pastarpinātās IPPI identificēšanas servisi tiek izpildīti pēc dokumentu ievades. Savukārt tiešās un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes un atbilstošie prezentācijas servisi (izmantojot lietotāja interfeisu) tiek izpildīti pēc pieprasījuma formulēšanas izstrādātajā lietotāja interfeisā (skat. 4.18. att.), norādot analizējamo IPPI avotu dokumentu kopas D apakškopas D' un D'' , izmantojamo zināšanu struktūru ZS , kā arī norādot izpildāmo servisu — tiešās vai pastarpinātās sasaistes servisu.

4.18. att. Tiešās un pastarpinātās IPPI avotu sasaistes servisu un atbilstošo prezentācijas servisu izsaukšanas lietotāja interfeiss

EduMON portāls nodrošina servisu plūsmu izpildi, kurās ir iekļauti šādi servisi:

- manuāls serviss $S_{1.1.1.1}^M$ IPPI avotu dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem (realizēts lietotāja interfeiss dokumentu saglabāšanai *EduMON* datu bāzē);
- automātisks serviss $S_{2.1.2.2}^A$ pastarpinātai IPPI identificēšanai ar *Apache UIMA* (realizēta servisa izsaukšana pēc dokumentu saglabāšanas);
- automātisks serviss $S_{3.1.2.1}^A$ pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšanai, izmantojot lietotāju interfeisu (realizēta servisa izsaukšana, pēc dokumenta apskates funkcionalitātes izpildes);
- automātisks serviss $S_{3.1.2.2}^A$ pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšanai, eksportējot to uz *CSV* formāta failu (realizēta servisa izsaukšana pēc pieprasījuma);

- automātisks serviss $S_{2.1.1.2}^A$ tiešai IPPI identificēšanai ar *Lucene* teksta indeksētāju (realizēta servisa izsaukšana pēc dokumentu saglabāšanas);
- automātisks serviss $S_{2.2.1.1}^A$ tiešai IPPI avotu dokumentu sasaistei, izmantojot *Lucene* teksta meklētāju (realizēta servisa izsaukšana pēc pieprasījuma);
- automātisks serviss $S_{3.2.1.1}^A$ tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai, izmantojot lietotāja interfeisu (realizēta servisa izsaukšana pēc tiešās sasaistes servisa izpildes);
- automātisks serviss $S_{2.2.2.1}^A$ pastarpināta IPPI avotu dokumentu sasaistei, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus un *Cosine* līdzības mēru (realizēta servisa izsaukšana pēc pieprasījuma);
- automātisks serviss $S_{3.2.2.1}^A$ pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai, izmantojot lietotāja interfeisu (realizēta servisa izsaukšana pēc pastarpinātās sasaistes servisa izpildes);
- automātisks serviss $S_{3.2.2.2}^A$ pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanai, eksportējot to uz CSV formāta failu (realizēta servisa izsaukšana pēc pieprasījuma).

4.2. Konceptuālu struktūru sasaistes rīka *KIVIS* realizācija

Kā jau parādīts 4.2. tabulā, daļa no izstrādātajiem servisiem ir nodrošināti kā programmatūras komponenti, kas ir konceptuālu struktūru sasaistes rīka *KIVIS* sastāvā (rīka nodrošināto servisu izmantoto metožu un darbības principu apraksti sākotnēji ir prezentēti promocijas darba autora publikācijās [51]–[53]). Ar konceptuālām struktūrām tiek saprastas hierarhiskas struktūras, kas reprezentē IPPI avotu un to dokumentu struktūru. Pie hierarhiskām struktūrām pieder arī zināšanu struktūras. 4.2.1. un 4.2.2. sadaļās ir aprakstīti *KIVIS* detalizētās arhitektūras modeļi, proti, funkcionālās struktūras dažādības un uzvedības dažādības modeļi, ir iegūstami paplašinot VIPPIMON modeli. Savukārt 4.2.3., 4.2.4. un 4.2.5. sadaļās ir doti realizēto servisu apraksti, norādot servisu atbilstību VIPPIMON vispārīgās arhitektūras modeļiem un *KIVIS* detalizētās arhitektūras modeļiem.

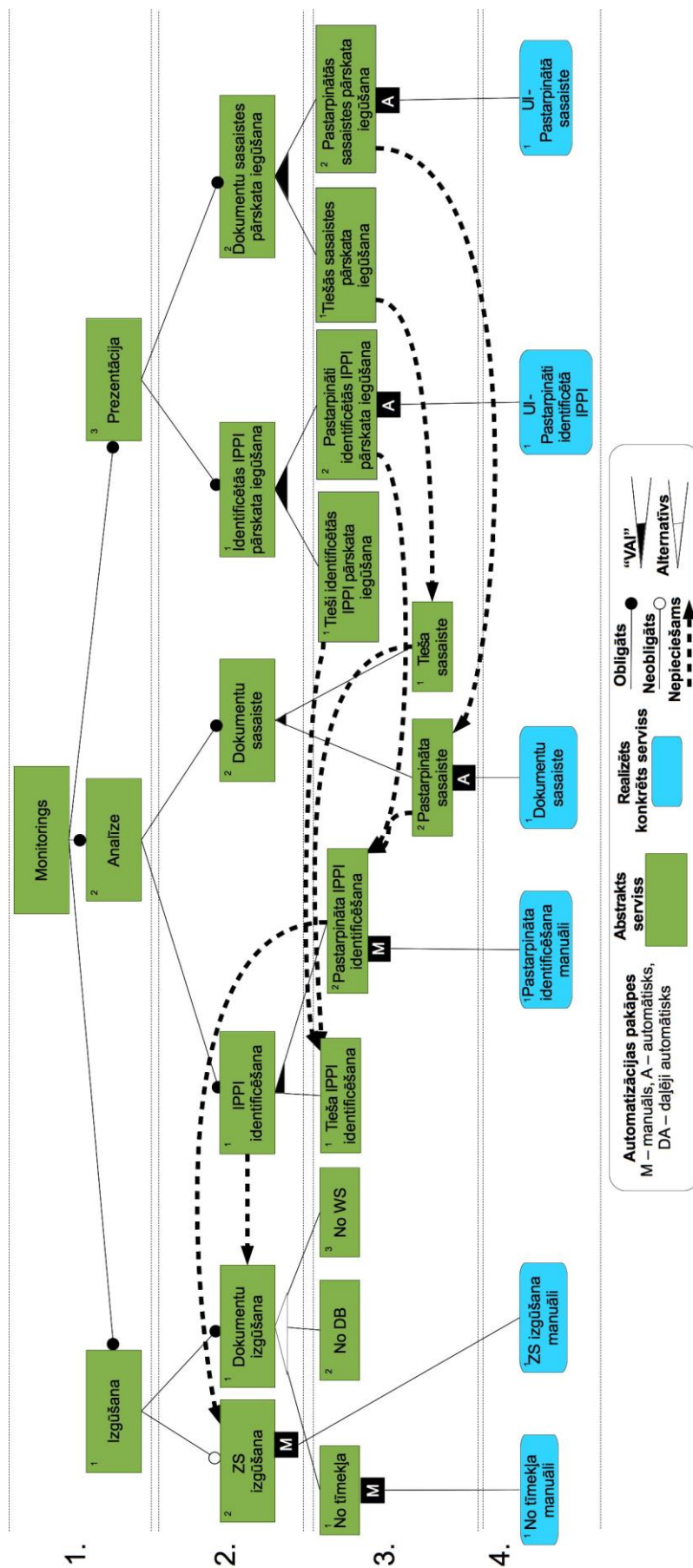
4.2.1. *KIVIS* funkcionālās struktūras dažādības modelis

KIVIS rīkā ir realizēta IPPI avotu dokumentu izgūšanas, ZS izgūšanas, pastarpinātās IPPI identificēšanas manuālo servisu izpildes rezultātu saglabāšana *KIVIS* rīka datu bāzē, izmantojot ievades formas. Rīkā ir realizēti automātiski servisi pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei un sasaistes rezultātu prezentācijai. Sasaistes servisa darbības rezultāti tiek

tieši nodoti atbilstošam prezentācijas servisam (atbilstoši 4.1.9. sadaļā aprakstītajam mehānismam).

Automātiskais analīzes serviss $S_{2.2.2.1}^A$ pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei un automātiskie prezentācijas servisi $S_{3.1.2.3}^A$ un $S_{3.2.2.3}^A$ pastarpināti identificētās IPPI un pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskatu iegūšanai attiecīgi atbilst VIPPIMON pamata servisu modelī iekļautajam servisam $S_{2.2}$ IPPI avotu dokumentu sasaistei un servisiem $S_{3.1}$ un $S_{3.2}$ pārskatu iegūšanai (*KIVIS* rīka servisu saīsinājumu apraksts dots arī 4. pielikuma 3. daļā). Abstraktais serviss $S_{2.2.2}$ pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei ir variants pamata servisu modelī iekļautajam servisam $S_{2.2}$ IPPI avotu dokumentu sasaistei. Servisam $S_{2.2.2}$ pastarpinātai IPPI avotu dokumentu sasaistei pamata servisu plūsmas modelī ir definēts priekšnosacījums, ka ir jābūt pieejamam servisa $S_{2.1.2}$ pastarpinātai IPPI identificēšanai darbības rezultātiem (skat. 3.3. sadaļu 3.6. formulējumu). Savukārt prezentācijas servisiem pamata servisu plūsmu modelī ir definēti priekšnosacījumi, ka ir jābūt pieejamiem pastarpinātās IPPI identificēšanas servisa rezultātam un pastarpinātās IPPI avotu sasaistes servisa izpildes rezultātam (skat. 3.3. sadaļu 3.8 un 3.10. formulējumus).

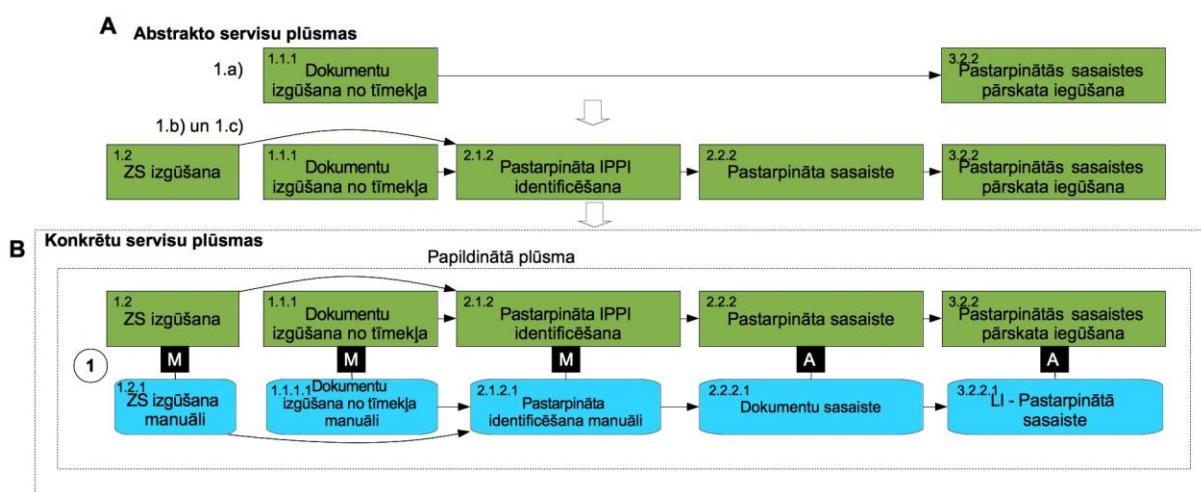
Iepriekš minētie konkrētie servisi ir iekļauti *KIVIS* funkcionālās struktūras dažādības modelī un attēloti 4.19. att.



4.19. att. KIVIS rīka funkcionālās struktūras dažādības modelis

4.2.2. KIVIS uzvedības dažādības modelis

KIVIS rīka uzvedības dažādības skatu veido mērķorientētie servisi ar to realizējošajām mērķorientētām servisu plūsmām. Kā jau tika minēts 3.5.1. sadaļā, mērķorientētos servissus formulē ar VIPPIMON iezīmju modelī atspoguļotajiem abstraktajiem servisiem. Šajā sadaļā ir dots piemērs MSK metodes izmantošanai, lai iegūtu servisu plūsmu KIVIS mērķorientētā servisa $MS_{(1.1.1; 3.2.2)}$, kas paredzēts dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un pastarpinātās sasaistes pārskata iegūšanai. Lai iegūtu šā servisa realizējošās servisu plūsmas, MSK metodes pamatā ir izmantots 4.19. att. atspoguļotais KIVIS iezīmju modelis. Metodes izmantošanas rezultāts parādīts 4.20. att.



4.20. att. MSK metodes izmantošanas rezultāts, kas atspoguļo KIVIS mērķorientētā servisa $MS_{(1.1.1; 3.2.2)}$ realizējošo plūsmu. Servisu plūsmu modeļi veido KIVIS uzvedības dažādības skatu

Lai vienkāršākā veidā atspoguļotu KIVIS mērķorientētā servisa $MS_{(1.1.1; 3.2.2)}$ realizējošo plūsmu, tiek izmantots šāds formulējums:

$$MS^P_{(1.1.1, 3.2.2)} = \bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^M_{2.1.2.1}, S^A_{2.2.2.1}, S^A_{3.2.2.1})$$

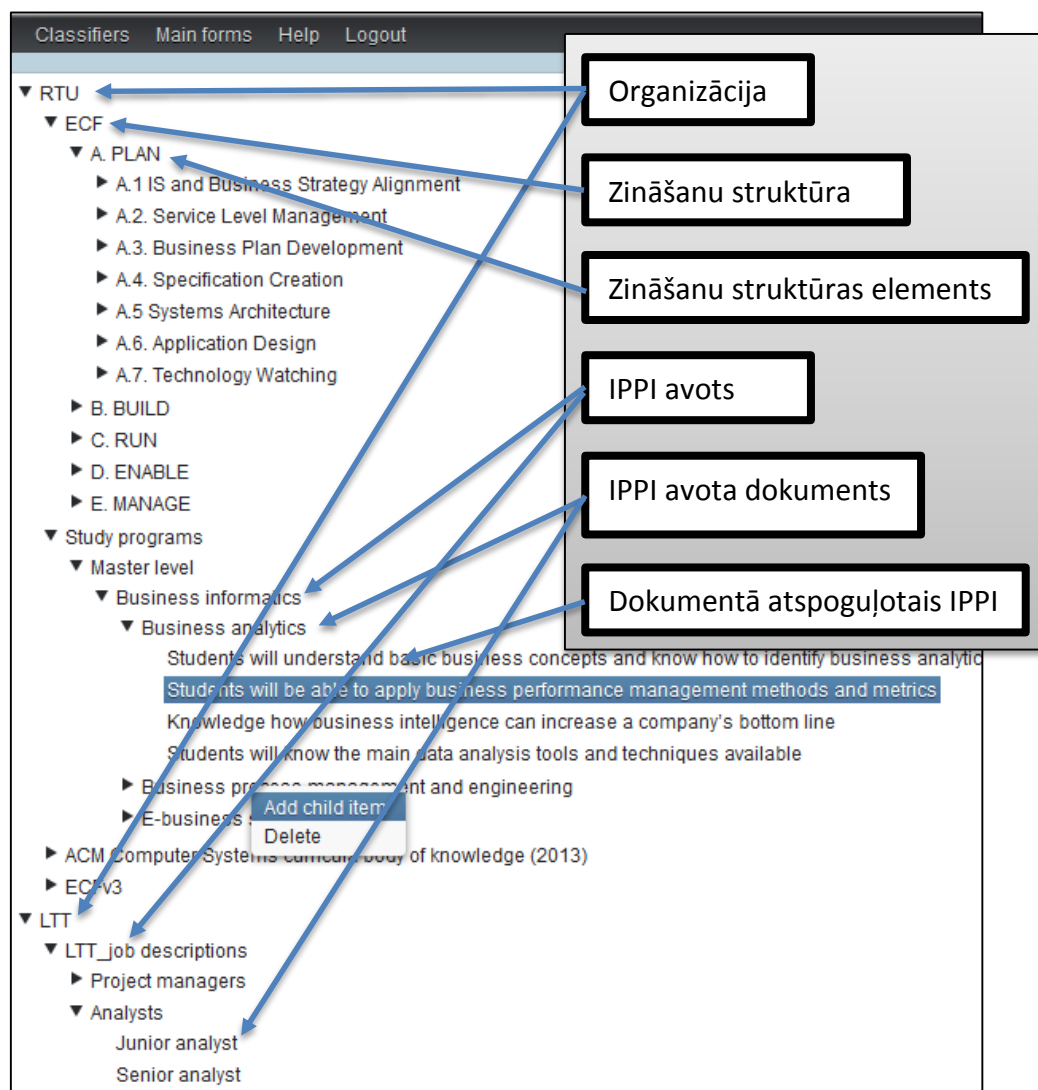
Līdzīgā veidā ir uzdots mērķorientētais serviss $MS_{(1.1.1, 3.1.2)}$, kas paredzēts dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšanai:

$$MS^P_{(1.1.1, 3.1.2)} = \bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^M_{2.1.2.1}, S^A_{3.2.2.1})$$

4.2.3. Manuālo izgūšanas servisu darbības rezultātu saglabāšana

Manuālā servisa $S^M_{1.1.1.1}$ IPPI avotu dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem darbības rezultātā ir izgūti IPPI avotu dokumenti, savukārt servisa $S^M_{1.2.1}$ manuālai zināšanu struktūru izgūšanai darbības rezultātā ir izgūta zināšanu struktūra. Lai nodrošinātu dokumentu un zināšanu struktūru pieejamību citiem KIVIS rīka servisiem, ir realizēts lietotāja interfeiss šo dokumentu un zināšanu struktūru ievadei un saglabāšanai KIVIS datu bāzē (skat. 4.21. att.). Lietotāja interfeiss paredz dokumentu un zināšanu struktūru reprezentēšanu hierarhiskā formā.

4.21. att. redzami divu organizāciju (t. i., IPPI monitoringā ieinteresēto pušu), proti, Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) un SIA «Lattelecom Technology» (LTT) IPPI avoti un izmantotās zināšanu struktūras. Attēlā redzams, ka RTU ir pievienota studiju programma «Business informatics» ar kursiem, kuros ir norādīti studiju rezultāti. Piemēram, kursā «Business analytics» viens no studiju rezultātiem ir «Students will be able to apply business performance management methods and metrics». IPPI avoti, avotu dokumenti un IPPI saturošie dokumentu elementi (par IPPI saturošiem dokumentu elementiem skat. 2.1.1. sadaļu), kā arī zināšanu struktūras un to elementi tiek atspoguļoti pa hierarhijas līmeņiem, kur augstākā līmenī ir IPPI avots vai zināšanu struktūra, bet zemākā — IPPI avota dokumenta elementi vai zināšanu struktūras elementi (to hierarhija). Jaunu hierarhijas līmeņu pievienošana notiek ar izvēlnes «Add child item» palīdzību (skat. 4.21. att.).



4.21. att. KIVIS rīkā realizētais IPPI avotu dokumentu un zināšanu struktūru ievades lietotāja interfeiss

4.2.4. Servisi IPPI identificēšanai un prezentācijai

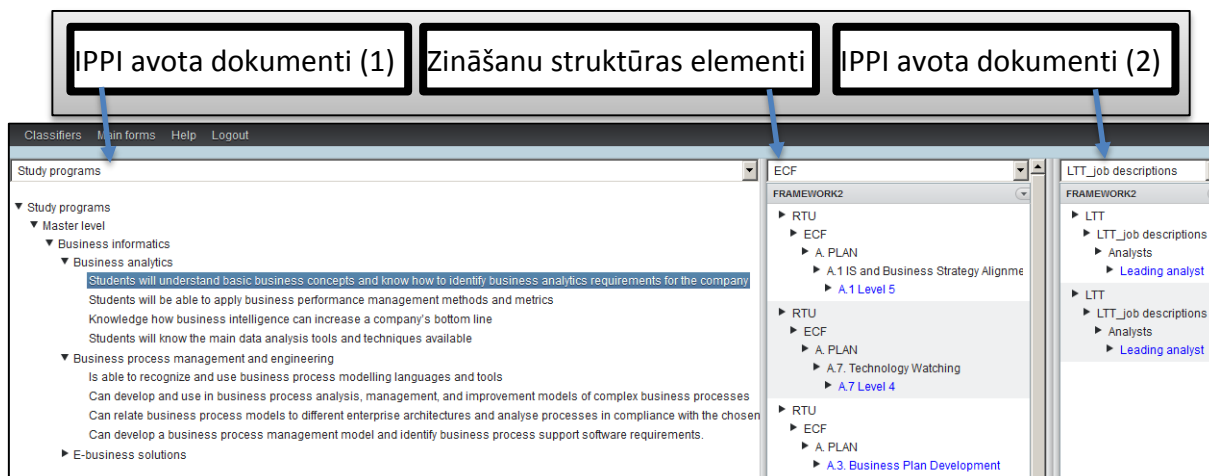
KIVIS rīkā ir izstrādāts lietotāja interfeiss, kas nodrošina iespēju sistēmā saglabāt manuālā servisa $S_{2.1.2.1}^M$ pastarpinātai IPPI identificēšanai izpildes rezultātus, proti, ir nodrošināta iespēja savstarpēji sasaistīt hierarhiskās struktūras, t. i., sasaistīt IPPI avotu dokumentus ar zināšanu struktūras elementiem. 4.22. att. parādīta ECF zināšanu struktūras elementu piesaiste kursa «Business analytics» studiju rezultātam un piesaistīto elementu prezentācija ar $S_{3.1.2.1}^A$ servisu (t. i., pēc elementu piesaistes tie nekavējoties tiek attēloti).



4.22. att. KIVIS rīkā realizēts lietotāja interfeiss pastarpinātās IPPI identificēšanas rezultātu ievadei un prezentācijai

4.2.5. Servisi IPPI avotu dokumentu sasaistei un prezentācijai

KIVIS rīkā realizētā servisa $S_{2.2.2.2}^A$ pastarpinātai IPPI avotu sasaistei darbības princips ir līdzīgs 4.1.8. sadaļā aprakstītajam EduMON portāla nodrošinātajam pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes servisa darbības principam. Galvenā atšķirība no minētā EduMON servisa ir tā, ka ar KIVIS rīka nodrošināto sasaistes servisu rezultāti netiek sakārtoti, proti, netiek aprēķināta IPPI avotu dokumentu līdzība, kas šajā rīkā apgrūtinā dokumentu sasaistes novērtēšanu. KIVIS rīka nodrošinātā pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanas servisa darbības rezultāts parādīts 4.23. att.



4.23. att. KIVIS rīkā realizēts lietotāja interfeiss pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes rezultātu prezentācijai

4.3. Nodaļas kopsavilkums

Šajā nodaļā tika izmantots izstrādātais un 3. nodaļā prezentētais VIPPIMON modelis, lai izstrādātu atsevišķu sistēmu, proti, *EduMON* portāla un *KIVIS* rīka funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļus. Atbilstoši izstrādātajiem funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļiem ir veikta tajā identificēto servisu realizācija un integrācija vienotā sistēmā, tādējādi pierādot servisu darboties spēju un veicinot IPPI monitoringa problēmas risināšanu. Promocijas darbā ir realizēti atsevišķi *EduMON* funkcionālās struktūras dažādības modelī identificētie servisi, kā arī nodrošināti mehānismi servisu ar dažādām automatizācijas pakāpēm darbības rezultātu pieejamības nodrošināšanai citiem *EduMON* servisiem. *KIVIS* ir izstrādāts saistībā ar zinātnisko projektu un promocijas darbā izmantots kā pierādījums tam, ka tas arī atbilst izstrādātajam VIPPIMON modelim un ir spējīgs risināt IPPI monitoringa problēmu.

Izmantojot izstrādāto MSK metodi, lai iegūtu servisu plūsmas IPPI monitoringa sistēmu uzvedības dažādības atspoguļošanai, tika secināts, ka mērķorientētu servisu formulēšana ir piemērota, lai vienkāršākā veidā varētu runāt par sistēmas uzbūvi, neiedziļinoties iespējamās servisa realizācijas detaļās. Ar MSK metodi, detalizējot mērķorientēto servisu, tiek iegūtas konkrēto servisu plūsmas, kas ļauj identificēt dažādos mērķorientētā servisa realizācijas variantus. Iegūtās servisu plūsmas ir saskaņotas ar sistēmas iezīmju modeli, un tā rezultātā tiek nodrošināta pilnīga vispārīgās un detalizētās arhitektūras saskaņotība. Plūsmu analīzes rezultātā var spriest par servisu realizācijas vai jau pastāvošu servisu integrācijas iespējām.

Izstrādātais *EduMON* portāls parāda to, ka VIPPIMON modelī identificētie servisi ir realizējami un ir iespējams risināt IPPI monitoringa problēmu sasniedzot ieinteresēto pušu

mērķus. *EduMON* portāla nodrošinātie servisi pierāda, ka ir iespējama automātiska IPPI identificēšana nestrukturēta teksta dokumentos, kā arī ir iespējams iegūt IPPI avotu sasaisti. Jānorāda, ka promocijas darbā netiek risināti sasaistes precizitātes jautājumi, kas ir tālāko pētījumu vērti, piemēram, terminu svara aprēķināšana atkarībā no termina svarīguma konkrētā dokumentā. Pārsvarā tiek izmantotas uz vārdu atkārtotības biežumu balstītas svaru aprēķināšanas metodes, taču IPPI monitoringa gadījumā tās nav tieši izmantojamas, jo tas, ka termins dokumenta tekstā atkārtojas vairākkārt, nenozīmē, ka šis termins ir svarīgs konkrētā dokumentā. Šim nolūkam ir nepieciešama terminu svarīguma aprēķināšanas metode IPPI avotu dokumentos, kas balstīta uz semantisko dokumenta teksta analīzi un ekspertu novērtējumiem. Bez terminu svara aprēķināšanas tālākajos darbos ir jāveic pētījumi, kas saistās ar zināšanu struktūru elementu identificēšanas pilnveidošanu, proti, nodrošinot iespēju identificēt sasaisti arī starp terminiem, kas atrodas atšķirīgos zināšanu struktūras hierarhijas līmeņos.

5. VIPPIMON MODEĻA NOVĒRTĒJUMS

Atbilstoši projektēšanas pētījumu zinātniskai metodei izstrādātais VIPPIMON modelis ir artefakts. Artefakta novērtēšanai ir izmantojamas novērošanas, analītiskās, eksperimentālās, testēšanas un aprakstošās novērtēšanas metodes [25]. 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. Wieczoreks ar līdzautoriem [158] (66. lpp) piedāvā arhitektūras kvalitātes modeli, kas iekļauj šādus kvalitātes kritērijus: 1) pieejamība; 2) lietojamība (angl. *usability*); 3) modificējamība; 4) saskaņa ar standarta arhitektūru; 5) saskaņa ar notācijas likumiem; 6) atbilstība prasībām; 7) veikspēja; 8) drošība; 9) pārvaldāmība. No šiem kvalitātes kritērijiem tiek apskatīti divi, proti, 2) lietojamība; 6) atbilstība prasībām. Kritēriji 4) un 5) netiek apskatīti, jo promocijas darbā ir izstrādāta jauna arhitektūra (t. i., VIPPIMON modelis), kas nebalstās uz kādu jau pastāvošu standarta arhitektūru un pastāvošiem notācijas likumiem. Kritēriji 7), 8) un 9) nav attiecināmi, jo promocijas darbā ir izstrādāti programmatūras prototipi VIPPIMON novērtēšanai, neveicot izstrādāto programmatūras prototipu ieviešanu biznesa vidē. Prototipu ieviešana ir viens no turpmākajiem darbības virzieniem.

Ar kvalitātes kritēriju «atbilstība prasībām» tiek saprasts VIPPIMON arhitektūras pilnīgums un nepretrunība, kas novērtēta 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 izstrādei (skat. 5.2. sadaļu). Papildus artefakta atbilstībai prasībām un lietojamībai, tiek novērtēta arī tā praktiskā lietderība. Kā jau minēts 1.3. sadaļā, tad implementētais programmatūras prototips (t. i. *EduMON* portāls) ir kā līdzeklis sistēmas praktiskās lietderības novērtēšanai. Sistēmas praktiskā lietderība tiek novērtēta ar scenāriju metodi, proti, ir izstrādāti sistēmas izmantošanas scenāriji, kas parāda tās lietderību (skat. 5.3. sadaļu).

5.1. VIPPIMON modeļa pilnīgums un nepretrunība

VIPPIMON arhitektūras (t. i., modeļa) pilnīgums ir novērtēts ar modeļa spēju atspoguļot IPPI monitoringa dažādību, savukārt nepretrunība — ar vispārīgās un detalizētās arhitektūras saskaņotību.

VIPPIMON arhitektūras izstrāde ir veikta divos abstrakcijas līmeņos, proti, ir izstrādāta vispārīgā un detalizētā arhitektūra (skat. 3. nodaļu). Vispārīgā arhitektūra definē sistēmas struktūras un uzvedības ietvaru, abstrahējoties no sistēmas struktūras un uzvedības dažādības, bet tajā pašā laikā dodot pamatu detalizētajai arhitektūrai. Detalizētā arhitektūra definē sistēmas funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības skatus, kas ir nepieciešami, lai specificētu IPPI monitoringa sistēmas dažādību. Vispārīgā arhitektūra sastāv no pamata servisu modeļa un pamata servisu plūsmas modeļa:

- pamata servisu modelī ir atspoguļoti pamata servisi, prasības pret pamata servisiem, kā arī sistēmā ieinteresētās puses. Pamata servisi un to prasības ir identificētas, pamatojoties uz pētījumu rezultātiem par IPPI avotu pārvaldības risinājumiem un monitoringa sistēmām;
- pamata servisu plūsmas modelī ir atspoguļota pamata servisu plūsma, kura definē uz ieinteresēto pušu mērķu sasniegšanu vērstu pamata servisu izpildes secību.

Detalizētā arhitektūra sastāv no funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības skatiem:

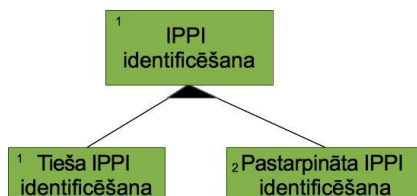
- pamata servisu dažādība ir atspoguļota funkcionālās struktūras dažādības skatā gan abstrakto servisu līmenī, gan konkrēto servisu līmenī, izmantojot promocijas darbā paplašināto iezīmju modeli;
- sistēmas uzvedības dažādība ir atspoguļota uzvedības dažādības skatā, izmantojot mērķorientētus servissus ar tos realizējošajām abstrakto un konkrēto servisu plūsmām.

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 pakāpju dažādību.

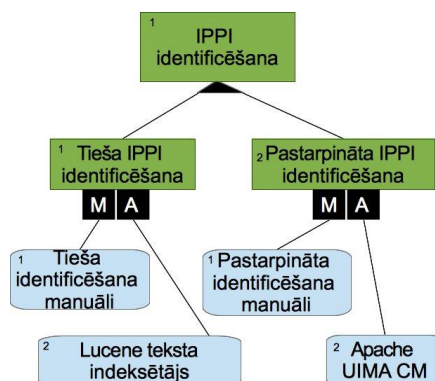
Iezīmju modelī (tas ir pamatā funkcionālās struktūras dažādības modelim) abstraktie servisi ar variāciju ir atspoguļoti kā variācijas punkti, piemēram, abstraktajam IPPI identificēšanas servisam $S_{2.1}$, pamatojoties uz pamata servisu prasībām (skat. 3.2.2. sadaļu), ir

divi varianti (skat. 5.1. att.), proti, servisi tiešai un pastarpinātai IPPI identificēšanai (S_{2.1.1.} un S_{2.1.2.}). Abstrakto servisu dažādības atspoguļošana ir veikta ar izstrādāto iezīmju modeļa izveides metodi (skat. 3.4.3. sadaļu), kas arī nodrošina sistēmas funkcionālās struktūras dažādības modeļa saskaņotību pamata servisu prasībām.



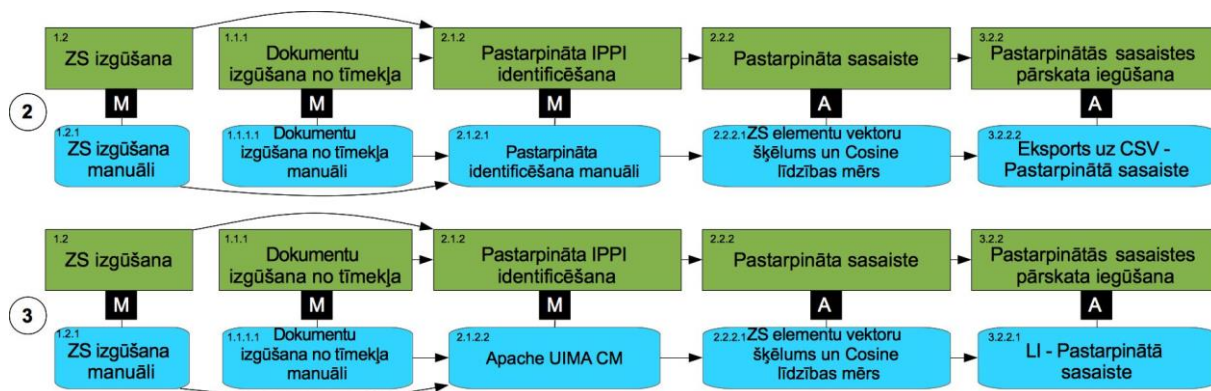
5.1. att. IPPI identificēšanas servisa dažādības atspoguļošana

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. 5.2. att.)



5.2. att. Tiešās un pastarpinātās IPPI identificēšanas realizācijas varianti ar automatizācijas pakāpēm

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 iespējamas astoņas konkrēto servisu plūsmas (skat. 4.1.2. sadaļu; divas konkrēto servisu plūsmas parādītas arī 5.3. att.). Sistēmas uzvedības dažādības atspoguļošanai un saskanības nodrošināšanai ar funkcionālās struktūras dažādības modeli tiek izmantota izstrādātā MSK metode.



5.3. att. Uzvedības dažādības atspoguļošana ar konkrēto servisu plūsmām *EduMON* mērķorientētam servisam MS_(1.1.1; 3.2.2) dokumentu izgūšanai no tīmekļa resursiem un pastarpinātās sasaistes pārskata iegūšanai (parādītas divas no astoņām plūsmām)

Dažādības atspoguļošanas kontekstā ir iespējams novērtēt arī to, kā VIPPIMON modelis apmierina IPPI monitoringa prasības (atkārtoti uzskaitītas no 1.3. sadaļas):

- Pr1. Dažādu IPPI avotu īpatnību apstrāde.
- Pr2. Vairāku ieinteresēto pušu iekļaušana sistēmā.
- Pr3. Informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijas variantu (ar dažādām automatizācijas pakāpēm) dažādības nepieciešamība.

Pr1 ir apmierināta ar to, ka VIPPIMON funkcionālās struktūras dažādības skatā ir atspoguļoti 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 3 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 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 tika izmantots, lai izstrādātu konkrētu sistēmu, proti, *EduMON* portāla un *KIVIS* rīka, funkcionālās struktūras dažādības un uzvedības dažādības modeļus, kā arī lai veiktu šo sistēmu realizāciju programmatūras prototipos. *EduMON* portāla un *KIVIS* rīka apraksts ir dots 4. nodaļā. Šajā sadaļā tiek aprakstīts, kā izstrādātās sistēmas apmierina IPPI monitoringa prasības.

EduMON portāla (skat. 4.1. sadaļu) 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.

EduMON portāla realizācijas kontekstā ir iespējams novērtēt arī to, kā *EduMON* portāls apmierina IPPI monitoringa prasības (atkārtoti uzskaitītas no 1.3. sadaļas):

- Pr1. Dažādu IPPI avotu īpatnību apstrāde.
- Pr2. Vairāku ieinteresēto pušu iekļaušana sistēmā.
- Pr3. Informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijas variantu (ar dažādām automatizācijas pakāpēm) dažādības nepieciešamība.

Implementētā *EduMON* portāla apmierinātās prasības ir aprakstītas 5.1. tabulā.

KIVIS rīka (skat. 4.2. sadaļu) projektēšana un realizācija tika veikta, paplašinot VIPPIMON funkcionālās struktūras un uzvedības dažādības modeļus ar konkrētiem servisiem. *KIVIS* rīkā 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.

5.1. tabula. Implementētā *EduMON* portāla apmierinātās prasības

Prasība	EduMON
Pr1	<i>EduMON</i> portāla nodrošinātie servisi ļauj apstrādāt dažāda tipa un daudzuma IPPI avotu dokumentus, kas izgūti 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 ir sarežģītāka nekā strukturētu vai daļēji strukturētu dokumentu apstrāde.
Pr2	Dažādām ieinteresētajām pusēm (piemēram, mācībspēki, uzņēmumu pārstāvju, 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. Servisu realizācijas varianti ir atspoguļoti <i>EduMON</i> funkcionālās struktūras dažādības modelī un uzvedības dažādības modelī.

KIVIS rīka realizācijas kontekstā ir iespējams novērtēt arī to, kā *KIVIS* rīks apmierina IPPI monitoringa prasības (atkārtoti uzskaitītas no 1.3. sadaļas):

Pr1. Dažādu IPPI avotu īpatnību apstrāde.

Pr2. Vairāku ieinteresēto pušu iekļaušana sistēmā.

Pr3. Informācijas apstrādes aktivitāšu realizācijas variantu (ar dažādām automatizācijas pakāpēm) dažādības nepieciešamība.

Implementētā *KIVIS* rīka apmierinātās prasības ir aprakstītas 5.2. tabulā.

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 struktūrēta teksta dokumentus.

5.2. tabula. Implementētā KIVIS rīka apmierinātās prasības

Prasība	KIVIS rīks
Pr1	KIVIS rīka nodrošinātie servisi ļauj apstrādāt dažāda tipa un daudzuma IPPI avotu dokumentus, kas izgūti no dažādām vietām (piemēram, darba sludinājumi, kursu apraksti, kas pieejami tīmeklī vai datu bāzēs), kā arī ļauj iegūt atbilstību starp IPPI avotu dokumentiem. KIVIS rīka analīzes servisi ir spējīgi apstrādāt tikai strukturēta teksta dokumentus. Nestrukturēta teksta apstrāde KIVIS rīkā nav iespējama.
Pr2	Dažādām ieinteresētajām pusēm (piemēram, mācībspēki, uzņēmumu pārstāvju, sistēmas uzturētāji un citi) ir nodrošināta piekļuve KIVIS, lai izpildītu servissus, saglabātu manuālu servisu izpildes rezultātus, kā arī lai patērētu analīzes servisu rezultātus, izmantojot prezentācijas servissus.
Pr3	KIVIS rīkā ir realizēti servisi ar dažādām automatizācijas pakāpēm. Servisu realizācijas varianti ir atspoguļoti KIVIS rīka funkcionālās struktūras dažādības modelī un uzvedības dažādības modelī.

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 VIPPIMON 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).

5.3.1. Sistēmiska IPPI stāvokļa novērošana

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_(1.1.1.1.;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 $\bullet (S^M_{1.2.1}, S^M_{1.1.1.1}, S^A_{2.1.2.2}, S^A_{3.2.2.2})$ (servisu saīsinājumu skaidrojums pieejams 4. pielikumā), kur IPPI avotu dokumenti manuāli tiek izgūti no tīmekļa, tiek veikta pastarpināta IPPI identificēšana ar *Apache UIMA* 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*» (izgūto darba sludinājumu saraksts ir dots 6. pielikumā). Tad automātiski tika veikta pastarpināta IPPI identificēšana, izmantojot trīs zināšanu struktūras, proti, *ACM-CCS*, *DISCO* un *ONET* (tika izpildīts *EduMON* serviss $S^A_{2.1.2.2}$).

Kā definēts 3.8 formulējumā (skat. 3.3. sadaļu), identificētā IPPI pārskata iegūšanas servisa realizācijas varianti (t. sk. pastarpinātās IPPI identificēšanas pārskata iegūšanas serviss) izpilda funkciju *IegūtPārskatuIPPI(D', ZS)*, kur šajā scenārijā:

$d'_1, \dots, d'_{85} \in D'$ — darba sludinājumi uz programmētāja amata vietu.

$zs_1, zs_2, zs_3 \in ZS$ — zināšanu struktūras *ACM-CCS*, *DISCO* un *ONET*.

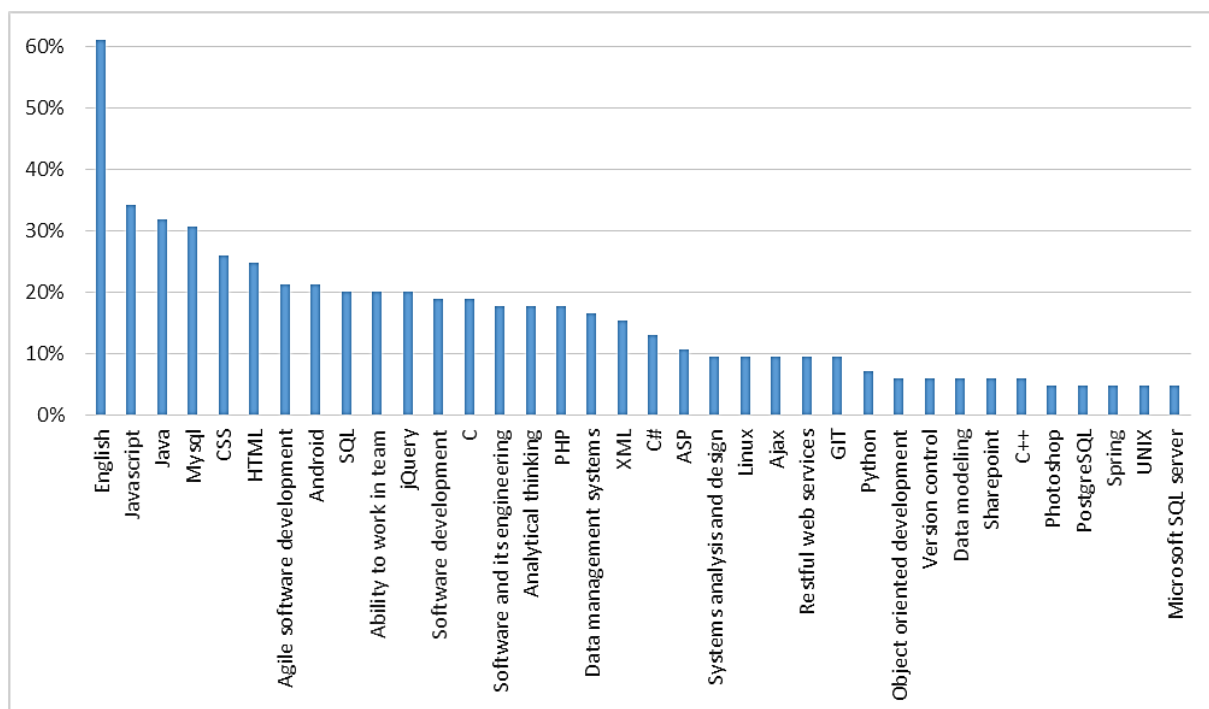
Automātiski identificēto IPPI var aplūkot IPPI avota dokumenta skatā *EduMON* portālā (skat. 4.10. att.; to nodrošina *EduMON* prezentācijas serviss $S^A_{3.1.2.1}$ pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšanai, izmantojot lietotāju interfeisu), taču paplašinātai rezultātu interpretēšanai iegūtie rezultāti tiek eksportēti CSV formāta failā un veikta to apstrāde ar *MS Excel* izklājlapu programmatūras šķērstabulu atskaišu funkcionalitāti. Identificēto zināšanu struktūru elementu (t. i., identificētā IPPI) piemēri ir doti 5.3. tabulā, norādot zināšanu struktūru, kā arī darba sludinājumu skaitu (tiek doti tikai tie elementi, kas identificēti četros un vairāk darba sludinājumos; pilni identificēšanas rezultāti doti 6. pielikumā).

5.3. tabula. Piemēri automātiski identificēto ACM-CCS, DISCO un ONET zināšanu struktūru elementu skaitam «Programmētāja» darba sludinājumos

ACM-CCS	Sludinājumu skaits	DISCO	Sludinājumu skaits	ONET	Sludinājumu skaits
Javascript	29	English	52	Javascript	29
Mysql	26	Javascript	29	Android	18
Agile software development	18	Java	27	jQuery	17
Sql	18	CSS	22	C	16
Software and its engineering	15	HTML	21	PHP	15
Data management systems	14	SQL	17	C#	11
Systems analysis and design	8	Ability to work in team	17	Ajax	8
Linux	8	Software development	16	GIT	8
Ajax	8	Analytical thinking	15	Linux	8
Restful web services	8	PHP	15	Python	6
Object oriented development	5	XML	13	C++	5
Version control	5	ASP	9	Spring	4
Data modeling	5	Linux	8	UNIX	4
Sharepoint	5	Python	6	Microsoft SQL server	4
Photoshop	4	PostgreSQL	4		

5.3. tabulā identificētie zināšanu struktūru elementu piemēri ir apvienoti vienotā grafikā

5.4. att.



5.4. 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, ka 61 % apskatīto darba sludinājumu pieprasa angļu valodas zināšanas, 34 % — skriptēšanas valodas *Javascript* zināšanas, 32 % — programmēšanas valodas *Java* zināšanas, 31 % datu pārvaldības sistēmas *MySQL* zināšanas, 26 % un 25 % — *CSS* noformējuma un *HTML* zināšanas, 21 % — spējas programmatūras izstrādes zināšanas (angl. *Agile software development*), 21 % — mobilās operētājsistēmas *Android* zināšanas, 20 % — strukturētās vaicājumu valodas *SQL* zināšanas, spēju strādāt komandā (angl. *ability to work in team*) un *jQuery* zināšanas. Programmēšanas valodu *C*, *PHP*, *C#* un *ASP* pieprasījums ir noteikts attiecīgi 19 %, 18 %, 13 % un 11 % gadījumos.

Jāpiemin, ka lai izpildītu pastarpinātu IPPI identificēšanu manuāli, servisa izpildītājam, piemēram, sistēmas uzturētājam vai mācībspēkam, atbilstoši 4.1.6. sadaļā izklāstītajai pastarpinātās identificēšanas pieejai ir jāiepazīstas ar zināšanu struktūru un jāpiesaista zināšanu struktūras elementi pie dokumentā atspoguļotā teksta. Veicot eksperimentu, tika konstatēts, ka viena dokumenta apstrādei aptuvenais laiks ir 30 minūtes ar nosacījumu, ka sasaistes veicējam ir priekšstats par zināšanu struktūras uzbūvi un saturu. Līdz ar to pastarpinātās IPPI identificēšanas process ir laikietilpīgs, ja tas tiek veikts manuāli. Piemēram, lai apstrādātu 85 darba sludinājumus, būtu nepieciešamas aptuveni 43 stundas, taču automātiskā pastarpinātās IPPI identificēšanas gadījumā tas aizņem tikai dažas sekundes. Līdz ar to var secināt, ka automātisks serviss ievērojami paātrina IPPI identificēšanu.

Tika veikts vēl viens eksperiments pēc tiešās IPPI identificēšanas principiem (par principiem skat. 4.1.6. sadaļu), un tā rezultātā tika secināts, ka līdzīgu rezultātu kā automātiskās pastarpinātās IPPI identificēšanas gadījumā var iegūt 4 stundu laikā. Līdz ar to var secināt, ka pastarpinātās IPPI identificēšanas izpilde manuāli, salīdzinot ar tiešās IPPI identificēšanas izpildi manuāli ir ievērojami laikietilpīgāka, jo prasa pārzināt arī zināšanu struktūras. Tiešās IPPI identificēšanas izpilde manuāli dod līdzīgus rezultātus, salīdzinot ar automātiski izpildīto pastarpināto IPPI identificēšanu, un automātiski izpildītā IPPI identificēšana tiek veikta tikai dažu sekunžu laikā, tāpēc var secināt, ka automātiski izpildītā IPPI identificēšana ir piemērota sistēmiskam IPPI stāvokļa monitoringam.

Šā scenārija izpildes rezultātā tika noskaidrotas pieprasītās zināšanas, taču, lai identificētu atbilstību ar studiju programmas kursiem, 5.3.2. sadaļā tiek definēts un pārbaudīts atbilstošs scenārijs.

5.3.2. Sistēmiska IPPI avotu dokumentu atbilstības novērošana

IPPI avotu dokumentu atbilstības (atbilst mērķim M2 «sistēmiski novērot IPPI atbilstību») ir tiek pārbaudīts šāds scenārijs: Rīgas Tehniskās universitātes (RTU) bakalaura līmeņa studiju programmas «Datorsistēmas» direktors vēlas noskaidrot šīs programmas kursu atbilstību uzņēmuma «Accenture» darba sludinājumiem. 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 iepriekšējā sadaļā, rezultātu eksportēšana uz CSV formāta failu paver plašākas analīzes iespējas.

Kā definēts 3.10 formulējumā (skat. 3.3. sadaļu), IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanas servisa realizācijas varianti (t.sk. pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšanas serviss) izpilda funkciju $IegūtPārskatuSasaistei(D', D'', ZS)$, kur šajā scenārijā:

$d'_1, \dots, d'_{10} \in D'$ — uzņēmuma «Accenture» darba sludinājumi,

$d''_1, \dots, d''_{85} \in D''$ — RTU studiju programmas «Datorsistēmas» kursi,

$zs_1, zs_2, zs_3 \in ZS$ — zināšanu struktūras *ACM-CCS*, *DISCO2* un *ONET*.

Pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskats, kas iegūts un attēlots *EduMON* portāla lietotāja interfeisā ir parādīts 5.5. att. Dokumentu sasaistei tiek izmantota 4.3.3. sadaļā aprakstītā pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes metode.

ANDROID DEVELOPER	+ Object-Oriented Programming	0.197
DEVOPS ENGINEER - CONFIGURATION SPECIALIST	+ [C] Windows Workflow Foundation fundamentals	0.297
	+ [C] Service Oriented Information Systems	0.293
	+ [C] Configuring and Administering Microsoft Office SharePoint Server	0.248
	+ Technology of Large Databases	0.225
	+ [C] Business Process Modeling: Methods and Tools	0.219
	+ Object-Oriented Programming	0.202
	+ [B1] Methods of Systems Theory	0.194
	+ Introduction to Computer Architecture	0.190
FRONT - END DEVELOPER FOR MEDIA CLIENT	+ [C] Web-applications Development for Internet	0.300
	+ [B1] Systems Analysis and Knowledge Acquisition	0.289
	+ [C] PHP Language for Interactive Web-application Developing	0.280

5.5. 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 D' dokumentos identificētie zināšanu struktūru elementi ir/nav identificēti D'' avota dokumentos. Tādējādi uzņēmuma pārstāvis vai studiju programmas direktors var novērtēt, vai tas, ko uzņēmums pieprasa, ir/nav apgūstams izvēlētajās studiju programmas kursos. 5.6. 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. Piemēram, programmēšanas valoda *Java* tiek apgūta brīvās izvēles (uz to norāda [C] pirms kursa nosaukuma)ursos «*Aspect-Oriented Programming*» un «*Programming Language Java*», kā arī obligātajos studiju programmasursos «*Object-Oriented Programming*» un «*Technology of Large Databases*».

Nepieciešamības gadījumā uzņēmumam ir informācija, ko var izmantot, lai sāktu komunikāciju ar RTU par kursa pilnveides vai tālākizglītības iespējām.

	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)

5.6. 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**.

5.4. Nodaļas kopsavilkums

Šajā nodaļā tika veikta izstrādātā VIPPIMON modeļa novērtēšana. Tika novērtēta VIPPIMON modeļa spēja atspoguļot IPPI monitoringa dažādību, kā arī tā atbilstība IPPI monitoringa prasībām. VIPPIMON modeļa lietojamība tika novērtēta, balstoties uz diviem izstrādātajiem IPPI monitoringu sistēmu prototipiem, proti, *EduMON* portālu un *KIVIS* rīku. VIPPIMON modeļa praktiskā lietderība tika novērtēta, izpildot divus scenārijus *EduMON* portālā. Bez šiem diviem scenārijiem *EduMON* portāls atbalsta arī citu scenāriju izpildi,

piemēram, studiju programmu savstarpējās atbilstības iegūšanu, vienā studiju programmā iekļauto kursu savstarpējās atbilstības iegūšanu un citus scenārijus, atbilstības iegūšanai izvēloties konkrētai IPPI monitoringā ieinteresētajai pusei interesējošās IPPI avotu dokumentu kopas un zināšanu struktūras.

VIPPIMON modelis ir pilnīgs un nepretrunīgs (**pierāda T1**; skat. 5.1. sadaļu), kā arī tas ir izmantojams IPPI monitoringa sistēmu izstrādē (**pastiprina T1 pierādījumu**; skat. 5.2. sadaļu) un konkrētais *EduMON* portāls sekmē IPPI monitoringa mērķu sasniegšanu (**pierāda T2**; skat. 5.3. sadaļu), tāpēc var secināt, ka VIPPIMON modelis ir piemērots IPPI monitoringa problēmas risināšanai.

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 šādus 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, ko veido monitoringa sistēmu raksturojošie parametri;
 - servisu sistēmu iedalījumu apkopojums.

Darba praktiskie rezultāti

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

- implementēts *EduMON* portāls, 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 servisu 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* rīks, 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 dažādiem IPPI avotiem, 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 izstrādņēm:

- 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] Q. Gu, F. Cuadrado, P. Lago, and J. C. Dueñas, «3D architecture viewpoints on service automation,» *Journal of Systems and Software*, vol. 86, no. 5, pp. 1307–1322, May 2013.
- [4] R. Patton and P. Patton, «What can be automated? What cannot be automated?,» in *Springer Handbook of Automation*, 2009, pp. 305–313.
- [5] A. Sasa and M. Krisper, «Service-oriented architectural framework for support and automation of collaboration tasks,» *Journal of Information and Organizational Sciences*, vol. 35, no. 1, pp. 119–133, 2011.
- [6] 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.
- [7] J. Spohrer, P. Maglio, J. Bailey, and D. Gruhl, «Steps Toward a Science of Service Systems,» *Computer*, no. January, pp. 71–77, 2007.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] R. Strazdina and M. Kirikova, «Interaction model supporting collaboration between university and industry,» *EDULEARN09 Proceedings*, pp. 4879–4885, 2009.
- [14] Latvijas Republikas Ekonomikas ministrija, «Informatīvais ziņojums par darba tirgus vidēja un ilgtermiņa prognozēm,» 2014. .
- [15] European Commission, «E-skills for jobs in Europe: Latvia (country report),» 2014.
- [16] A. Abišala, G. Beleckiene, A. Bekšta, A. V. Bumelis, V. Dienys, B. Kaminskiene, J. McGrath, V. Motiekaitiene, L. Račeliene, A. Šlekys, and L. Vaitkute, «Monitoring demand and supply of skills. Analysis Report on Labour Market and Education and Training Indicators,» Vilnius, Lithuania, 2008.
- [17] G. Cattaneo, M. Kolding, R. Lifonti, and W. B. Korte, «Anticipating the development of the supply and demand of e-skills in Europe 2010-2015,» 2009.
- [18] W. B. Korte, T. Hüsing, G. Cattaneo, M. Kolding, and R. Lifonti, «Monitoring e-Skills Demand and Supply in Europe and Future Development,» 2010.
- [19] K. Gareis, T. Hüsing, S. Birov, I. Bludova, C. Schulz, and W. B. Korte, «E-skills for jobs in Europe: Measuring progress and moving ahead, Final report,» 2014.

- [20] Incose, «The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK),» *Insight*, vol. 5, pp. 36–39, 2011.
- [21] 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.
- [22] B. Liu, *Web Data Mining*. 2011.
- [23] 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.
- [24] N. Rozanski and E. Woods, «Applying Viewpoints and Views to Software Architecture,» 2005.
- [25] A. Hevner, S. March, J. Park, and S. Ram, «Design science in information systems research,» *MIS quarterly*, no. 520, 2004.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] R. J. Wieringa, *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014.
- [29] M. Fazel-Zarandi and M. S. Fox, «An ontology for skill and competency management,» *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, vol. 239, pp. 89–102, 2012.
- [30] 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.
- [31] Princeton University, «About WordNet,» 2010. [Online]. Available: <http://wordnet.princeton.edu>.
- [32] T. Erl, *SOA Principles of Service Design*. Prentice Hall PTR, 2008.
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] M. Galster, P. Avgeriou, T. Männistö, and D. Weyns, «Variability in Software Architecture – State of the Art,» *Journal of Systems and Software*, Feb. 2014.
- [37] N. Ford, «Educational informatics,» *Annual Review of Information Science and Technology*, vol. 42, no. 1, pp. 497–544, Nov. 2009.
- [38] 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.
- [39] 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.

- [40] J. J. M. Walters and E. D, «Digital Curriculum Management: Meeting the Challenge of District-led Reform,» 2007.
- [41] 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.
- [42] Valsts izglītības un saturs centrs, «Profesiju standarti,» 2008. [Online]. Available: http://visc.gov.lv/saturs/profizgl/stand_registrs.shtml. [Accessed: 02-Feb-2015].
- [43] B. M. Lunt, J. J. Ekstrom, S. Gorka, G. Hislop, R. Kamali, E. Lawson, R. LeBlanc, J. Miller, H. Reichgelt, and B. M. L. (Chair), «Information Technology 2008 Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Technology,» *Current Practice*, vol. Informatio. pp. 1–139, 2008.
- [44] H. Topi, J. S. Valacich, R. T. Wright, K. Kaiser, J. F. Nunamaker, J. C. Sipior, and G. J. de Vreede, «IS 2010: Curriculum guidelines for undergraduate degree programs in information systems,» *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 26, pp. 359–428, 2010.
- [45] The Joint Task Force on Computing Curricula (Association for Computing Machinery IEEE-Computer Society), «Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science,» 2013.
- [46] Institute of Electrical and Electronics Engineers, «Guide to the Software Engineering Body of Knowledge,» 2004.
- [47] PMI, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, vol. 1. 2008.
- [48] S. Grimes, «Structure, Models and Meaning,» *Informationweek*, 2005. [Online]. Available: <http://www.informationweek.com/software/business-intelligence/structure-models-and-meaning/59301538>.
- [49] 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.
- [50] European Commission, «European Interoperability Framework (EIF) for European public services,» *COM (2010)*. pp. 1–40, 2010.
- [51] 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.
- [52] 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.
- [53] 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.
- [54] P. Rudzajs, M. Kirikova, R. Strazdina, and U. Sukovskis, «Towards managing learning outcomes in the jungle of qualification standards,» in *EQANIE-Conference: Learning Outcomes and Quality Management in Informatics Education*, 2011, pp. 1–7.
- [55] 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.
- [56] 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.
- [57] 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.
- [58] «Association for Computing Machinery (ACM) taxonomy,» 2012. [Online]. Available: <http://www.acm.org/about/class/2012>.
 - [59] 3s Unternehmensberatung, «European Dictionary of Skills and Competencies - DISCO II,» 2012. [Online]. Available: <http://disco-tools.eu/>.
 - [60] 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.
 - [61] European Committee For Standardization, «European e-Competence Framework 2.0,» 2010. [Online]. Available: <http://ecompetences.eu/>.
 - [62] SFIA FOUNDATION, «Framework referece SFIA version 5,» 2011. [Online]. Available: <http://www.sfia.org.uk/v5/en/>.
 - [63] Occupational Information Network, «Onet resource center.» [Online]. Available: <http://www.onetcenter.org/supplemental.html>.
 - [64] D. Howe, «Free On-Line Dictionary of Computing,» 2010. [Online]. Available: <http://foldoc.org/>.
 - [65] 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.
 - [66] A. Kiryakov, B. Popov, I. Terziev, D. Manov, and D. Ognyanoff, «Semantic annotation, indexing, and retrieval,» *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, vol. 2, no. 1, pp. 49–79, 2004.
 - [67] Y. Du, Y. Hai, C. Xie, and X. Wang, «An approach for selecting seed URLs of focused crawler based on user-interest ontology,» *Applied Soft Computing*, vol. 14, pp. 663–676, Jan. 2014.
 - [68] Z. Laliwala and A. Shaikh, *Web Crawling and Data Mining with Apache Nutch*. Packt Publishing, 2013.
 - [69] A. Valujevs, «Informācijas izgūšanas metožu un rīku lietojums automatizētai informācijas apkopošanai (bakalaura darbs),» Rīgas Tehniskā universitāte, 2014.
 - [70] H. Cunningham, «Information Extraction , Automatic,» *Science*, vol. 5, no. November, pp. 1–22, 2004.
 - [71] 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.
 - [72] H. Cunningham, «GATE, a general architecture for text engineering,» *Computers and the Humanities*, vol. 36, no. 2, pp. 223–254, 2002.
 - [73] Y. Biletskiy, J. A. Brown, and G. Ranganathan, «Information extraction from syllabi for academic e-Advising,» *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 3, Part 1, pp. 4508–4516, 2009.
 - [74] 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.
 - [75] G. Bordea, «Concept extraction applied to the task of expert finding,» *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 6089 LNCS, no. PART 2, pp. 451–456, 2010.

- [76] W. Abramowicz, E. Bukowska, M. Kaczmarek, and M. Starzecka, «Semantic-enabled Efficient and Scalable Retrieval of Experts,» in *eKNOW 2011, The Third International Conference on Information, Process, and Knowledge Management*, 2011, pp. 30–35.
- [77] C. Macdonald and I. Ounis, «The influence of the document ranking in expert search,» *Information Processing & Management*, vol. 47, no. 3, pp. 376–390, 2011.
- [78] I. Kivimäki, A. Panchenko, A. Dessy, D. Verdegem, P. Francq, H. Bersini, and M. Saerens, «A Graph-Based Approach to Skill Extraction from Text,» in *Proceedings of {TextGraphs}-8 Graph-based Methods for Natural Language Processing*, 2013, pp. 79–87.
- [79] United Nations and United Nation, «Toolkit to Combat Trafficking in Persons,» no. January 2008, pp. 540–545, 2008.
- [80] L. Carrizo, C. Sauvageot, and N. Bella, *Information tools for the preparation and monitoring of education plans*, no. 5. 2003.
- [81] 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.
- [82] L. Doyle, F. O'Brien, F. Timmins, G. Tobin, F. O'Rourke, and L. Doherty, «An evaluation of an attendance monitoring system for undergraduate nursing students.,» *Nurse education in practice*, vol. 8, no. 2, pp. 129–39, Mar. 2008.
- [83] F. Rodrigues and P. Oliveira, «A system for formative assessment and monitoring of students' progress,» *Computers & Education*, vol. 76, pp. 30–41, Jul. 2014.
- [84] A. Kaklauskas, A. Vlasenko, V. Raudonis, E. K. Zavadskas, R. Gudauskas, M. Seniut, A. Juozapaitis, I. Jackute, L. Kanapeckiene, S. Rimkuvienė, and G. Kaklauskas, «Student progress assessment with the help of an intelligent pupil analysis system,» *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 26, no. 1, pp. 35–50, Jan. 2013.
- [85] X. Wang, W. Gao, J. R. J. J. R. Slusser, J. Davis, B. Olson, S. Janssen, G. Janson, B. Durham, R. Tree, and R. Deike, «USDA UV-B monitoring system: An application of centralized architecture,» *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 64, no. 2, pp. 326–332, Dec. 2008.
- [86] D. Á. Vallejo, J. Albusac, J. J. J. Castro-Schez, C. Glez-Morcillo, L. Jiménez, and L. Jime, «A multi-agent architecture for supporting distributed normality-based intelligent surveillance,» *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 24, no. 2, pp. 325–340, Mar. 2011.
- [87] Y.-M. Hsieh and Y.-C. Hung, «A scalable IT infrastructure for automated monitoring systems based on the distributed computing technique using simple object access protocol Web-services,» *Automation in Construction*, vol. 18, no. 4, pp. 424–433, 2009.
- [88] A. Scharl, A. Hubmann-Haidvogel, A. Weichselbraun, H.-P. Lang, and M. Sabou, «Media Watch on Climate Change -- Visual Analytics for Aggregating and Managing Environmental Knowledge from Online Sources,» *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 955–964, Jan. 2013.
- [89] A. Scharl and A. Weichselbraun, «An ontology-based architecture for tracking information across interactive electronic environments,» in *Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06)*, 2006, vol. 00, no. C, pp. 1–9.
- [90] 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.
- [91] M. Görgens and J. Z. Kusek, *Making Monitoring and Evaluation systems work: A Capacity Development Toolkit*, no. c. The World Bank, 2009.

- [92] U. H. Westergren and E. Wennerholm, «Exploring Service System Resources: The Role of Technology,» *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 1317–1326, Jan. 2013.
- [93] 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.
- [94] S. Andreozzi, N. De Bortoli, S. Fantinel, A. Ghiselli, G. L. Rubini, G. Tortone, M. C. Vistoli, and N. De Bortoli, «GridICE: a monitoring service for Grid systems,» *Future Generation Computer Systems*, vol. 21, no. 4, pp. 559–571, 2005.
- [95] B. Krishnamurthy, «A Top Down Approach to Enterprise Monitoring Using Change Point Detection,» *2012 Annual SRII Global Conference*, pp. 859–862, Jul. 2012.
- [96] U. Eiken, A. Liseth, and H. Witschel, «Ord i dag: Mining Norwegian daily newswire,» in *Lecture Notes in Computer Science. Advances in Natural Language Processing*, 2006, pp. 512–523.
- [97] C. Best, «Web Mining for Open Source Intelligence,» *2008 12th International Conference Information Visualisation*, no. April, pp. 321–325, Jul. 2008.
- [98] H. Mackay, «Information and the Transformation of Sociology: Interactivity and Social Media Monitoring,» *tripleC-Cognition, Communication, Co-operation*, vol. 11, no. 1, pp. 117–126, 2012.
- [99] Y. Dai, T. Kakkonen, and E. Sutinen, «SoMEST: a model for detecting competitive intelligence from social media,» in *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, MindTrek 2011*, 2011, pp. 241–248.
- [100] J. Neto, H. Meinedo, and M. Viveiros, «A media monitoring solution,» in *2011 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2011, pp. 1813–1816.
- [101] C. Paris and S. Wan, «Listening to the community: social media monitoring tasks for improving government services,» in *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2011, pp. 2095–2100.
- [102] 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.
- [103] 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.
- [104] W. Duan, Q. Cao, Y. Yu, and S. Levy, «Mining Online User-Generated Content: Using Sentiment Analysis Technique to Study Hotel Service Quality,» *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 3119–3128, Jan. 2013.
- [105] B. Zhou, Y. Jia, C. Liu, and X. Zhang, «A Distributed Text Mining System for Online Web Textual Data Analysis,» *2010 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery*, vol. i, pp. 1–4, Oct. 2010.
- [106] F. Buytendijk and D. Flint, «How BAM can turn a business into a real-time enterprise,» *Gartner, AV-15*, no. March, 2002.
- [107] 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.
- [108] B. Wetzstein, O. Danylevych, F. Leymann, M. Bitsaki, C. Nikolaou, W.-J. Van Den Heuvel, and M. P. Papazoglou, «Towards Monitoring of Key Performance Indicators Across Partners in Service Networks,» in *1st Workshop on Monitoring Adaptation and Beyond MONA (2009)*, 2009, pp. 7–17.

- [109] G. Choi and G. Choi, «Design of Service System Framework for Web-based Monitoring and Control of Indoor Air Quality (IAQ) in Subway Stations,» in *New Trends in Information and Service Science*, 2009, pp. 659–663.
- [110] S. Kabadayi, a. Pridgen, and C. Julien, «Virtual Sensors: Abstracting Data from Physical Sensors,» *2006 International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks(WoWMoM'06)*, pp. 587–592, 2006.
- [111] 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. Kobyliński and A. Sobczak, Eds. Warsaw, Poland: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 278–289.
- [112] A. Avotiņš, «Monitoringa sistēmu lietojums mēdiju monitoringā (bakalaura darbs),» Rīgas Tehniskā universitāte, 2014.
- [113] H. Chen, «Towards service engineering: service orientation and business-IT alignment,» in *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences*, 2008.
- [114] 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.
- [115] C. Sandionigi, D. Ardagna, G. Cugola, and C. Ghezzi, «Optimizing Service Selection and Allocation in Situational Computing Applications,» *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 6, no. 3, pp. 414–428, 2013.
- [116] Z. Ma, L. Liu, H. Yang, and J. Mylopoulos, «Adaptive Service Composition Based on Runtime Requirements Monitoring,» *2011 IEEE International Conference on Web Services*, pp. 339–346, Jul. 2011.
- [117] J. Spohrer, L. Anderson, N. Pass, T. Ager, and D. Gruhl, «Service Science,» *Journal of Grid Computing , Special Issue on Grid Economics and Business Models*, vol. 2007, pp. 1–11, 2007.
- [118] R. Schmidt, «A Service-System Based Identification of Meta-services for Service-Oriented Enterprise Architecture,» *2011 IEEE 15th International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops*, pp. 293–300, Aug. 2011.
- [119] J. Spohrer and S. Vargo, «The service system is the basic abstraction of service science,» in *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences - 2008*, 2008, pp. 104–104.
- [120] Y. Peng, Y. Badr, and F. Biennier, «A generic service system for knowledge-intensive service firms,» *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems - MEDES '09*, p. 422, 2009.
- [121] G. Lella, A. Fischetto, V. Cesarotti, J. C. Spohrer, G. Ren, and Y. T. Leung, «Universities as complex service systems: External and Internal perspectives,» *Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, pp. 422–427, Jul. 2012.
- [122] M. Kirikova, J. Grundspenkis, and U. Sukovskis, «Educational »Ecosystem« for Information Systems Engineering,» in *The Proceedings of the 7th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering (TMCE 2008)*, 2008, pp. 769–784.
- [123] L. Freund and J. Spohrer, «The human side of service engineering,» *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, vol. 23, no. 1, pp. 2–10, 2013.
- [124] R. Glushko, «Seven contexts for service system design,» in *Handbook of service science*, P. P. Maglio, C. A. Kieliszewski, and J. C. Spohrer, Eds. Boston, MA: Springer US, 2010, pp. 221–249.
- [125] 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.
- [126] G. Kapitsaki, D. Kateros, I. Foukarakis, G. Prezerakos, D. Kaklamani, and I. Venieris, «Service Composition: State of the art and future challenges,» in *Proceedings of the Mobile and Wireless Communications Summit, 2007*, 2007, pp. 1–5.
 - [127] J. Rao and X. Su, «A survey of automated web service composition methods,» in *Proceedings of SWSWPC 2004*, 2005, pp. 43–54.
 - [128] M. Ter Beek, A. Bucchiarone, and S. Gnesi, «A survey on service composition approaches: From industrial standards to formal methods,» in *Proceedings of the 2nd International Conference on Internet and Web Applications and Services (ICIW'07)*, 2006.
 - [129] M. Ter Beek, A. Bucchiarone, and S. Gnesi, «Formal methods for service composition,» *Annals of Mathematics, Computing & Teleinformatics*, vol. 1, no. 5, pp. 1–10, 2007.
 - [130] 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.
 - [131] 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.
 - [132] B. Mohabbati, M. Asadi, D. Gašević, M. Hatala, and H. A. Müller, «Combining service-orientation and software product line engineering: A systematic mapping study,» *Information and Software Technology*, vol. 55, no. 11, pp. 1845–1859, 2013.
 - [133] K. C. Kang, S. G. Cohen, J. A. Hess, W. E. Novak, and A. S. Peterson, «Feature-oriented domain analysis (FODA) feasibility study,» 1990.
 - [134] A.-L. Lamprecht, S. Naujokat, and I. Schaefer, «Variability Management beyond Feature Models,» *Computer*, vol. 46, no. 11, pp. 48–54, 2013.
 - [135] M. Guessi, F. Oquendo, and E. Nakagawa, «Variability viewpoint to describe reference architectures,» *Proceedings of the WICSA 2014*, 2014.
 - [136] 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.
 - [137] 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.
 - [138] K. Czarnecki and A. Wasowski, «Feature Diagrams and Logics: There and Back Again,» *11th International Software Product Line Conference (SPLC 2007)*, pp. 23–34, Sep. 2007.
 - [139] E. Wittern and C. Zirpins, «On the use of feature models for service design: The case of value representation,» in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2011, vol. 6569 LNCS, pp. 110–118.
 - [140] «[ISO/IEC 42010:2007] Recommended practice for architectural description of software-intensive systems (ISO/IEC 42010),» 2007.
 - [141] 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.
 - [142] M. Janota and G. Botterweck, *Formal Approach to Integrating Feature and Architecture Models*, vol. 4961. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008.
 - [143] M. Abu-Matar and H. Gomaa, «Feature Based Variability for Service Oriented Architectures,» *2011 Ninth Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture*, pp. 302–309, Jun. 2011.

- [144] 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.
- [145] 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.
- [146] 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.
- [147] 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.
- [148] 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.
- [149] 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.
- [150] 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.
- [151] P. Rudzajs, «Problēmspecifisku datu izgūšana no dokumentiem, izmantojot dažādas zināšanu struktūras (Valsts pētījumu programmas projekta uzdevuma atskaite),» 2012.
- [152] 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.
- [153] I. Birzniece and P. Rudzajs, «Machine Learning Based Study Course Comparison,» in *IADIS Conference on Intelligent Systems and Agents 2011 (ISA 2011)*, 2011, pp. 107–111.
- [154] M. Tanenblatt, A. Coden, and I. Sominsky, «The conceptmapper approach to named entity recognition,» in *LREC Conference, Malta*, 2010, pp. 546–551.
- [155] «Stop word list.» [Online]. Available: <http://jmlr.csail.mit.edu/papers/volume5/lewis04a/a11-smart-stop-list/english.stop>.
- [156] A. Huang, «Similarity Measures for Text Document Clustering,» no. April, 2008.
- [157] C. D. Manning, P. Raghavan, and H. Schütze, *An Introduction to Information Retrieval*, no. c. 2009.
- [158] M. Wiecek, D. Vos, and H. Bons, «Systems and Software Quality,» *New York*, pp. 97–126, 2014.

PIELIKUMI

Promocijas darbam ir 6 pielikumi.

1. pielikumā ievietots svarīgāko darbā lietoto terminu un saīsinājumu skaidrojumu saraksts.
2. pielikumā dots dažādu monitoringa sistēmu uzbūves īpašību apkopojums.
3. pielikumā dots apkopojums par servisu sistēmu iedalījumiem.
4. pielikumā dots izmantoto servisu saīsinājumu atšifrējums.
5. pielikumā dots pastarpinātās IPPI identificēšanas programmatūras prototipa konfigurācijas apraksts.
6. pielikumā doti automātiskās IPPI identificēšanas rezultāti.

1. pielikums. Termini un saīsinājumi.

Termins	Skaidrojums
Abstrakts serviss	Ja aplūko servisu augstākā abstrakcijas līmenī, ir lietots termins abstrakts serviss (skat. arī «serviss»)
ACM-CCS	Asociācijas « <i>Association for Computing Machinery</i> » zināšanu struktūra
Arhitektūra	Sistēmas arhitektūra ir konceptuāls modelis, kas definē struktūras, uzvedības un citus sistēmas skatus. Arhitektūras apraksts ir sistēmas atspoguļojums, kas ļauj spriest par sistēmas struktūru un uzvedību
Arhitektūras skatu punkts	Skatu punkts ir vadlīniju, modeļa šablonu (notāciju) u. c. elementu kopums viena tipa skata izveidei
Arhitektūras skats	Skats ir sistēmas arhitektūras uzbūves aspekts, kas parāda, kā arhitektūra apmierina iesaistīto pušu intereses
Automatizēts serviss	Ja funkcionalitāti nodrošina programmatūra, ir lietots termins automatizēts serviss (skat. arī «serviss», «konkrēts serviss»)
Automatizācijas pakāpe	Lai raksturotu cilvēka iesaisti aktivitātes realizācijā, tiek lietots termins <i>automatizācijas pakāpe</i> . Informācijas apstrādes procesa aktivitāšu galējās automatizācijas robežas ir «manuāls» un «automātisks». Papildus šīm automatizācijas pakāpēm tiek lietota arī pakāpe «daļēji automātisks», lai uzsvērtu cilvēka un programmatūras vienlaicīgu iesaisti aktivitātes realizācijā
DISCO	Eiropas prasmju un kompetenču vārdnīca (<i>European Dictionary of Skills and Competencies</i>) (zināšanu struktūra)
Dokuments	Dokuments ir objekts, kas atspoguļo informāciju. Tiek pieņemts, ka informācijas avotu veido dokuments vai dokumentu kopa (skat. arī «informācijas avots»)
EduMON	Konkrēta IPPI monitoringa sistēma <i>EduMON</i> . <i>EduMON</i> nosaukums radies no sistēmas nosaukuma angļu valodā – <i>E</i>ducation demand and offer information MONitoring system

Iezīmju modelis	Iezīmju modelis ir sistēmas iezīmju koks. Promocijas darbā ir izmantoti iezīmju modeļi, kas ieinteresētajām pusēm atspoguļo tām redzamās sistēmas īpašības, proti, sistēmas nodrošinātos servissus
IMI metode	Iezīmju modeļa izstrādes metode
Informācijas avots	Informācijas avots ir jebkas, kas sniedz informāciju par interesējošo jomu, piemēram: 1) nozares darba tirgū – darba sludinājumi, amatu apraksti, aptaujas; 2) izglītības iestādēs – studiju kursu apraksti, sertifikācijas kursu apraksti; 3) valsts iestādēs, starptautiskajās organizācijās un no industrijas asociāciju puses – nacionālas nozīmes profesiju standarti, studiju programmu rekomendācijas un profesionālie standarti. (skat. arī «dokuments»)
IPP – Izglītības Pieprasījums un Piedāvājums	Zināšanu, prasmju un kompetenču pieprasījums nozares organizācijās, piedāvājums – izglītības iestādēs
IPPI – Izglītības Pieprasījuma un Piedāvājuma Informācija	Zināšanu, prasmju un kompetenču informācija
IPPI avotu atbilstība	Ar IPPI atbilstību ir saprasts IPPI avotos atspoguļotās IPPI pārklājums, piemēram, darba sludinājumos atspoguļoto prasmju pārklāšanās ar studijuursos atspoguļotajām prasmēm. Pamatojoties uz IPPI atbilstību, var spriest par IPP atbilstību
IPPI stāvoklis	Ar IPPI stāvokli ir saprasts kādā 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
KIVIS	Konceptuālu struktūru sasaistes rīks <i>KIVIS</i> . <i>KIVIS</i> 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».
Konkrēts serviss	Ja aplūko servisu zemākā abstrakcijas līmenī, ir lietots termins konkrēts serviss. Konkrētais serviss ir abstraktā servisa implementācija. Automatizētie servisi un manuālie servisi ir konkrētā servisa tipi
Manuāls serviss	Ja funkcionalitāti nodrošina cilvēks, ir lietots termins manuāls serviss (skat. arī «serviss», «konkrēts serviss»)
Mērķorientēts serviss	Mērķorientēts serviss ir līdzeklis, lai formulētu mērķus, kas sasniedzami ar konkrēto servisu plūsmām (skat. arī «konkrēts serviss»)
Monitoringa sistēma	Monitoringa sistēma ir sistēma, kuras galvenais mērķis ir sistēmas lietotājiem nodrošināt iespēju novērot situāciju un tās izmaiņas, kas notiek laika gaitā
MSK metode	Mērķorientēta servisu kompozīcijas metode
ONET	Amerikas Nodarbinātības informācijas tīkla programmas «O*NET» definētie rīki un tehnoloģijas (zināšanu struktūra)
Pāreja starp servisiem	Ar pāreju starp servisiem tiek saprasta viena servisa izpildes rezultātu pieejamības nodrošināšana citiem servisam.
Serviss	Serviss ir servisu orientēta risinājuma loģikas pamata vienība, kuras veidošanā tiek piemēroti servisu orientācijas projektēšanas principi (piemēram, atkārtota izmantojamība, vājsaistība, autonomija, abstrakcija, komponējamība u. c.). Ar servisiem plašākā nozīmē saprot servisu sistēmā iesaistīto labā veiktas darbības un tiem lietojamu resursu nodrošināšanu, bet šaurākā nozīmē ar servisiem saprot modulāru funkcionalitāti, kurai var piekļūt un kombinēt ar citām
Servisu kompozīcija	Servisu sistēmu uzdošanas veids. Servisu kompozīcija ir esošu servisu kombinēšana un sasaiste, lai radītu jaunus servissus, nodrošinot jaunu funkcionalitāti un apmierinot dažādās servisu patērētāju (gan esošo, gan potenciālo) prasības un radot lielāku vērtību nekā darbojoties atsevišķi. Servisu kompozīcija ir servisu sakārtošana servisu plūsmā

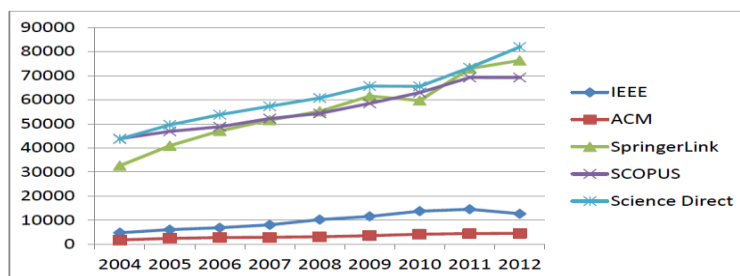
Servisu sistēma	Servisu sistēma ir sistēma, kas ietver servisu, cilvēkus un koplietojamu informāciju, lai sasniegtu ieinteresēto pušu mērķus ar servisu kompozīcijām. Arī informācijas sistēmas ir servisu sistēmas. Informācijas intensīvākie servisi ir tie, kuros nav vai ir maza nepieciešamība pēc fiziskas un personīgas mijiedarbības, vai arī – kur personīgās mijiedarbības ir šauri koncentrētas uz informācijas apmaiņu, lai pieņemtu lēmumu un pielietotu citu informāciju
Sistēmas dažādība	Dažādība programmatūras inženierijā parasti tiek definēta kā programmatūras vai programmatūras artefakta (piemēram, servisa, servisu kompozīcijas) spēja tikt izmainītam, lai tas pielāgotos specifiskam kontekstam. Promocijas darbā tiek apskatīta informācijas intensīvu servisu sistēma, tāpēc dažādība tiek definēta kā spēja mainīt informācijas apstrādes vienību (t. i. servisu), lai tā pielāgotos specifiskam kontekstam, mērķim vai nodomam
SOA — servisu orientēta arhitektūra	SOA ir tehnoloģijas arhitektūra, kas ietver tehnoloģiju, produktu, atbalstošās infrastruktūras un citu daļu kopumu
VIPPIMON	Vispārīga IPPI monitoringa sistēma
Zināšanu struktūras	Ietver ontoloģijas, taksonomijas, vārdnīcas u. c., kas organizē un strukturē kādas jomas jēdzienus. Zināšanu struktūras ir līdzeklis, lai strukturētā veidā uzdotu dokumentu konceptuālās struktūras elementu vērtības, piemēram, studiju kursos apgūstamās prasmes vai arī darba sludinājumā pieprasītās prasmes

2. pielikums. Literatūras apkopojums par monitoringa sistēmām.

Pielikuma saturs ir iedalīts divās daļās. Pirmajā daļā tiek apskatītas dažādas zinātnisko rakstu datubāzes, kurās meklēšana tiek veikta pēc šādiem atslēgas vārdiem: «*monitoring*», «*monitoring system*», «*monitoring system*» un «*service*», «*media monitoring*», kā arī «*media monitoring*» un «*service*». Pielikuma otrajā daļā ir dots literatūras apkopojums par monitoringa sistēmām.

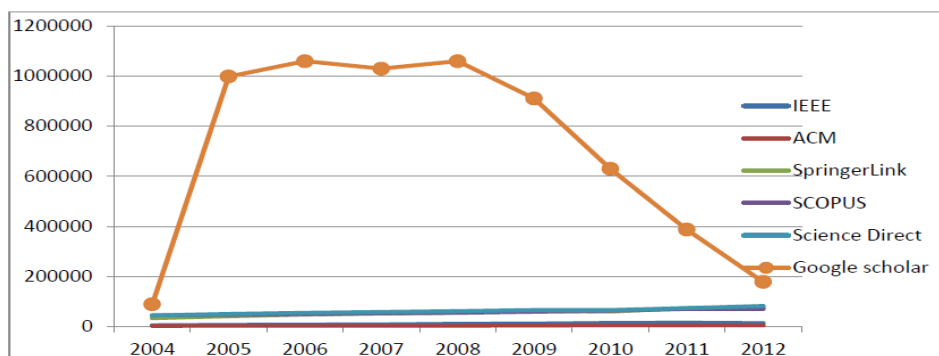
Monitoringa popularitāte

Vārds «*monitoring*» ir populārs zinātniskajos rakstos datubāzēs, piemēram, *SCOPUS*, *SpringerLink*, *ACM* u. c. (skat. 1.att.)



1. att. Vārda «*monitoring*» lietošana rakstos no 2004. līdz 2012. gadam šādās datubāzēs: *IEEE*, *ACM*, *SpringerLink*, *Scopus* un *Science Direct*

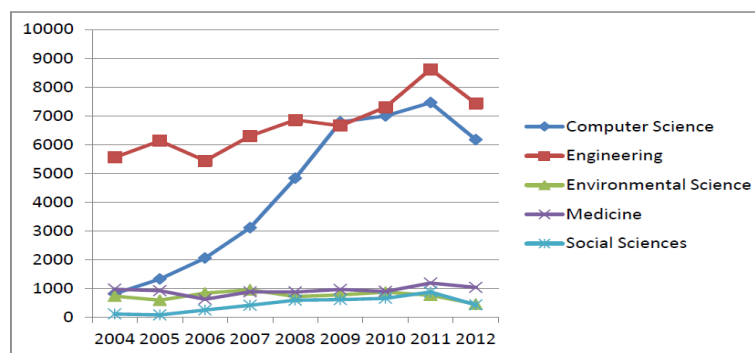
1. att. parāda, ka vārds «*monitoring*» atkarībā no datubāzes apjoma un jomas parādās 500 līdz 80000 rakstos gada laikā. *Google Scholar* parāda lielu skaitu rakstu ar vārdu «*monitoring*» laika periodā no 2005. līdz 2009. gadam (skat. 2. att.). Taču rakstu skaits pakāpeniski samazinās līdz skaitam, kas ir 1. att. parādītajās datubāzēs.



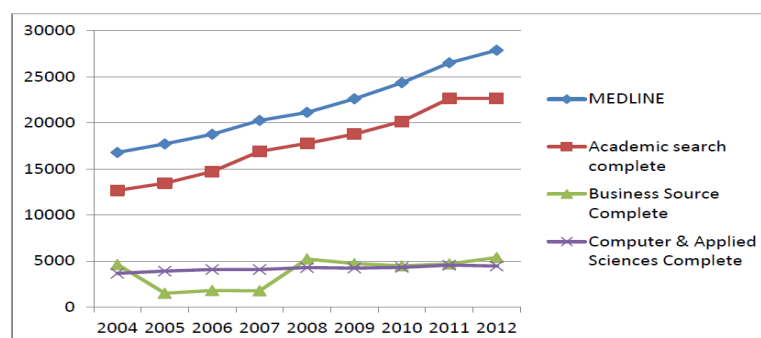
2. att. Vārda «*monitoring*» lietošana Google Scholar indeksētos rakstos no 2004. līdz 2012. gadam

Atsevišķās datubāzēs rakstu skaits, kas satur vārdu «*monitoring*», atšķiras atkarībā no pētījumu jomas. Piemēram, datorzinātnē *SCOPUS* kopš 2005. gada uzrāda ievērojamu kāpumu konferenču rakstu skaitā par monitoringu (skat. 3. att.). Taču citās jomās kaut gan neliels, tomēr

ir vērojams stabils pieaugums rakstu skaitā par monitoringu. 3. attēls parāda tikai konferenču rakstu skaitu, taču gadījumā, kad tiek apskatīti visu tipu raksti, piemēram, datorzinātnes jomā, gada laikā ir par 500–1500 rakstu vairāk, kas nemaina tendenci, kas ir vērojama konferenču rakstos. Datorzinātnes un inženierijas jomas raksti prevalē *SCOPUS* datubāzē, taču savādāk ir *EBSCO* datubāzē (skat. 4. att.)



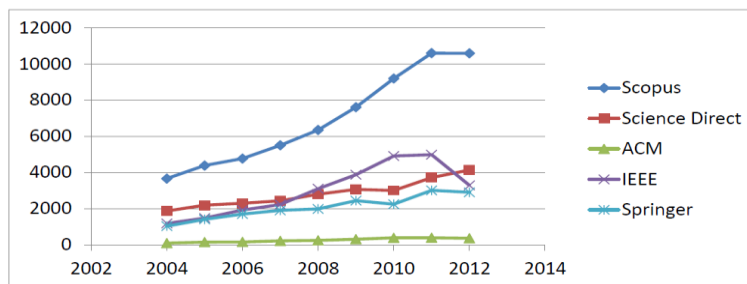
3. att. Vārda «*monitoring*» lietošana konferenču rakstos *Scopus* datubāzē no 2004. līdz 2012. gadam



4. att. Vārda «*monitoring*» lietošana akadēmiskajos žurnālos *Ebsco* datubāzē no 2004. līdz 2012. gadam

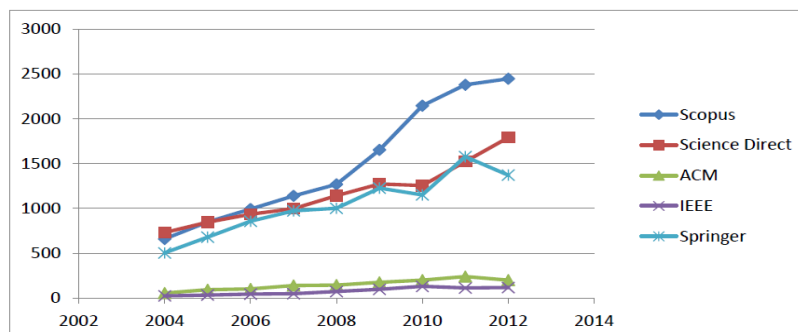
Lai gan absolūtais rakstu skaits atšķiras no pētījumu jomas un datubāzes, kopējā popularitātes tendence vārdam «*monitoring*» zinātniskajos rakstos ir acīmredzama.

Ņemot vērā, ka monitoring ir funkcija, ir jābūt sistēmai, kas veic šo funkciju. Tāpēc monitoringa sistēma ir sistēma, kas veic monitoringa funkciju. Rakstu skaits, kas iekļauj vārdus «*monitoring system*» ir parādīts 5. att.



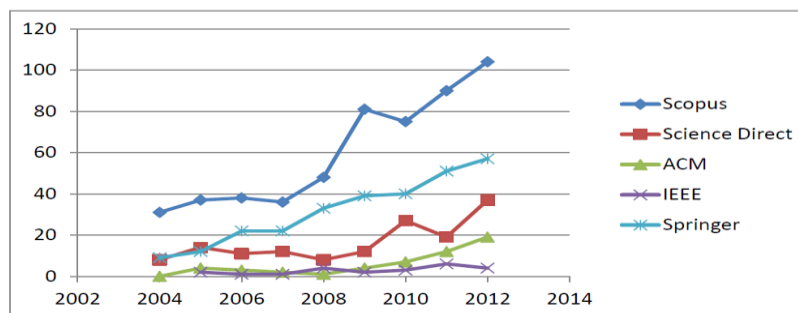
5. att. Vārdu «monitoring system» lietošana IEEE, ACM, SpringerLink, Scopus un Science Direct datubāzu rakstos no 2004. līdz 2012. gadam

Salīdzinot 5. att. ar 1. att., var redzēt, ka monitoringa sistēmas ir apskatītas 7 reizes mazāk nekā monitorings. Tas ļauj izteikt pieņēmumu, ka nepieciešamība pēc monitoringa sistēmām ir lielāka nekā pašreiz piedāvāto risinājumu kapacitāte. Šajā promocijas darbā fokuss ir uz monitoringa sistēmām, kas iekšēji ir organizētas kā servisu sistēmas. Servisu sistēma ir darba sistēma, kas patērētājiem nodrošina servisu [1], [2]. Rakstu skaits, kas apskata servisos balstītas monitoringa sistēmas, t. i., vārds «service» ir lietots kopā ar vārdu «monitoring system», ir ievērojami mazāks nekā rakstu skaits, kas apspriež monitoringa sistēmas (skat. 6. att). Apmēram 25% rakstu par monitoringa sistēmām apskata arī servisu (skat. 6. att. attiecībā pret 5. att.).

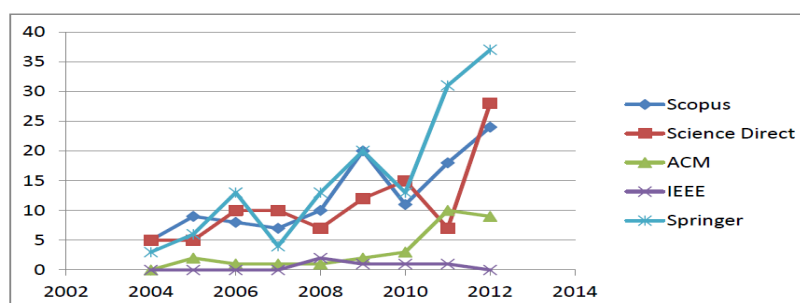


6. att. Vārdu «monitoring system» un «services» lietošana IEEE, ACM, SpringerLink, Scopus un Science Direct datubāzu rakstos no 2004. līdz 2012. gadam

Viens no aktuāliem jautājumiem monitoringā ir datu formu dažādība. Jauns monitoringa sistēmu atzars — tā sauktās plašsaziņas līdzekļu (angl. *media*) monitoringa sistēmas — aptver vislielāko datu formu dažādību (nestukturēti, daļēji strukturēti un strukturēti dati no ziņu portāliem, sociālajiem plašsaziņas līdzekļiem, radio un TV), kas prasa īpašas pieejas datu apstrādē. Rakstu skaita pieaugums plašsaziņas līdzekļu monitoringa jomā ir parādīts 7. att. Nav ievērojams rakstu skaits, kas iekļauj vārdus «monitoring systems» un «media monitoring», lai gan ir raksti, kas apskata plašsaziņas līdzekļu monitoringu kopā ar servisiem (skat. 8. att).



7. att. Vārdu «media monitoring» lietošana IEEE, ACM, SpringerLink, Scopus un Science Direct datubāzu rakstos no 2004. līdz 2012. gadam



8. att. Vārdu «media monitoring» un «service» lietošana IEEE, ACM, SpringerLink, Scopus un Science Direct datu bāzu rakstos no 2004. līdz 2012. gadam

Literatūras apskats

Nemot vērā promocijas darbā izstrādātos monitoringa sistēmu raksturojošos parametrus (monitorējamais objekts (MO), monitoringa aspekti (MA), fiziskie sensori (FS) un virtuālie sensori (VS), datu avota formāts (DAF), datu avotu strukturētība (DS), monitoringa sistēmas iekšējā uzbūve (MSIU), monitoringa apakšfunkcijas (MAF), monitoringa metodes (MM), iesaistītās puses (IP)), 1. tabulā tiek aprakstītas esošo monitoringa sistēmu iespējas un problēmas. Daži parametri ir tematiski sagrupēti vienā tabulas rindā. Tabulas otrajā kolonā ir uzskaitītas monitoringa sistēmu iespējas, savukārt trešajā kolonā – tiek raksturotas problēmas. Iespēju saraksti nav pilnīgi, jo literatūras avotos ne vienmēr ir dota informācija atbilstoši visiem analīzes parametriem. Tas parāda to, ka pašreizējie pētījumi par monitoringa sistēmām paši par sevi nav pilnīgi un tas ir viens no izaicinājumiem šajā jomā.

2. un 3. tabulā ir dots literatūras apkopojums par monitoringa sistēmām, kas organizēts pa nozarēm un pa autoriem.

1. tabula. Monitoringa sistēmu iespējas un problēmas

Parametrs	Iespējas	Problēmas
MO	Ierīču stāvoklis aeronautikā [3], Zemes stāvoklis [4], gaisa stāvoklis [5]; klimata pārmaiņas [6], [7]; apkārtnes būvniecības objektos [8], resursi mežapstrādē [9], dažādu jomu sociālie plašsaziņas līdzekļi [10]–[13], tādi kā ziņas [14], TV un radio [15], tīmekļa lapas un tematikas [16], krīzes [17], viesnīcas [18], veselības aprūpes programmas [19]; veselības stāvoklis [20]; izglītība [21]–[26]; biznesa procesi [27]–[29]; satiksmes stāvoklis [30], IT sistēmas un programmatūra [9]; dalīto <i>Grid</i> sistēmu stāvoklis [31].	Lai gan monitoringa sistēmu spektrs ir plašs, tomēr literatūras avotu skaits (1.att.) par monitoringu ir daudz lielāks salīdzinājumā ar avotu skaitu par monitoringa sistēmām (skat. 5.att.) Tas ļauj pieņemt to, ka ir jomas, kurās nav pieejams monitoringa sistēmu atbalsts.
MA, DAF un DS	Signāli no lidaparātu ierīcēm [3], mežapstrādes ierīcēm [9], gaisa stāvokļa mērierīcēm [5], veselības aprūpes ierīcēm [20], dalīto sistēmu ierīcēm [31], bezvadu tīkliem [8], serveriem un citām IT ierīcēm [32]; Ultravioletā starojuma līmenis [4]; video un audio dati [15], [30]; strukturēti vai daļēji strukturēti teksti [17], [18], [22], [23]; nestrukturēti teksti [6], [7], [10]–[12], [14], [16]–[18], [33].	Ieejas datu dažādība ir liela. Joprojām lielākā daļa izaicinājumu ir nestrukturētu datu iegūšanā.
FS un VS	Tiek lietoti gan fiziskie sensori, piemēram, [3], gan virtuālie sensori, piemēram, [27]–[29].	Sensora tipi un raksturojumi tiek reti apskatīti. Datu iegūšana no virtuāliem sensoriem un no dažādiem sensoriem iegūtu datu sajaukšana joprojām ir problēma, kas jārisina.
MSIU	Moduļi [3]; <i>JDL</i> sajaukšanas ietvars [3]; uz funkcijām orientēta [4]; ierīču tīkls [5]; komponenti [19], [30]; daudz aģentu arhitektūra [30]; slāņi [31]; dalītā skaitļošana [8]; mobilā skaitļošana [9]; servisu orientētā arhitektūra [8], [13]; datu noliktava [32]; datu straumēšana [4], [14], [16]; portāli [6], [7].	Monitoringa sistēmu iekšējā uzbūve tiek apskatīta no dažādiem skatu punktiem. Tas apgrūtina sistēmu salīdzināšanu un risinājumu izplatīšanu zinātniskajā pētniecībā.
MAF un MM	<i>Izgūšana</i> : datu nolasīšana no sensoriem [3]–[5], [8], [9], [19], [20], [30]; datu nolasīšana no datu bāzēm (t.sk. datu noliktavām) [3], [9], [19], [20], [32]; tīmekļa pārmeklēšana [6], [7]; datu lejupielādēšana utt. [6], [7], [10]–[13], [15], [17], [18], [33]. <i>Analīze</i> : Datu sajaukšana [3], [6], [7], [9]–[18], [30], [33]; gadījumos saknota spriešana; teksta analīze; informācijas klasifikācija un kontekstualizācija [4]–[8], [30]; izmaiņu identificēšana [32]; tekstu attīrīšana, atslēgvārdos saknota apstrāde, sentimenta analīze [6], [7], [18], metadatu un semantisko datu ģenerēšana [15], aptaujas, tekstu marķēšana [11]; dabīgās valodas apstrāde un lielo datu (angl. <i>Big data</i>) integrācija [12], tekstizrace [17], runas atpazīšana; u. c. [6], [7], [10]–[18], [33]. <i>Izplatīšana</i> : specializēti lietotāju interfeisi [3], [9], [20], [32], portāli ar meklēšanas un pārlūkošanas iespējām [6], [7], [10]–[19], [33].	Dažādu datu tipu apstrādes metožu dažādība ir augsta. Tomēr ne visos gadījumos tiek raksturotas izmantotās metodes, reti tika raksturotas visās trīs apakšfunkcijās izmantotās metodes. Zinātniskajā literatūrā joprojām trūkst zināšanas par metožu labāko kombināciju visās trīs apakšfunkcijās atkarībā no monitoringa sistēmas arhitektūras.
IP	<i>Izgūšana</i> : Ierīces [3]–[5], [8], [9], [30]–[32], digitālie datu avoti [6], [7], [10]–[18], [20], [33]; cilvēki [19], [22], [23]. <i>Analīze</i> : cilvēki [19], [22], [23]. <i>Izplatīšana</i> : cilvēki visos gadījumos.	Rakstos ļoti reti tiek apspriestas datu apstrādē iesaistītās puses.

2. tabula. Monitoringa sistēmas pa nozarēm

Monitoringa veids	Monitorējamie aspekti (mērķis, avoti, indikatori)	Datu avota vide un struktūrēība	Sistēmu uzbūves aspekti	Iesaistītās puses (personas, organizācijas) (piegādā, apstrādā, izmanto monitoringa rezultātus)
Mehānisko sistēmu monitorings	Mehānisko iekārtu stāvokļa dati, balstoties uz iekārtu sensoru vērtībām (piemēram, aeronautikā [3], mežapstrādē [9])	Sensoros esošās datu struktūras. (Datu avoti ir struktūrēti).	Vispārīgi principi: komponentos balstīta sistēma; servisu sistēma Izgūšana: datu nolasīšana no sensoriem, datu bāzēm; ierīces no sensoriem nolasītos datus caur mobilo tīklu nosūta uz serveri Apstrāde: datu sapludināšana Izmantošana: vispārīgi - specializēti lietotāju interfeisi	Piegādā: (automatizēti no sensoriem) Apstrādā: - Izmanto: lēmumu pieņēmēji par iekārtu uzturēšanas darbiem, iekārtu uzturēšanas servisa personāls
Vides monitorings	Zemes stāvokļa dati (piemēram, ultravioletais starojums [4], gaisa kvalitāte [5]) no dažādiem sensoriem, Klimata pārmaiņu dati [7], [6] no dažādiem tīmekļa resursiem (iestāžu, iedzīvotāju novērojumi/viedokļi, ziņas) Apkārtnes dati no video iekārtām, bezvadu sensoru tīkliem (piemēram, no pilsētas satiksmes video novērošanas iekārtām [30], no būvlaukumos un uzņēmumos objektos uzstādītajiem sensoriem [8])	Sensoru dati (tekstuāla formāta struktūrēti dati, video formāta nestrukūrēti dati), tīmekļa resursi (tekstuāla formāta nestrukūrēti un daļēji struktūrēti dati)	Vispārīgi principi: sensoru tīkli; komponentos balstīta sistēma; daudzgažentū arhitektūra; daļiņā skaitļošana, tīmekļa servisi; SOA Izgūšana: datu nolasīšana no vienotā/dalītā tīklā savienotiem sensoriem; Tīmekļa pārmeklēšanas tehnoloģijas Apstrāde: datu sajaukšana; zināšanās sakņotu formālu modeļu izmantošana; teksta apstrādes tehnoloģijas; sentimenta analīze, informācijas klasifikācija un kontekstualizācija Izmantošana: portāls ar meklēšanas un pārlietošanas iespējām	Piegādā: (automatizēti no sensoriem) Apstrādā: - Izmanto: pētnieki, lēmumu pieņēmēji, sabiedrība, operatori (piemēram, metrostaciju uzturēji), drošības personāls, būvlaukumu un to apkārtnes novērotāji, trešo pušu lietotāji, ...
IT resursu	Aparatūras un programmatūras resursu dati Grid dalītās sistēmās [31] un	Tekstuāla formāta struktūrēti dati no	Vispārīgi principi: komponentos un slāņos	Piegādā: (automatizēti no

Monitoringa veids	Monitorējamie aspekti (mērķis, avoti, indikatori)	Datu avota vide un struktūrētība	Sistēmu uzbūves aspekti	Iesaistītās puses (personas, organizācijas) (piegādā, apstrāda, izmanto monitoringa rezultātus)
Mehānisko sistēmu monitorings	Mehānisko iekārtu stāvokļa dati, balstoties uz iekārtu sensoru vērtībām (piemēram, aeronautikā [3], mežapstrādē [9])	Sensoros esošās datu struktūras. (Datu avoti ir struktūrēti).	Vispārīgi principi: komponentos balstīta sistēma; servisu sistēma Izgušana: datu nolasīšana no sensoriem, datu bāzēm; ierīces no sensoriem nolasītos datus caur mobilo tīklu nosūta uz serveri Apstrāde: datu sapludināšana Izmantošana: vispārīgi - specializēti lietotāju interfeisi	Piegādā: (automatizēti no sensoriem) Apstrāda: - Izmanto: lēmumu pieņēmēji par iekārtu uzturēšanas darbiem, iekārtu uzturēšanas servisa personāls
Vides monitorings	Zemes stāvokļa dati (piemēram, ultravioletais starojums [4], gaisa kvalitāte [5]) no dažādiem sensoriem. Klimata pārmaiņu dati [7], [6] no dažādiem tīmekļa resursiem (iespējams, iedzīvotāju novērojumi/viedokļi, ziņas) Apkārtmes dati no video iekārtām, bezvadu sensoru tīkliem (piemēram, no pilsētas satiksmes video novērošanas iekārtām [30], no būvlaukumos un uzbūvētos objektos uzstādītajiem sensoriem [8])	Sensoru dati (tekstuāla formāta struktūrēti dati, video formāta nestruktūrēti dati), tīmekļa resursi (tekstuāla formāta nestruktūrēti un daļēji struktūrēti dati)	Vispārīgi principi: sensoru tīkli; komponentos balstīta sistēma; daudzģeantu arhitektūra; daļiņā skaitļošana; tīmekļa servisi; SOA Izgušana: datu nolasīšana no vienotā daļiņā tīklā savienotiem sensoriem; Tīmekļa pārmeķlēšanas tehnoloģijas Apstrāde: datu saīkšana; zināšanas sakņotu formālu modeļu izmantošana; teksta apstrādes tehnoloģijas; sentimenta analīze, informācijas klasifikācija un kontekstualizācija Izmantošana: portāls ar meķlēšanas un pārliukošanas iespējām	Piegādā: (automatizēti no sensoriem) Apstrāda: - Izmanto: pētnieki, lēmumu pieņēmēji, sabiedrība, operatori (piemēram, metrostaciju uzraugi), drošības personāls, būvliukumu un to apkārtmes novērotāji, trešo pušu lietotāji, ...
IT resursu	Aparatūras un programmatūras resursu dati Grid daļiņas sistēmās [31] un	Tekstuāla formāta struktūrēti dati no	Vispārīgi principi: komponentos un slājos	Piegādā: (automatizēti no

Monitoringa veids	Monitorējamie aspekti (mērķis, avoti, indikatori)	Datu avota vide un struktūrēība	Sistēmu uzbūves aspekti	Iesaistītas puses (personas, organizācijas) (piegādā, apstrādā, izmanto monitoringa rezultātus)
			analitikas iespējām	
Izglītības monitorings	Izglītības sistēmas informācija no dažādām informācijas sistēmām, piemēram, par studējošo demogrāfiskiem datiem, studiju novērtējums attiecībā pret citiem gadiem u. c. aspekti [22]. Izglītības projektu realizācija, pienēram, par IKT lietojumu izglītības iestādēs [23]	Izglītības iestāžu datu bāzes un reģistri, kur ir tekstuāla formāta struktūrēti vai nestruktūrēti dati	Vispārīgi principi: organizatoriska pieeja; izmantoti programmu/projektu pārvaldības rīki Izgūšana: (nav specificēts) Apstrāde: (nav specificēts) Izmantošana: (nav specificēts)	Piegādā: izglītības sistēmā, programmas/projekts iesaistītie Apstrādā: izglītības sistēmā, programmas/projekts iesaistītie Izmanto: izglītības iestādes pārvaldītāji; programmu/projektu vadītāji
Veselības nozares monitorings	Ar veselības programmu realizāciju saistītie rādītāji no dažādiem dokumentiem [19], veselības stāvoklis (piemēram, [20])	Dokumenti par veselības programmu realizāciju tekstuāla formāta nestruktūrēti dati ; struktūrēti dati no dažādu ierīču sensoriem	Vispārīgi principi: organizatoriska pieeja; izmantoti programmu/projektu pārvaldības rīki; veselības stāvokļa monitoringam - izmantoti sensori Izgūšana: veselības stāvokļa monitoringam - datu nolasīšana no sensoriem, datu bāzēm; glabāšana serverī Apstrāde: veselības stāvokļa monitoringam - specifiskas datizīces metodes Izmantošana: veselības stāvokļa monitoringam - specializēti lietotāja interfeisi	Piegādā: veselības stāvokļa monitoringam - automatizēti no datu avotiem; veselības programmu realizācijā iesaistītie Apstrādā: veselības programmu realizācijā iesaistītie; veselības stāvokļa monitoringam - nav zināms; Izmanto: veselības programmu realizācijā iesaistītie; veselības stāvokļa monitoringam - mednāses, ārsti;

3. tabula. Monitoringa sistēmas pa autoriem

Sistēma, raksti	Sistēmas mērķis	Nozare	Datu avots	Monitorējamie indikatori	Uzbuve	Izmantotās pieejas, metodes	Iesaistītās puses
Phillips un Diston [3]	Ierīču stāvokļa monitorings	Aeronautika	Signāli no dažādam ierīcēm	lidmašīnas ierīču stāvokli aprakstoši indikatori	Moduļi, <i>JDL data fusion framework</i>	Zināšanās pieejas, intelektu, maksimālais datu sapludināšana	Izmanto: lēmumu pieņemēji par lidmašīnas uzturēšanas darbiem
Wang et.al. [4]	Zemes stāvokļa monitorings	Vide	Periodiski iegūti mērījumi no mērierīcēm	Ultravioletā starojuma līmenis u. c. indikatori	Pamata soļi: datu savākšana, apstrāde un publicēšana lietotājiem	Datu plūsma	Izmanto: pētnieki, lēmumu pieņemēji, sabiedrība
GH.Choi un GS.Choi [5]	Gaisa kvalitātes monitorings	Vide	Gaisa kvalitātes mērierīces	Gaisa kvalitatē	Mērierīces, kas integrētas vienotā tīklā, nosūta datus uz serveri	<i>LonWorks/IP</i> tehnoloģija, sensoru tīkli	Izmanto operatori, kas uzrauga metrostacijas
Vallejo et.al. [30]	Vīdeo monitorings (<i>surveillance</i>)	Pilsētas satiksme	Vīdeo attēli	Piemēram, objektu trajektorija, objektu ātrums)	Komponenti, Daudz-āģentu arhitektūra	Zināšanās daudzaģentu sistēmas, datu sapludināšana	Izmanto: drošības personāls
Andreozzi et.al [31]	Dalīto sistēmu monitorings	Grid sistēmas	vienkāršas vai saliktas metrikas no dažādiem grid resursiem	Ar <i>Grid</i> sistēmām saistītie indikatori	Slāņi	Datu atspoguļošana no <i>Grid Operation Centre</i> , Virtuālas Organizācijas, Vietnes dimensijām	Izmanto: lietotāji no virtuālām organizācijām
Hsieh un Hung [8]	Apkārtnes monitorings	Būvniecība	bezvadu sensoru tīkli	Pamatindikatori par apkārtnes drošību un uzbūvēto objektu servisa apstākļiem	Dalītā skaiļošana un <i>SOAP</i> tīmekļa servisi, <i>SOAP</i> Izrietošās īpašības - Mērogojamība, uzticamība.	<i>SOA</i>	Izmanto: būvlaukumu un to apkārtnes novērotāji, 3. pušu citi lietotāji

Sistēma, raksti	Sistēmas mērķis	Nozare	Datu avots	Monitorējamie indikatori	Uzdevs	Izmantotās pieejas, metodes	Iesaistītās puses
Westergren and Wennerholm in [9]	Attālinātā monitoringa sistēma; Resursu monitorings	Mežapstrāde	Dažādu mežapstrādes tehnisko iekārtu sensoru	Kontekstuāli dati par resursu temperatūru, spiedienu, vibrācijas biežumu	paplašināmība Programmatūra, kas uzstādīta ierīcēs pa mobilo sakaru tīklu nosūta informāciju uz serveri.	Servisu sistēma	Iekārtu izmantotāji, iekārtu uzturēšanas servisa personāls
Krishnamurthy [32]	Sistēmu un lietojumprogrammu resursu monitorings	IT resursi	Sensori, kas izvietoti uz serveriem citiem resursiem	Servisu pieprasījumi snūgā, jauni pasūtījumi, kopējais zvanu skaits, DSL trafiks u. c. metrikas	Datu savākšana no sensoriem, glabāšana datu noliktavā, izmaiņu noteikšana un attēlošana tīmekļa pārlūkprogrammā	Datu noliktava, izmaiņu noteikšana	Izmanto biznesa un IT menedžeri
Eiken et.al. [14]	Plašsaziņas līdzekļu monitorings	Ziņas	Teksti no ziņām norvēģu valodā	Atslēgvārdu lietojums ziņu tekstos pašreizējā dienā	Plūsmas: ikdienas tekstu attīrīšana, marķēšana, subjektu atpazīšana, ranžēšana un rezultāta atslēgvārdu iegūšana	Marķēšana, subjektu atpazīšana, atšķirību analīze izmantojot <i>Poisson</i> mēru kombinācijā ar relatīvo atslēgvārdu biežumu; atslēgvārdu kategorizācija un klasterizācija (<i>K-means</i> ar <i>Cosine</i> līdzības mēru)	Izmanto: visi, kam ir interese
Best [16]	Plašsaziņas līdzekļu monitorings; vietņu tematikas monitorings	Dažādas	Teksti no ziņu portāliem dažādās valodās	Atslēgvārdi; tematikas; personas; organizācijas; vietas; saites starp subjektiem; notikumi	Plūsmas: lejupielādē no tekstu novērojamajām vietēm un pielieto informācijas izgušanas metodes	No apakšas uz augšu klasterēšanas algoritms balstīts uz <i>Cosine</i> līdzības mēru; saišu identificēšana starp subjektiem; notikumu identificēšana (<i>Nexus</i> sistēma), ģeomarkēšana, ziņu kartes	Izmanto: Eiropas Komisija, publiskie lietotāji
Mackay [10]	Sociālo plašsaziņas līdzekļu monitorings	Dažādas nozares	Teksti no ziņu portāliem dažādās valodās	Vietas, cilvēki, cilvēku profili, sociālekonomiskās grupas, ģeo-demogrāfiskie dati	nav dota	nav dotas	Izmanto: sociologi, komerciālie uzņēmumi

Sistēma, raksti	Sistēmas mērķis	Nozare	Datu avots	Monitorējamie indikatori	Uzdevs	Izmantotās pieejas, metodes	Iesaistītās puses
Dai et.al. [33]	Sociālo plašsaziņas līdzekļu monitorings	Dažādas nozares	Teksti no sociāliem plašsaziņas līdzekļiem (blogi, <i>Twitter</i> , <i>Facebook</i> , <i>LinkedIn</i> , <i>Youtube</i>)	Konkurentu, patērētāju, partneru un piegādātāju notikumi; teksta atspoguļotie cilvēku viedokļi (īpašības - tematika, viedokļa izteicējs, pozitīvs/negatīvs)	Sociālo plašsaziņas līdzekļu saturs apkopošana, analīze & klasificēšana un sintezēšana	Konkurētspējas intelekts - sentimenta analīze kombinācijā ar notikumu informāciju. Modelis, kas apvieno notikumu laika līnijas analīzi un sentimenta analīzes metodes ar notikumu izgušanas metodēm: informācijas izgušanas tehnoloģijas, subjektu atpazīšana	Izmanto: tie, kas ir ieinteresēti tirgus tendenču un izmaiņu, kā arī patērētāju viedokļu monitorēšanā
Neto et.al. [15]	TV un radio plašsaziņas līdzekļu monitorings	Dažādas nozares	Vīdeo, audio informācija	Runātāja dzinums, tematika u.c	Galvenie bloki: ierakstīšana, apstrāde, glabāšana un piekļuve, un piegāde	Automātiska saturs aprakstošo metadatu un semantisko anotāciju ģenerēšana, izmantojot runas pārrakstīšanu, segmentāciju un indeksāciju	Iegūtā informācijas izplatīšana caur <i>web</i> meklēšanas interfeisu, <i>web</i> lapas, e-pasts, <i>SMS</i> , <i>MMS</i> , <i>RSS</i>
Paris un Wan [11]	Sociālo plašsaziņas līdzekļu monitorings		Sociālie plašsaziņas līdzekļi - <i>twitter</i> , blogi, forumi	viedokļi par produktu, problemātiku, tematiku	interfeiss teksta analīzei - izgušana un informācijas attēlošana	kopsavilkumu veidošana, svarīgākā iezīmēšana	Izmanto: Valdības servisu uzlabošanai
Kaschesky [12]	Sociālo plašsaziņas līdzekļu monitorings	Pilsoņu un iedzīvotāju centriskās nozares	Tiesīsaistītie pieejamie nestrukturētie dati	Tiesīsaistītie atspoguļotie viedokļi	nav dota	<i>Big data</i> integrācijas pieejas, sentimenta analīze, <i>Linked Open Data</i> , viedokļu mācīšanās, tiešsaistē izteikto viedokļu reprezentativitātes, sapludināšanas un paredzēšanas metodes, dabīgās valodas apstrāde	Izmanto: iesaistītās puses no privātā un publiskā sektora lēmumu pieņemšanas procesa uzlabošanai
Scharl et.al. [7], [6]	Klimata pārmaiņu monitorings	Vide	Saturs dažādiem iesaistīto pušu grupu resursiem:	Pozitīvas/negatīva informācija par klimata pārmaiņām kādā laikā intervālā, un citi	Datu apkopošana, informācijas izgušana Prezentācija: portāls ar meklēšanas,	Timekļa pārmeklēšanas tehnoloģijas; Teksta apstrādes tehnoloģijas; Sentimentā analīze	Izmanto: izglītošanās nolūkos, zinātniskai

Sistēma, raksti	Sistēmas mērķis	Nozare	Datu avots	Monitorējamie indikatori	Uzbuve	Izmantotās pieejas, metodes	Iesaistītās puses
			ziņas (RSS formātā), blogi, sociālie tīkli, uzņēmumu un nevalstisko organizāciju tīmekļa vietnes, citi avoti. Daļēji strukturēti, nestrukturēti	indikatori	pārlikšanas, tendenču analīzes un vizuālās analīzes iespējām	viedokļu noteikšanai; automatizēti servisi informācijas klasifikācijai un kontekstualizācijai; Ontoloģijas; Daudzi savstarpēji saistīti informācijas skati attēlošanai	komunikācijai, sabiedrības informēšanai, iesaistīto pušu koordinēšanai
Johansson et.al. [17]	Sociālo plašsaziņas līdzekļu monitorings	Krīzes pārvaldība	Sociālie plašsaziņas līdzekļi un to API Strukturēti, nestrukturēti dati.	Sabiedrības viedoklis	Datu iegūšana (meklēšanas parametru konfigurēšana, izvēlēto informācijas avotu ieguves procesa aktivizēšana, iegūto datu priekšapstrāde), datu analīze un glabāšana datu bāzē, vizualizācija	Dabīgās valodas apstrādes metodes, tekstizziāces metodes automatizētai satura, sentimenta un ietekmes izgūšanai	Izmanto iestādes, kas nodarbojas ar krīžu pārvaldību
Duan et.al. [18]	Plašsaziņas līdzekļu monitorings	Viesnīcas	Viesniņu meklēšanas portālos publicētas lietotāju atsauksmes (dati tika iegūti kā viens masīvs, dati netiek atjaunoti)	Lietotāju viedokļa kvalitātes dimensija	Sentimenta analīzes process: datu attīrīšana un teikumu izdalīšana; teikumu klasifikācija pa kvalitātes dimensijām; sentimenta polaritātes noteikšana	Sentimenta analīze, dabīgās valodas apstrāde	Izmanto: servisu kvalitātes novērošanai
Zou et.al. [13]	Plašsaziņas līdzekļu monitorings	Dažādas nozares	Dati no forumiem, ziņām, blogiem, mikro blogiem	Tematikas, viedokļi, u. c.	Slāji, SOA. Pamata soļi/soļi: pārmeklēšana un glabāšana, izrace, analīzes servisi	UIMA teksta apstrādes platforma, Hadoop datu failu sistēma, ziņojumorientēta starpprogrammatūra,	(nav minēts)

Sistēma, raksti	Sistēmas mērķis	Nozare	Datu avots	Monitorējamie indikatori	Uzbūve	Izmantotās pieejas, metodes	Iesaistītās puses
Gorgens un Kusek [19]	Nacionālās veselības programmas monitorings	Veselības nozare	Ar veselības programmu saistītie avoti	Programmas realizācijas rādītāji	Ievārs, kas sastāv no dažādiem komponentiem: datu radīšanas un lietošanas komponenti; datu pārvaldības procesu komponenti; datu analīzes komponenti;	Ievārs nenosaka specifiskas tehnoloģijas vai ar tehnoloģijām saistītas metodes	Izmanto: projektu programmu pārvaldītāji
Schikhof et.al. [20]	Veselības stāvokļa monitorings	Veselības nozare	Dati dažādiem sensoriem - skaņa, infrasarkanais starojums, video	Vecāku cilvēku slimības novērošana mājās apstākļos	Dati tiek savākti no sensoriem un nogādāti serverī	-	Monitoringa sistēmas datus izmanto mednāses, ārsti pacientu novērošanai
Carrizo et. al. [22]	Izglītības sistēmas monitorings	Izglītības nozare	Izglītības iestāžu informācijas sistēmas	Studentu un personāla informācijas atjaunošana; ēkas un aprīkojums; studiju novērtējums attiecībā pret iepriekšējiem gadiem un citām izglītības iestādēm; demogrāfiskie dati; dati par iepriekšējo uzņemšanu u. c. indikatori	nav dota	nav dotas	Izmanto: izglītības iestādes pārvaldītāji u. c.
Wagner et.al. [23]	Izglītības projektu monitorings	Izglītības nozare	izglītības iestādē pieejamie reģistri	studentu skaits attiecībā pret datoru skaitu; datoru tīklu pieejamība skolās; IKT integrācija studiju programmās u. c. indikatori	nav dota	nav dotas	Izmanto projektu pārvaldītāji u. c.

Pielikumā izmantotā literatūra

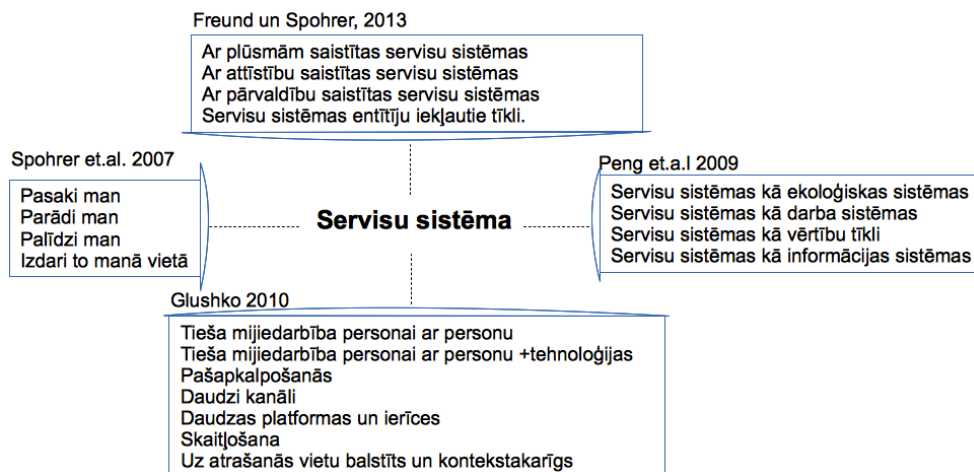
- [1] S. Alter, «Challenges for Service Science,» *Journal of Information Technology Theory and Application*, vol. 13, no. 2, pp. 22–37, 2012.
- [2] S. Alter, «Work System Theory: Overview of Core Concepts, Extensions, and Challenges for the Future,» *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 14, no. 2, pp. 72–121, 2013.
- [3] 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.
- [4] X. Wang, W. Gao, J. R. J. J. R. Slusser, J. Davis, B. Olson, S. Janssen, G. Janson, B. Durham, R. Tree, and R. Deike, «USDA UV-B monitoring system: An application of centralized architecture,» *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 64, no. 2, pp. 326–332, Dec. 2008.
- [5] G. Choi and G. Choi, «Design of Service System Framework for Web-based Monitoring and Control of Indoor Air Quality (IAQ) in Subway Stations,» in *New Trends in Information and Service Science*, 2009, pp. 659–663.
- [6] A. Scharl, A. Hubmann-Haidvogel, A. Weichselbraun, H.-P. Lang, and M. Sabou, «Media Watch on Climate Change -- Visual Analytics for Aggregating and Managing Environmental Knowledge from Online Sources,» *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 955–964, Jan. 2013.
- [7] A. Scharl and A. Weichselbraun, «An ontology-based architecture for tracking information across interactive electronic environments,» in *Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06)*, 2006, vol. 00, no. C, pp. 1–9.
- [8] Y.-M. Hsieh and Y.-C. Hung, «A scalable IT infrastructure for automated monitoring systems based on the distributed computing technique using simple object access protocol Web-services,» *Automation in Construction*, vol. 18, no. 4, pp. 424–433, 2009.
- [9] U. H. Westergren and E. Wennerholm, «Exploring Service System Resources: The Role of Technology,» *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 1317–1326, Jan. 2013.
- [10] H. Mackay, «Information and the Transformation of Sociology: Interactivity and Social Media Monitoring,» *tripleC-Cognition, Communication, Co-operation*, vol. 11, no. 1, pp. 117–126, 2012.
- [11] C. Paris and S. Wan, «Listening to the community: social media monitoring tasks for improving government services,» in *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2011, pp. 2095–2100.
- [12] 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.
- [13] B. Zhou, Y. Jia, C. Liu, and X. Zhang, «A Distributed Text Mining System for Online Web Textual Data Analysis,» *2010 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery*, vol. i, pp. 1–4, Oct. 2010.
- [14] U. Eiken, A. Liseth, and H. Witschel, «Ord i dag: Mining Norwegian daily newswire,» in *Lecture Notes in Computer Science. Advances in Natural Language Processing*, 2006, pp. 512–523.
- [15] J. Neto, H. Meinedo, and M. Viveiros, «A media monitoring solution,» in *2011 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2011, pp. 1813–1816.

- [16] C. Best, «Web Mining for Open Source Intelligence,» *2008 12th International Conference Information Visualisation*, no. April, pp. 321–325, Jul. 2008.
- [17] 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.
- [18] W. Duan, Q. Cao, Y. Yu, and S. Levy, «Mining Online User-Generated Content: Using Sentiment Analysis Technique to Study Hotel Service Quality,» *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 3119–3128, Jan. 2013.
- [19] M. Görgens and J. Z. Kusek, *Making Monitoring and Evaluation systems work: A Capacity Development Toolkit*, no. c. The World Bank, 2009.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] L. Carrizo, C. Sauvageot, and N. Bella, *Information tools for the preparation and monitoring of education plans*, no. 5. 2003.
- [23] 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.
- [24] L. Doyle, F. O'Brien, F. Timmins, G. Tobin, F. O'Rourke, and L. Doherty, «An evaluation of an attendance monitoring system for undergraduate nursing students.,» *Nurse education in practice*, vol. 8, no. 2, pp. 129–39, Mar. 2008.
- [25] F. Rodrigues and P. Oliveira, «A system for formative assessment and monitoring of students' progress,» *Computers & Education*, vol. 76, pp. 30–41, Jul. 2014.
- [26] A. Kaklauskas, A. Vlasenko, V. Raudonis, E. K. Zavadskas, R. Gudauskas, M. Seniut, A. Juozapaitis, I. Jackute, L. Kanapeckiene, S. Rimkuvienė, and G. Kaklauskas, «Student progress assessment with the help of an intelligent pupil analysis system,» *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 26, no. 1, pp. 35–50, Jan. 2013.
- [27] F. Buytendijk and D. Flint, «How BAM can turn a business into a real-time enterprise,» *Gartner, AV-15*, no. March, 2002.
- [28] 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.
- [29] B. Wetzstein, O. Danylevych, F. Leymann, M. Bitsaki, C. Nikolaou, W.-J. Van Den Heuvel, and M. P. Papazoglou, «Towards Monitoring of Key Performance Indicators Across Partners in Service Networks,» in *1st Workshop on Monitoring Adaptation and Beyond MONA (2009)*, 2009, pp. 7–17.
- [30] D. Á. Vallejo, J. Albusac, J. J. J. Castro-Schez, C. Glez-Morcillo, L. Jiménez, and L. Jime, «A multi-agent architecture for supporting distributed normality-based intelligent surveillance,» *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 24, no. 2, pp. 325–340, Mar. 2011.
- [31] S. Andreozzi, N. De Bortoli, S. Fantinel, A. Ghiselli, G. L. Rubini, G. Tortone, M. C. Vistoli, and N. De Bortoli, «GridICE: a monitoring service for Grid systems,» *Future Generation Computer Systems*, vol. 21, no. 4, pp. 559–571, 2005.
- [32] B. Krishnamurthy, «A Top Down Approach to Enterprise Monitoring Using Change Point Detection,» *2012 Annual SRII Global Conference*, pp. 859–862, Jul. 2012.

- [33] Y. Dai, T. Kakkonen, and E. Sutinen, «SoMEST: a model for detecting competitive intelligence from social media,» in *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, MindTrek 2011*, 2011, pp. 241–248.

3. pielikums. Servisu sistēmu iedalījumi

Literatūras avotu izpētes rezultātā ir sagatavots servisu sistēmu iedalījumu apkopojums, kas izklāstīts šajā pielikumā.



1. att. Dažādu autoru doti servisu sistēmu iedalījumi

Spohrers un līdzautori [1] definē servisu sistēmas raksturiezīmes. «Pasaki man» tipa serviss — samazinot kompetenču lietošanu uz instrukciju sarakstu, ko viena servisu sistēma var izmantot komunikācijai ar citu servisa sistēmu. Pašpalīdzības grāmatas ir piemērs, kur piegādātāji cenšas samazināt servisu līdz instrukciju kopai. Citas servisu kategorijas ir «parādi man», «palīdzi man» un «izdari to manā vietā». IT ārpakalpojumi ir piemērs «izdari to manā vietā» servisu tipiem (skat. 1. att.).

Freunds un Spohrers [2] raksturo cilvēka pusi servisu inženierijā. Moderno servisu inženieriju ar izaicinājumiem bagātu padara ne tikai servisu sistēmu tehniskā puse, bet arī cilvēku puse. Freunds un Spohrers [2] piedāvā ietvaru, lai labāk definētu servisu sistēmas darbības sfēru un cilvēka lomu tajā. Autori pēta, kā ietekmēt vērtību kopradīšanu modernās servisu sistēmās, kas tiek raksturotas ar to digitālo, savstarpēji savienoto, dinamisko un cilvēkintensīvo dabu. Tiek doti arī servisu sistēmu tipi (skat. 1. att.).

- **Ar plūsmām saistītas servisu sistēmas.** Iekļauj transportēšanu, materiālus, enerģiju un informāciju. Fiziskā infrastruktūra, proti, tehnoloģijas un vide, ir svarīgi apsvērumi.
- **Ar attīstību saistītas servisu sistēmas.** Iekļauj ēkas, mazumtirdzniecību, finanses, veselību un izglītību. Ar plūsmām saistītas servisu sistēmas vairāk ir nepieciešamas robotu pasaulē, taču ar attīstību saistītām servisu sistēmām ir cieša saikne ar cilvēkiem un to attīstības stadijām, kā arī personīgo gaumi un vēlmēm.

- **Ar pārvaldību saistītas servisu sistēmas.** Iekļauj pilsētas, valsts un nacionāla līmeņa sistēmas, kas nodrošina aizsardzību, drošību, tiesiskumu, sodus par likumu neievērošanu, aplikšanu ar nodokli, finansējums publiskajiem būvdarbiem, kas nepieciešami infrastruktūras un reģionālai attīstībai. Organizatoriskie noteikumi ir svarīgi apsvērumi šajās sistēmās.
- **Servisu sistēmas entītiju iekļautie tīkli.** Tie var tikt apskatīti kā reālās pasaules dalībnieku mijiedarbība, piemēram, nācijas, valstis, pilsētas, universitātes, ģimenes un indivīdi.

Pengs ar līdzautoriem. [3] pētījumus par servisu sistēmu projektēšanu un inženieriju klasificē četrās kategorijās.

1. **Servisu sistēmas kā ekoloģiskas sistēmas.** Servisu sistēmas, kas balstītas uz sistēmu teoriju. Šī pieeja palīdz izprast statiskos un dinamiskos mehānismus servisu sistēmas uzvedībā. Iekļauj arī sistēmas, kas realizē vērtību kopīgu radīšanu un servisu inovāciju, izmantojot ekoloģijas imitāciju. Šo sistēmu trūkums ir to pamata ietvarā, kas ir pārāk «tēlainis»/«nereāls», un tam ir nepieciešama tālāka papildināšana, lai varētu lietot reālās pasaules servisos.
2. **Servisu sistēmas kā darba sistēmas.** Darba sistēma ir sistēma, kurā cilvēki vai mašīnas veic dabu, izmantojot informācijas, tehnoloģijas un citus resursus, lai radītu produktus un servisos iekšējiem un ārējiem patērētājiem [4]. Servisu sistēmu izpratne un analīze var tik veikta, balstoties uz vērtību ķēdēm un sistēmas dzīves cikla modeli.
3. **Servisu sistēmas kā vērtību tīkli.** Vērtību tīkli ir sarežģītas sociālo un tehnisko resursu kopas, kas kopīgi darbojas ekonomiskās vērtības radīšanai. Servisu sistēmu izpēte no vērtību ķēžu perspektīvas palīdz dinamiskās uzvedības un servisu attīstības izpētē, kā arī atbalsta servisu izstrādi, maksimizējot servisu sistēmas dalībnieku ieguvumus.
4. **Servisu sistēmas kā informācijas sistēmas.** Līdzīgi kā informācijas sistēmas, servisu sistēmas ņem vērā drošību un savstarpējo savietojamību sistēmas projektēšanā un inženierijā. Tiek paplašinātas informācijas sistēmas, lai projektētu servisu sistēmas. Tiek izmantoti dažādi ietvari, lai pētītu adaptivitātes sarežģītību servisu sistēmas. Ietvari piedāvā metodes sistemātiskai servisa entītiju mijiedarbības pētīšanai un piedāvā mehānismu sistēmas modeļa validācijai. Papildus apraksta arī servisu attīstību servisu dzīves ciklā. Citi ietvari paredzēti konceptuālo, tehnisko un lietojumprogrammu integrācijai.

Pastāv sistēmu integrācijas arhitektūras, kas balstītas uz lietotāju interfeisiem. Lietotāju interfeisu integrācijas arhitektūra pamatā ir veidota no servisu modeļa, servisu integrācijas infrastruktūras, lietotāju interfeisa piekļuves kontroles moduļa un servisu pārvaldības moduļa. Šai arhitektūrai pozitīvais ir tas, ka tā piedāvā mini-kodola slāni, kas nodrošina spraudņu veida paplašinājumus, lai samazinātu servisu sistēmu sarežģītību.

Glushko [5] raksturo septiņus kontekstus «informācijas intensīvās» servisu sistēmu projektēšanā (skat. 1. att.). Informācijas intensīvi servisi [5] ir tie, kuros darbības ar informāciju rada lielāko daļu no servisu sistēmas vērtības. Informācijas intensīvākie servisi ir tie, kuros nav nepieciešamība vai ir maza nepieciešamība pēc fiziskas un personīgas mijiedarbības, vai arī kur personīgās mijiedarbības ir šauri koncentrētas uz informācijas apmaiņu, lai pieņemtu lēmumu un pielietotu citu informāciju. Piemēram, grāmatvedība, datu ievade un pārrakstīšana, tulkošana, apdrošināšanas parakstīšana un pieteikumu apstrāde, juridiskie un profesionālie pakalpojumi, lietotāju atbalsts vai datoru programmēšana. Šajās servisu jomās dokumenti, datu bāzes, datoru programmatūra vai citi informācijas avoti un repozitoriji ir nepieciešami servisa klientu mērķu sasniegšanai.

Servisu projektēšanas konteksti ir šādi [5].

1. Tieša mijiedarbība **personai ar personu**.
2. Tieša mijiedarbība **personai ar personu, kas papildināta ar tehnoloģijām**. Mijiedarbības uzlabošanai gan servisa sniedzējs, gan klients var lietot tehnoloģijas (piemēram, datu bāzes; katalogu, pasūtījumu un klientu pārvaldības sistēmas). Ar tehnoloģijām papildinātiem servisiem var veikt personalizāciju atkarībā no klienta (vēlmēm, pieredzes, u. c. parametriem).
3. **Pašapkalpošanās**. Servisu sniegšanā nav tiešas mijiedarbības personai ar personu. Servisa klients pats var piekļūt sev vēlamajai informācijai.
4. **Daudzi kanāli**. Servisa piegādātājs servisu var nodrošināt, piemēram, tieši mijiedarbojoties ar klientu, ar pašapkalpošanos, ar interneta starpniecību.
5. **Daudzas platformas un ierīces**. Servisi tiek nodrošināti personālajos datoros, viedtālrunos un citās ierīcēs.
6. **Skaitļošanas servisi**. Automatizēti servisi ar (piemēram, klientu atbalsts, kredītkaršu krāpšanas atklāšana) vai bez (piemēram, kredītkartes pārbaude vai pirkumu informācijas apstrāde) cilvēka iesaistes. Cilvēku iesaiste parasti tiek nodrošināta caur sistēmas lietotāja interfeisiem neparedzētu un kļūdu situāciju risināšanai. Servisu skaitļošanas kontekstos ir svarīgi lietot projektēšanas

konceptus un metodes no «dokumentu inženierijas» vai «servisu orientētās arhitektūras» [6]. Šīs projektēšanas perspektīvas apskata servisu sistēmu abstrakti kā savstarpēji sadarbojošos servisu kopu, kas apmainās ar informāciju, izmantojot labi definētus interfeisus, kas specificē katra servisa ieejas un izejas.

7. **Uz atrašanās vietu balstīts un kontekstakarīgs.** Konteksts ir jebkāda situāciju raksturojoša informācija par lietotāju, lietojumprogrammu un apkārtējās vides mijiedarbību [7]. Atrašanās vieta ir tipiskākais konteksta atribūts.

Pielikumā izmantotā literatūra

- [1] J. Spohrer, P. Maglio, J. Bailey, and D. Gruhl, «Steps Toward a Science of Service Systems,» *Computer*, no. January, pp. 71–77, 2007.
- [2] L. Freund and J. Spohrer, «The human side of service engineering,» *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, vol. 23, no. 1, pp. 2–10, 2013.
- [3] Y. Peng, Y. Badr, and F. Biennier, «A generic service system for knowledge-intensive service firms,» *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems - MEDES '09*, p. 422, 2009.
- [4] S. Alter, «Work System Theory: Overview of Core Concepts, Extensions, and Challenges for the Future,» *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 14, no. 2, pp. 72–121, 2013.
- [5] R. Glushko, «Seven contexts for service system design,» in *Handbook of service science*, P. P. Maglio, C. A. Kieliszewski, and J. C. Spohrer, Eds. Boston, MA: Springer US, 2010, pp. 221–249.
- [6] T. Erl, *SOA Principles of Service Design*. Prentice Hall PTR, 2008.
- [7] A. Dey, G. Abowd, and D. Salber, «A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications,» *Human-Computer Interaction*, vol. 16, no. 2, pp. 97–166, Dec. 2001.

4. pielikums. Servisu saīsinājumi.

1. VIPPIMON modelī definēto abstrakto servisu saīsinājumi

Servisa saīsinājums	Serviss nosaukums
S ₁	Informācijas izgūšanas pamata servisu grupa
S _{1.1}	IPPI avotu dokumentu izgūšana
S _{1.1.1}	IPPI avotu dokumentu izgūšana no tīmekļa resursiem
S _{1.1.2}	IPPI avotu dokumentu izgūšana no datu bāzēm
S _{1.1.3}	IPPI avotu dokumentu izgūšana no tīmekļa servisiem
S _{1.2}	Zināšanu struktūru izgūšana
S ₂	Informācijas analīzes pamata servisu grupa
S _{2.1}	IPPI identificēšana
S _{2.1.1}	Tieša IPPI identificēšana
S _{2.1.2}	Pastarpināta IPPI identificēšana
S _{2.2}	IPPI avotu dokumentu sasaiste
S _{2.2.1}	Tieša IPPI avotu dokumentu sasaiste
S _{2.2.2}	Pastarpināta IPPI avotu dokumentu sasaiste
S ₃	Informācijas prezentācijas pamata servisu grupa
S _{3.1}	Identificētās IPPI pārskata iegūšana
S _{3.1.1}	Tieši identificētās IPPI pārskata iegūšana
S _{3.1.2}	Pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšana
S _{3.2}	IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana
S _{3.2.1}	Tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana
S _{3.2.2}	Pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana

2. EduMON konkrēto servisu saīsinājumi

VIPPIMON pamata servisu realizācijas varianti *EduMON* apkopoti šajā tabulā:

S ^M _{1.1.1.1}	IPPI avotu dokumentu izgūšana no tīmekļa resursiem manuāli
S ^A _{1.1.1.2}	IPPI avotu dokumentu izgūšana no tīmekļa resursiem ar tīmekļa pārmeklētāju
S ^M _{1.1.2.1}	IPPI avotu dokumentu izgūšana no datu bāzēm manuāli
S ^A _{1.1.2.2}	IPPI avotu dokumentu izgūšana no datu bāzēm ar <i>SQL</i>
S ^A _{1.1.3.1}	IPPI avotu dokumentu izgūšana no tīmekļa servisiem automātiski

$S^M_{1.2.1}$	Zināšanu struktūru izgūšana manuāli
$S^M_{2.1.1.1}$	Tieša IPPI identificēšana manuāli
$S^A_{2.1.1.2}$	Tieša IPPI identificēšana ar <i>Lucene</i> teksta indeksētāju
$S^M_{2.1.2.1}$	Pastarpināta IPPI identificēšana manuāli
$S^A_{2.1.2.2}$	Pastarpināta IPPI identificēšana ar <i>Apache UIMA</i>
$S^A_{2.2.1.1}$	Tieša IPPI avotu dokumentu sasaiste, izmantojot <i>Lucene</i> teksta meklētāju
$S^A_{2.2.2.1}$	Pastarpināta IPPI avotu dokumentu sasaiste, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus un <i>Cosine</i> līdzības mēru
$S^A_{3.1.1.1}$	Tieši identificētās IPPI pārskata iegūšana, izmantojot lietotāju interfeisu
$S^A_{3.1.1.2}$	Tieši identificētās IPPI pārskata iegūšana, eksportējot to uz CSV formāta failu
$S^A_{3.1.2.1}$	Pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšana, izmantojot lietotāju interfeisu
$S^A_{3.1.2.2}$	Pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšana, eksportējot to uz CSV formāta failu
$S^A_{3.2.1.1}$	Tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana, izmantojot lietotāja interfeisu
$S^A_{3.2.1.2}$	Tiešās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana, eksportējot to uz CSV formāta failu
$S^A_{3.2.2.1}$	Pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana, izmantojot lietotāja interfeisu
$S^A_{3.2.2.2}$	Pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana, eksportējot to uz CSV formāta failu

3. KIVIS rīka konkrēto servisu saīsinājumi

VIPPIMON pamata servisu realizācijas varianti KIVIS rīkā apkopoti šajā tabulā

$S^M_{1.1.1.1}$	IPPI avotu dokumentu izgūšana no tīmekļa resursiem manuāli
$S^M_{1.2.1}$	Zināšanu struktūru izgūšana manuāli
$S^M_{2.1.2.1}$	Pastarpināta IPPI identificēšana manuāli
$S^A_{2.2.2.1}$	Pastarpināta IPPI avotu dokumentu sasaiste, izmantojot zināšanu struktūru elementu vektorus
$S^A_{3.1.2.1}$	Pastarpināti identificētās IPPI pārskata iegūšana, izmantojot lietotāja interfeisu
$S^A_{3.2.2.1}$	Pastarpinātās IPPI avotu dokumentu sasaistes pārskata iegūšana, izmantojot lietotāja interfeisu

5. pielikums. Apache UIMA ConceptMapper pielāgotās konfigurācijas apraksts.

EduMON portālā tiek darbināts serviss pastarpinātai IPPI identificēšanai, kas izstrādāts uz *Apache UIMA ConceptMapper* bāzes un pielāgots zināšanu struktūru elementu identificēšanai. Zināšanu struktūru elementu meklēšana teksta dokumentos tiek veikta balstoties uz *UIMA ConceptMapper* marķētāja konfigurāciju (burtu reģistrjutība, vārdu saknes izdalīšana, vārdu secības neatkarīga meklēšana, meklēšanas stratēģija, nebūtisko vārdu saraksts, vārdnīca). Tabulā ir aprakstīti galvenie konfigurācijas parametri un to vērtības.

Parametrs	Vērtība	Komentārs
<i>CaseMatch</i>	<i>ignoreall</i>	Parametrs nosaka, vai tiek ņemta vērā burtu reģistrjutība (lielie/mazie burti).
<i>Stemmer</i>	<i>org.apache.uima.conceptMapper.support.stemmer.SnowballStemmer</i>	<i>ConceptMapper</i> piedāvā tikai interfeisus vārdu saknes izdalītāja (<i>stemmer</i>) implementācijai. Prototipā tika izmantota un pielāgota <i>SnowballAnnotator</i> anotatorā implementētā vārdu sakņu izdalīšanas <i>Java</i> klase.
<i>ResultingAnnotation Name</i>	<i>org.apache.uima.conceptMapper.DictTerm</i>	Tekstā identificēto jēdzienu anotācijas datu tips.
<i>AttributeList</i>	<i>canonical dict dictEntryId level parentEntryId</i>	Atribūtu saraksts, kas tiks ietverts anotācijā. Atribūtu sarakstu var papildināt pēc nepieciešamības. Papildinot atribūtu sarakstu ir jāpapildina <i>DictTerm.xml</i> deskriptora fails un jāpārgenerē klases ar <i>JAS Generator</i> .
<i>OrderIndependentLookup</i>	<i>true</i>	Parametrs norāda meklēšanas algoritma konfigurāciju, nosakot vai tiek ņemta vērā vārdu secība. Ja šī parametra vērtība ir <i>true</i> un vārdnīca satur ierakstu <code><variant base='Requirements Specification'/></code> , tad tiks atrastas šādas kombinācijas « <i>Requirements Specification</i> » un « <i>Specification Requirements</i> ».
<i>FindAllMatches</i>	<i>true</i>	Parametrs norāda meklēšanas algoritma konfigurāciju, nosakot visu ierakstu vai garāka ieraksta anotēšanu. Piemēram, ja būs vārdnīcas ieraksti « <i>Requirements Specification</i> » un « <i>Specification</i> », tad rezultātā tiktu anotēts garākais ieraksts vai visi ieraksti. Šajā gadījumā, ja tekstā parādīsies vārdi « <i>Requirements Specification</i> », tad tiks izveidotas divas anotācijas, viena –

		«Requirements Specification», otra — «Specification». Ja parametra vērtība būtu <i>false</i> , tad tiktu anotēts tikai «Requirements Specification».
<i>SearchStrategy</i>	<i>ContiguousMatch</i>	Parametrs norāda meklēšanas algoritma konfigurāciju, nosakot meklēšanas stratēģiju. Ir pieejamas 3 meklēšanas stratēģijas (neņem vērā nenoziņīgos vārdus,): 1. <i>ContiguousMatch</i>: secīgu daudzvārdu frāžu identificēšana 2. <i>SkipAnyMatch</i>: sadalītu daudzvārdu frāžu identificēšana, piemēram, vārdnīcas ieraksts AB tekstā varētu tikt identificēts šādi: A C B 3. <i>SkipAnyMatchAllowOverlap</i>: sadalītu daudzvārdu frāžu identificēšana, nākamo meklēšanu sākot no nākamā vārda nevis no frāzes beigām. Ar šo meklēšanas stratēģiju var iegūt frāzes, kas tekstā pārklājas.
<i>Stopwords</i>	Saraksts ar nenoziņīgajiem vārdiem	Nenoziņīgo vārdu saraksts tika transformēts uz sarakstu, kur katrs nenoziņīgais vārds tiek ievietots tagos <string></string>. Iegūtais saraksts pēc tam tiek pievienots <i>ConceptMapper</i> galvenajam konfigurācijas failam.
<i>DictionaryFileName</i>	<i>file:resources/ConceptMapperDictionaries/SWEB OK-generated_dictionary.xml</i>	Vārdnīcas faila atrašanās vieta.

6. pielikums. Programmētāju darba sludinājumu prasmju pieprasījums.

No www.cv.lv darba sludinājumu portāla ir manuāli izgūti 85 darba sludinājumi uz programmētāja amata vietu. Par programmētāju amatiem tika uzskatīti tie, kuru nosaukumā ir teksts «*developer*», «*programmer*», «*software engineer*» vai «*software architect*» (izgūti tika uz 3.11.2014. aktīvie sludinājumi). Darba sludinājumu saraksts atspoguļots pielikuma 1. daļā. Pielikuma 2. daļā ir apkopoti automātiskās IPPI identificēšanas rezultāti pa zināšanu struktūrām ONET, DISCO un ACM-CCS.

1. No www.cv.lv izgūtie darba sludinājumi

Uzņēmums	Darba sludinājums
4Finance	JAVA SENIOR SOFTWARE DEVELOPERS
4Finance	JAVA SOFTWARE DEVELOPERS
AA Projekts	IT SYSTEMS ARCHITECT-ANALYST
Accenture	ANDROID DEVELOPER
Accenture	FRONT - END DEVELOPER FOR MEDIA CLIENT
Accenture	IOS DEVELOPER
Accenture	JAVA ARCHITECT
Accenture	.NET DEVELOPER
Accenture	RUBY DEVELOPER
Accenture	SENIOR JAVA DEVELOPER
Accenture	SENIOR PHP DEVELOPER
AlsoCloud Oy	AUTOMATION DEVELOPER
AS PrivatBank	DEVELOPER
Atea Global Services	JUNIOR .NET DEVELOPER
Atea Global Services	PROCESS ARCHITECT (IT OPERATIONS)
Atea Global Services	SENIOR FRONT-END DEVELOPERS
Baltikums Bank AS	DWH / BI SYSTEM LEADER DEVELOPER
Computer Hardware Design SIA	SOFTWARE DEVELOPER
C.T.Co	GWT DEVELOPER
C.T.Co	.NET SOFTWARE ARCHITECT
C.T.Co	SENIOR JAVASCRIPT DEVELOPER
C.T.Co	SENIOR SOFTWARE ARCHITECT
CTE Group	WEB DEVELOPER
CV-Online klienti	WEB DEVELOPER
CV-Online klienti	WEB DEVELOPER
Datakom SIA	DEVELOPER
DPA SIA	ANDROID DEVELOPER
DPA SIA	NET PROGRAMMER
E-Global Trade & Finance Group Inc.	PYTHON DEVELOPER
E-Global Trade & Finance Group Inc.	SENIOR C ++ DEVELOPER
E-Global Trade & Finance Group Inc.	SENIOR PHP DEVELOPER

Uzņēmums	Darba sludinājums
Eiro Personāls klients	JAVA PROGRAMMER / SYSTEM ANALYST
ENJOY Recruitment Latvia	ANDROID DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	C/C++ DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	DATABASE DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	DATA WAREHOUSE (DWH) DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	IOS DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	.NET DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	.NET DEVELOPER (RU)
ENJOY Recruitment Latvia	PHP DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	SENIOR C/C++ DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	SENIOR DYNAMICS AX DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	Senior Dynamics AX programmer
ENJOY Recruitment Latvia	SENIOR FRONT-END DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	SENIOR .NET DEVELOPER
ENJOY Recruitment Latvia	SENIOR .NET DEVELOPER MODERN WEB DESIGN
ENJOY Recruitment Latvia	Senior .NET Programmer
ERP PRO SIA	MS DYNAMICS AX PROGRAMMER
Gaujas Koks SIA	PROGRAMMING ENGINEER
Intelligent Systems SIA	PROGRAMMER
KREISS SIA	PHP DEVELOPER AND DELPHI DEVELOPER
Kwik Spark Capital	PHP/DRUPAL DEVELOPER (RIGA LATVIA)
LATINSOFT SIA	PROGRAMMER: C #, .NET, MS SQL
Latvijas Vides Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centrs	IT SPECIALIST - DEVELOPER
Lursoft IT SIA	ASP.NET (C#) PROGRAMMĒTĀJU
MeaWallet Latvia SIA	MOBILE APPLICATION DEVELOPER (IOS)
NORVIK BANKA JSC	MOBILE APPLICATION DEVELOPER
NORVIK BANKA JSC	PROGRAMMER
NORVIK BANKA JSC	WEB PL / SQL DEVELOPER
Odnoklassniki Riga	ANDROID DEVELOPER
Odnoklassniki Riga	DATA MINING DEVELOPER
Odnoklassniki Riga	FRONT-END DEVELOPER
Odnoklassniki Riga	IPHONE / IPAD DEVELOPER
Odnoklassniki Riga	JAVA DEVELOPER
Odnoklassniki Riga	JAVASCRIPT DEVELOPER
Odnoklassniki Riga	JUNIOR UI DEVELOPER
Porto Tech Center AIG	SENIOR ANDROID DEVELOPER
Porto Tech Center AIG	SENIOR IOS DEVELOPER
Porto Tech Center AIG	SENIOR PHP DEVELOPER
RD Electronics	1C PROGRAM DEVELOPER
RIX Technologies	.NET DEVELOPER
SOFTIKOM SIA	PHP DPROGRAMMER
Strategic Staffing Solutions International	JAVASCRIPT / HTML5 DEVELOPER
Tarento Latvia SIA	JAVA DEVELOPER
Tarento Latvia SIA	JUNIOR SALESFORCE DEVELOPER

Uzņēmums	Darba sludinājums
Tarento Latvia SIA	.NET DEVELOPER (DYNAMICS CRM)
Tarento Latvia SIA	SENIOR SALESFORCE DEVELOPER
Tarento Latvia SIA	SHAREPOINT DEVELOPER
Tieto Latvia	C++ DEVELOPER
Tieto Latvia	JAVA DEVELOPER
Tieto Latvia	LEAD SOFTWARE DEVELOPER
Tieto Latvia	MS DYNAMICS AX DEVELOPER
Tieto Latvia	.NET DEVELOPER
Tieto Latvia	PROGRAMMER / SYSTEMS ANALYST
Tieto Latvia	RUBY DEVELOPER

2. Darba sludinājumos identificētie zināšanu struktūru elementi

Zināšanu struktūras ONET elementi un darba sludinājumu skaits	
SKILL	51
JavaScript	29
Android	18
jQuery	17
C	16
My Clients Plus	15
PHP	15
Certain software	15
Software	15
C#	11
AJAX	8
Git	8
Linux	8
programming languages	7
Analyz	7
Python	6
Player	6

Computers	5
C++	5
Microsoft SQL Server	4
Spring	4
UNIX	4
Ruby	3
Field computers	3
Ruby on Rails	3
Objective-C	3
bash	3
ImPACT	3
Groovy	3
Profilers	3
Mobile phones	2
Microsoft Windows Server	2
Microsoft Dynamics AX	2
WordPress	2
Modems	2
Jitterbit	1

Daily Manager	1
Shell script	1
Assessment software	1
Database management systems	1
Assembler	1
Debuggers	1
Maintenance software	1
Blogs	1
Development software	1
Software development tools	1
Digitizers	1
SQLite	1
Microsoft Visual Studio	1
Objective C	1
Drupal	1
Salary.com	1

Zināšanu struktūras DISCO elementi un sludinājumu skaits	
attractive appearance	56
English	52
responsiveness	41
languages	32
JavaScript	29
Java	27
Programming	26
Russian	24
CSS	22
Latvian	22
HTML	21
SQL+	17
SQL	17
ability to work in a team	17
software development	16
analytical thinking	15
PHP	15
Software	15
independence	14
XML	13
willingness to travel	12
enthusiasm	11
sense of responsibility	10
agility	10
writing	9
ASP	9
MySQL	9
relational database model	9
Oracle	9
willingness to learn	8
Linux	8
programming languages	7

data structures	7
Basic	7
APL	7
Python	6
self assessment	6
reading	6
programming libraries and interfaces	6
Windows	5
problem solving ability	4
PostgreSQL	4
Visual Studio	4
UNIX	4
organ	4
T-SQL	3
system architecture	3
module tests	3
operating systems	3
Target	3
Ruby	3
logical thinking	3
PL/SQL	3
develop ideas	3
bash	3
managerial and organisational skills	2
Innovator	2
Microsoft SQL Server	2
reliability	2
flexibility	2
database development	2
Progress	2
Flash	2
Internet and multimedia	2
toys	2
XHTML	2

resourcefulness	2
STL	2
object-oriented programming	2
Norwegian	1
Assembler	1
UML	1
develop web applications	1
SVG	1
ITIL	1
time management skills	1
J2EE	1
HTTP	1
discretion	1
graphics programs	1
punctuality	1
network configuration	1
electric power substation	1
technical English	1
readiness to help	1
transformers	1
lamps	1
VBA	1
recorder	1
HTTPS	1
electronic components	1
XSLT	1
Adobe Photoshop	1
Hardware	1
database design	1
Sybase	1
batch programming	1
system integration	1
Rhino	1
team leadership	1

loyalty	1
testing (IT)	1
manage databases	1
ability to motivate	1
Database management systems	1
OLAP	1
Markup languages	1

honesty	1
service orientation	1
Delphi	1
microprocessors	1
persuasiveness	1
software design	1
develop budgets	1

gateway	1
prepare reports	1
Software development tools	1
Internet	1
Modems	1

Zināšanu struktūras ACM-CCS elementi un sludinājumu skaits	
Technologies	35
Design	30
JavaScript	29
Education	28
MySQL	26
Public Internet	24
World Wide Web	23
Frameworks	23
Excel	22
Documentation	20
Companies	19
Agile software development	18
Structured Query Language	18
Performance	16
Testing, certification and licensing	15
Procedures, functions and subroutines	15
Seniors	15
Mathematical optimization	15
Software and its engineering	15
Software organization and properties	15
Other architectures	14
Personalization	14
Architectures	14
Evaluation	14
Data management systems	14
Extensible Markup Language (XML)	13
Completeness	13
Computing platforms	12
Functionality	11
SQL Server	10
Project and people management	10
Agilent Technologies	10
Logic programming and answer set programming	10
Oracle Corporation	9
Systems analysis and design	8
Linux	8
AJAX	8
Web applications	8
RESTful web services	8
Computer science education	7
Automation	7
Basic	7
Software notations and tools	7
data structures	7
Tracking	6
Systems development	6
operating systems	6
Database design and models	6
Classes and objects	5
Regularization	5
Windows	5
Marketing	5
Computational thinking	5
Object oriented development	5
Version control	5
Data modeling	5
Computability	5
SharePoint	5
Microsoft Corporation	5
Design patterns	4
Engineering	4
Web services	4

Estimation	4
Self-organization	4
Monitors	4
Development frameworks and environments	4
Office	4
Organizations	4
Photoshop	4
Software architectures	3
Networks	3
Usability testing	3
Apple, Inc.	3
Ruby on Rails	3
Logic	3
Software maintenance	3
Mathematics and statistics	3
Modules / packages	3
Cloud computing	3
reliability	2
Cell Broadband Engine	2
Simple Object Access Protocol (SOAP)	2
iPhone	2
Publishing	2
Backup procedures	2
Data warehouses	2
Information retrieval	2
Interpreters	2
Entity resolution	2
Electronic commerce	2
Naming and addressing	2
Recommender systems	2
Information systems	2
Requirements analysis	2
Constraints	2
Browsers	2
Data compression	2
Internet Explorer	2
Oracle Database	2
Supply chain management	2
User interface design	2
Texting	2
Program analysis	2
Project management techniques	2
iPad	2
Text input	1
Network domains	1
Semantics	1
Offshoring	1
Discretization	1
Online analytical processing	1
Reusability	1
Online banking	1
Consistency	1
Content analysis and feature selection	1
Software prototyping	1
Optimization algorithms	1
Business rules	1
Matching	1
Enterprise resource planning	1
Application layer protocols	1
Scheduling	1
Architecture (buildings)	1
Business intelligence	1
Data integration	1
Computer games	1

Packaging	1
Designing software	1
Patterns	1
Software version control	1
Penetration testing	1
System management	1
Blogs	1
Economics	1
Data mining	1
Object oriented languages	1
Use cases	1
Multi / mixed media creation	1
Implementation management	1
International Organization for Standardization	1
Version management	1
Experimentation	1
VMware	1
Multithreading	1
Automatic differentiation	1
Short Message Service	1
Investigation techniques	1
Clustering	1
Process management	1
Software development methods	1
Computing standards, RFCs and guidelines	1
Software management	1
Programming logic	1
Animation	1
Boosting	1
Software testing and debugging	1
XPath	1
Directory structures	1
Project staffing	1
Network protocols	1
Data streams	1
Displays and imagers	1
Mobile phones	1
Tablet computers	1
Modeling and simulation	1
Hardware	1
Borland Software Corporation	1
Markup languages	1
Availability	1
Unified Modeling Language (UML)	1
Imaging	1
Research in Motion Limited	1
Graphical user interfaces	1
Embedded software	1
Physics	1
Visualization	1
Point lookups	1
Emerging technologies	1
Pointing	1
Employment issues	1
Preprocessors	1
Data model extensions	1
Accessibility	1
Mobile devices	1