

**VIDZEMES AUGSTSKOLA
INŽENIERZINĀTŅU FAKULTĀTE**

Dace Aizstra

**INTEGRĒTAIS TEHNOLOĢIJU PIENĒMŠANAS UN
ILGTSPĒJAS NOVĒRTĒŠANAS MODELIS**

PROMOCIJAS DARBS

Inženierzinātņu doktora (Dr.sc.ing.) zinātniskā grāda iegūšanai informācijas tehnoloģijas nozarē, sistēmu analīzes, modelēšanas un projektēšanas apakšnozarē

Promocijas darba zinātniskais vadītājs

Prof., Dr.sc.ing. Egils Ginters

Valmiera, 2018

Promocijas darbs izstrādāts:

**Vidzemes Augstskolas
Inženierzinātņu fakultātes
Doktora studiju programmā “Sociotehnisko sistēmu modelēšana”**

Zinātniskais vadītājs:

**Egils Ginters
profesors, Dr.sc.ing.
Rīgas Tehniskā universitāte**

Iesniegts aizstāvēšanai Vidzemes Augstskolas Sociotehnisku sistēmu modelēšanas
promocijas padomē 2018. gadā

Pateicība

Vēlos izteikt pateicību promocijas darba zinātniskajam vadītājam profesoram Dr.sc.ing. Egilam Ginteram par darba tapšanas laikā sniegto atbalstu, iedrošinājumu un uzmundrinājumu, kā arī pacietību, kas šo gadu laikā bija nepieciešama. Paldies par nerimstošiem atgādinājumiem sagatavot kārtējo publikāciju un intensīvu manis iesaistīšanu starptautiskos zinātniskos projektos, kas sniedzis neaizvietojamu pieredzi.

Tāpat vēlos pateikties Vidzemes Augstskolai un daudzajiem tās darbiniekiem un mācībspēkiem, kuri nevilcinoties un ar lielu atsaucību sniedza man nepieciešamo organizatorisko atbalstu, gan darba uzsākšanas posmā, gan pēc vairākiem gadiem arī noslēgumā.

Visbeidzot, gribu īpaši pateikties vīram par atbalstu un pacietību. Protams, arī saviem bērniem un vecākiem, kas, savstarpēji sadarbojoties, nodrošināja man laiku, ko veltīt promocijas darbam. Paldies Opapam par bērnībā iemācīto neatlaidību meklēt atbildes uz būtiskiem jautājumiem un neatsveramo ieguldījumu manās zināšanās. Paldies arī draugiem, kuri piedāvāja savas mājas, lai varu nodoties akadēmiskajām nodarbēm.

SATURS

Anotācija	5
Annotation	6
Ievads	7
1. Tehnoloģiju izstrādes teorētiskie aspekti	16
1.1. Tehnoloģijas koncepts	16
1.2. Inovācijas process un tā ietekme	16
1.3. Tehnoloģiju dzīves cikla pieceja	19
1.4. Inovāciju difūzija un pieņemšana	22
1.4.1. Inovāciju difūzijas teorija	24
1.4.1. Tehnoloģiju pieņemšanas modelis (TAM)	27
1.4.1. Vienotā tehnoloģiju pieņemšanas un lietošanas teorija (UTAUT)	28
1.5. Tehnoloģiju ilgtspējas jēdziena definējums	29
2. Tehnoloģiju izstrāde un pētniecība no sociotehnisku sistēmu perspektīvas	31
2.1. Sociotehnisku sistēmu raksturojums	31
2.2. Sociotehnisku sistēmu pētniecības un izstrādes aspekti	34
2.2.3. Imitāciju modelēšanas metodes un iespējas	38
2.2.4. Sistēmu dinamikas pielietojums IT inovāciju un tehnoloģiju pieņemšanas pētījumiem	39
3. Integrētais tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modelis	42
3.1. Mērķis un aktualitātes pamatojums	42
3.2. Pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas kritēriji	44
3.2.1. Pārvaldība	46
3.2.2. Tehnoloģijas kvalitāte	50
3.2.3. Nozares attīstības ietekme	54
3.2.4. Tehnoloģijas pieņemšana	55
3.3. Novērtēšanas metodoloģijas attīstība	58
3.3.1. Uz indivīdu aptaujām balstīta tehnoloģiju pieņemšana	58
3.3.2. Inovāciju difūzijas teorijas pielietojums	59
3.3.3. Sistēmu dinamikas modelēšanas izmantošana ilgtspējas līknes konstruēšanai	61
3.3.4. Skype references līknes konstruēšana	62
3.3.5. IASAM versiju salīdzinoša analīze	73
3.4. IASAM3 metodoloģijas darbības princips un novērtēšanas web rīks	75
Secinājumi	84
Nobeigums	87
Literatūra	88

ANOTĀCIJA

Tehnoloģiju mijiedarbība ar sabiedrību ir komplicēts process, kuru ietekmē ar tehnoloģiju, tās izstrādi, indivīda pieredzi un vērtībām, kā arī sociumu saistītu faktoru kopums. Tehnoloģijas ir viens no sociotehnisku sistēmu pamatelementiem. Sociotehniskas sistēmas ir sarežģītas, ko nosaka tām raksturīgā atvērtība, izziņa un ievērojams stohastisku ietekmējošo faktoru skaits. Ikdienā pieaug šo sistēmu klāsts, un pieaug arī tehnoloģisko jaunievedumu attīstības temps. Tomēr metožu un instrumentu, kā lēmumu pieņemējiem novērtēt jaunās tehnoloģijas un to potenciālo pieņemšanu un ilgtspēju, trūkst.

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt integrētu tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modeli un tā izmantošanas metodoloģiju. Sasniegtais rezultāts nodrošina, ka izstrādātāji, potenciālie investori un citas iesaistītās puses var brīvi izvēlēta laika momentā patstāvīgi gūt priekšstatu par tehnoloģijas potenciālu un veikt pamatotu ieguldījumu plānošanu.

Apkopojot līdzšinējās zināšanas par tehnoloģiju pieņemšanas individuālajiem aspektiem un papildinot tās ar tehnoloģiju ilgtspējas novērtējumu, izveidota integrēta tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas metodoloģija (IASAM3) un tās realizācija interneta rīka formā. Promocijas darbā piedāvātais risinājums ir balstīts sistēmu dinamikas imitāciju modelēšanā, un tas ļauj analizēt tehnoloģijas attīstības potenciālo dinamiku laikā. IASAM3 paredz novērtējamās tehnoloģijas ilgtspējas prognozēšanai izmantot Skype tehnoloģijas attīstības līkni. Šāds vērtējuma attēlošanas veids nodrošina labas uzskatāmības iespējas, bet izvietojums web vidē – ērtas piekļuves iespējas visām ieinteresētajām pusēm.

Metodoloģijas darba versijas pielietotas un validētas Eiropas Komisijas 7. ietvarprogrammas granta projektā “*Large Scale Choreographies for the Future Internet*” (CHOReOS, Nr. 257178, 2010.-2013.), Eiropas Komisijas 7. ietvarprogrammas granta projektā “*Future Policy Modeling*” (FUPOL, Nr. 287119, 2011.-2015.), kā arī Eiropas Komisijas FLAG-ERA projektā “*Large scale experiments and simulations for the second generation of FuturICT*” (FuturICT 2.0, 2017.-2020.).

Atslēgas vārdi: tehnoloģiju pieņemšana, tehnoloģiju ilgtspēja, integrētais tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas modelis, sistēmu dinamika

ANNOTATION

Technology interaction with society is complicated process, that is affected by technology itself, its development, user's experience and values, as well as broad spectrum of societal factors. Technologies are the basic elements of sociotechnical systems. These systems are complex, due to their inherent openness, cognition, and a significant number of stochastic influencing factors. The amount of sociotechnical systems increases every day, as well as the pace of technological innovation. However, there is a lack of methods and tools for decision makers for evaluation of new technologies and their potential acceptance and sustainability.

The aim of the doctoral thesis is to develop an integrated technology acceptance and sustainability evaluation model and its implementation methodology. As a result, the developers, potential investors and other stakeholders can independently gain an understanding of the technology potential and make sound investment planning at any given time.

Summarizing the existing knowledge on the individual aspects of technology adoption and combining it with technology sustainability evaluation, the Integrated Technology Acceptance and Sustainability Assessment Model (IASAM3) and methodology was developed and implemented as a web-based tool. The offered solution is based on system dynamics simulation, which enables the analysis of potential dynamics of technology development over time. IASAM3 uses the development curve of Skype to predict the sustainability of technology. This approach to display the results provides comprehensibility, but web-based implementation – easy access for every interested party.

The working versions of the methodology were applied and validated in several projects – 7th Framework project “*Large Scale Choreographies for the Future Internet*” (CHOReOS, Nr. 257178, 2010-2013), EC 7th Framework project “*Future Policy Modeling*” (FUPOL, Nr. 287119, 2011-2015), and EC FLAG-ERA project “*Large scale experiments and simulations for the second generation of FuturICT*” (FuturICT 2.0, 2017.-2020.).

Keywords: Technology acceptance, technology sustainability, integrated technology acceptance and sustainability model, system dynamics

IEVADS

Tehnoloģijas ir bijušas nozīmīgas visā cilvēces attīstības vēsturē – ar tehnoloģijām bijuši saistīti būtiski vēstures pagrieziena punkti, tehnoloģijas ir noteikušas karu iznākumu un veicinājušas globalizāciju, kādu to piedzīvojam šodien. Mūsdienās aizvien pieaug tehnoloģiju loma, gan individuālā līmenī, sadzīvē, izglītībā, profesionālajā dzīvē, gan arī sabiedrībā – ražošanā, tirdzniecībā, loģistikā, finanšu tirgos, zinātnē u.tjp. [14], [86].

Tehnoloģiju attīstības procesam ir niansēta abpusēja mijiedarbība ar sabiedrību – sabiedrība maina tehnoloģijas, un arī tehnoloģijas maina sabiedrību. Ja senāk šis process bija vērojams tikai ilgtermiņā, tad mūsdienās, īpaši informācijas un komunikācijas tehnoloģiju jomā, arī to ietekme uz sabiedrību, procesiem un organizācijām ir redzama daudz īsākā laikā. 2016. gada “Pasaules Informācijas tehnoloģiju ziņojumā”, ko izdod Pasaules Ekonomikas forums, secināts, ka biznesa procesu digitalizācijas un ar to saistītās efektivizācijas rezultātā produktu dzīves cikls kļūst īsāks [14].

Līdz ar to, lai notiktu ievērojamas izmaiņas un masveida lietošanā nonāktu pilnīgi jaunas tehnoloģijas, vairs nav jānotiek paaudžu maiņai. Piemēram, tiek prognozēts, ka 2021. gadā interneta protokola datplūsma (*IP traffic*) 127 reizes pārsniegs 2005. gada rādītāju. Turklāt 2016. gadā pasaule ir aizsākusi “zettabaitu ēru” – globālā datplūsma sasniedz 1,2 zettabaitus jeb vairāk kā 1 triljonu gigabaitus [27]. Uzņēmums Cisco, kurš aprēķina Pasaules Mākoņdatošanas indeksu, secinājis, ka līdz 2019. gadam, mākoņdatošanas pakalpojumus izmantos 2 miljardi interneta lietotāju, ko 2014. gadā izmantoja vēl tikai 1,1 miljards lietotāju.

Jaunu tehnoloģiju rašanās var radīt sabiedrībai ne tikai jaunas iespējas, bet arī jaunus izaicinājumus un problēmas [62]. Tehnoloģiju attīstībai var būt negatīvas sociālas un ekoloģiskas sekas, tās var mainīt varas/ietekmes līdzsvaru vai tikt izmantotas ļaunprātīgiem nolūkiem.

Mūsdienās ar tehnoloģiju palīdzību iespējams veikt aizvien sarežģītākus uzdevumus un nereti arī pašas tehnoloģijas kļūst aizvien sarežģītākas – kā no to uzbūves viedokļa, tā arī mijiedarbības ar sabiedrību dēļ. Paplašinās arī izpratne par tehnoloģijām, tās tiek uzlūkotas kā sistēmas, kas ir tehnoloģisko un sociālo apakšsistēmu sadarbības, pat simbiozes, rezultāts. Līdz ar to gandrīz ikviena reālā

sistēma, kas atspoguļo objektīvo realitāti, ir uzskatāma par sociotehnisku. Sociotehniskas sistēmas vienlaikus raksturo gan tehnisku, gan sociālu sistēmu parametri, un relatīvās atvērtības, sistēmas elementu mācīšanās prasmju un dažādo stohastisko faktoru ietekmes dēļ to darbība ir sarežģīta [51]. Šo sistēmu sarežģītība vienlaikus apgrūtina sociotehnisku sistēmu izstrādi, prasību specifiskāciju, testēšanas un potenciālās pieņemšanas un difūzijas izpēti. Tāpēc paralēli attīstās to pētniecība. Saskaņā ar A. Morisa (*Morris*) secinājumiem zinātniskajā literatūrā pastāv vismaz četri dažādi sociotehnisku sistēmu izpētes virzieni, proti, sabiedrības, organizāciju un vadības, inženierijas un sistēmu izziņas virziens [81].

Nolūkā sašaurināt aplūkojamo tematiku un nonākt pie pielietojama rezultāta, promocijas darbā pētītas informācijas tehnoloģijas (IT).

Vairāku ietekmīgu biznesa konsultāciju uzņēmumu pētījumi atklāj, ka starp IT jomas projektiem ir augsta neveiksmīgu projektu proporcija [44], [122], kā arī pētījumos secināts, ka aizvien var runāt par nepietiekamu IT (un īpaši tehnoloģiju, kas rada radikālas izmaiņas) izmantojumu [13], [67]. Respektējot metodoloģiskas grūtības iegūt visaptverošus datus, dažādu pētījumu rezultāti atšķiras, tomēr tie variē starp 30 – 70 % atkarībā no tā, ko vērtē kā neveiksmi. Piemēram, 2017. gada Cisco pētījums atklāj, ka 60 % lietu interneta (IoT) iniciatīvu apstājas pie prototipa izstrādes un tikai 26 % kompāniju ir pieredze ar IoT iniciatīvām, ko tie vērtē kā izdevušās [27]. Nenoliedzami atsevišķi tehnoloģiju izstrādātāju projekti iegūst labāku novērtējumu, kamēr citi nesaņem lietotāju atzinību, nekļūst populāri un nerasniedz to izstrādātāju mērķus. Līdz ar to rodas jautājumi – kā analizēt tehnoloģiju pieņemšanu un ilgspēju, kas to ietekmē, kā to mērīt un izmantot pamatotu lēmumu pieņemšanā?

Tehnoloģijas tiek izstrādātas ļoti strauji, un to izmaiņas var fundamentāli mainīt tirgus vai industrijas iedibinātu kārtību, vērtības un pieņēmumus. Organizācijas sasniegs savus mērķus, ja tās spēs reaģēt uz izmaiņām [60]. Tomēr faktiski organizācijām un to vadībai nereti trūkst kapacitātes pārzināt vairāku nozaru jaunumus un izdarīt informētus lēmumus ierobežota laika un resursu apstākļos bez visaptverošas metodoloģijas. Ņemot vērā tehnoloģiju lomu ikvienā sabiedrībā un tās attīstībā, ir svarīgi prognozēt, kuras no tehnoloģijām tiks sabiedrībā akceptētas, kurām būs raksturīga ilgspēja un kurās ir lietderīgi investēt. Joprojām trūkst validētu metodoloģiju, kas atļauj pietiekami ticami prognozēt jaunās vai esošās tehnoloģijas ilgspējas izredzes.

Turklāt, lai pilnībā izprastu tehnoloģiju potenciālu, ir nepieciešams vairāk informācijas, nekā var iegūt, iepazīstoties ar to uzbūvi un darbības principiem vien. Ir nepieciešama sapratne arī par to, kā iekārtas, tehnoloģijas, cilvēki, institūcijas un to mērķi un vērtības ir vai nav saistītas [62]. Citiem vārdiem sakot, ir nepieciešams sistemātisks skatījums uz tehnoloģijām un to izstrādes procesu. Pētnieki aizvien vairāk pievēršas jautājumiem par tehnoloģiskajām izmaiņām, dzīves ciklu, tehnoloģiju pieņemšanu un izmantošanu. Arī šie pētījumi nereti ir starpdisciplināri un aptver tādas jomas kā informācijas sistēmas, vadībzinātne, socioloģija u.c.

Līdzšinējie pētījumi attiecībā uz tehnoloģiju dzīves ciklu galvenokārt ir vērsti uz tehnoloģiju pieņemšanas individuālajiem aspektiem [31], [118]. Pētnieki ir analizējuši dažādus faktoros, kas iespaido tehnoloģiju pieņemšanu individuālā līmenī un ir saistīti ar organizācijām, kultūru, profesionālo specifiku u.c. Tomēr šīs pieejas, pirmkārt, vairāk analizē indivīdu nodomus uzsākt lietot tehnoloģiju, nevis turpināt to ilgstoši lietot, otrkārt, to metodoloģija būtībā ir vērsta uz jau izstrādātām tehnoloģijām, paredzot potenciālajiem lietotājiem iepazīties un novērtēt jau ekspluatācijā nodotu tehnoloģiju vai pilnībā funkcionālu prototipu.

Lēmumu pieņēmējiem nepieciešami praktiski rīki, lai novērtētu mūsdienu sociotehniskas sistēmas. Vairums teoriju nesniedz atbildes uz jautājumu – kas ir tie faktori, kas ietekmē to, kā tehnoloģija tiek pieņemta un lietota indivīda līmenī, kā arī to, cik apmierinātas ar tehnoloģijas darbību būs dažādas iesaistītās puses. Proti, ir nepieciešams sistēmisks un integrēts skatījums, kas apvienotu tehnoloģijas izstrādes aspektus, izvērtētu pašas tehnoloģijas stiprās un vājās puses, kā arī lietotāju apsvērumus un plašāku kontekstu – vispārējo ekonomisko situāciju, sabiedrības attieksmi u.c.

Darba mērķis ir izstrādāt integrētu tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modeli un tā izmantošanas metodoloģiju. Metodoloģija ir cieši saistīta ar izstrādāto modeli, un modelis ir neatņemama tās sastāvdaļa.

Uzdevumi:

- apzināt esošās teorijas un metodoloģijas, kas analizē tehnoloģiju dzīves ciklu un tehnoloģiju pieņemšanu;
- izstrādāt tehnoloģijas ilgtspējas definīciju;
- definēt būtiskus tehnoloģiju ilgtspējas priekšnosacījumus un faktoros, veikt to savstarpējās mijiedarbības analīzi, kā arī

izstrādāt kritērijus to novērtēšanai, apkopojot visu integrētajā tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modeli;

- aprakstīt modeļa izmantošanas un rezultātu interpretācijas metodoloģiju, lai ieinteresētās puses varētu veikt nepieciešamo jaunas vai esošas tehnoloģijas novērtējumu;
- izstrādāt tehnoloģisku risinājumu metodoloģijas pielietojumam interneta vidē.

Hipotēze: Izmantojot integrēto tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modeli un tā izmantošanas metodoloģiju, izstrādātāji, potenciālie investori un citas iesaistītās puses varēs brīvi izvēlēta laika momentā patstāvīgi gūt priekšstatu par tehnoloģijas potenciālu un veikt pamatotu ieguldījumu plānošanu.

Metodes: Promocijas darbā izmantotas dažādas pētījumu metodes. Aprakstošā jeb monogrāfiskā – literatūras analīze veikta, lai apzinātu tehnoloģisko izmaiņu un inovāciju teorētiskos aspektus, kā arī jau izstrādātās tehnoloģiju difūzijas un pieņemšanas pētījumu pieejas. Tāpat veikta literatūras analīze, lai skaidrotu tehnoloģiju izstrādi no sociotehnisku sistēmu perspektīvas. IASAM3 metodoloģijā izmantotās Skype references līknes konstruēšanai izmantotas kvantitatīvās metodes – normalizētie dati aproksimēti un ar mazāko kvadrātu metodi aprēķināti atbilstošās polinomiālās funkcijas koeficienti. Iegūtā rezultāta pārbaudei novērtēti determinācijas koeficienta R^2 rādītāji, kā arī veikts Fišera tests. Savukārt konstruētās Skype references līknes datiem ar Kolmogorova-Smirnova testu (K-S tests) noskaidrots, vai atšķirības starp Skype dzīves cikla rādītājiem un references funkcijas datiem ir statistiski nozīmīgas. Visbeidzot, IASAM3 metodoloģijas risinājumā integrēta imitāciju modelēšana, izmantojot sistēmu dinamiku. Modeļa matemātiskā realizācija ir integrēta IASAM3 rīkā.

Novitāte: Autore izstrādāja inovatīvu tehnoloģiju novērtēšanas metodoloģiju, kas ļauj iegūt vispusīgu priekšstatu par tehnoloģijas izstrādes procesu, novērtēt to, kā arī ļauj modelēt tehnoloģijas turpmākās ilgtspējas potenciālu. IASAM3 ir risinājums, kas atvieglo lēmumu pieņemšanu izstrādātājiem, potenciālajiem investoriem un politikas plānotājiem.

Risinājums un rezultāti: Pētījuma gala rezultāts ir izstrādātais tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modelis un tā izmantošanas metodoloģija, kā arī web rīks metodoloģijas patstāvīgai izmantošanai.

Metodoloģijas darba versijas pielietotas un pārbaudītas projektos Eiropas Komisijas 7. ietvarprogrammas granta projektā “*Large Scale Choreographies for the Future Internet*” (CHOReOS, Nr. 257178, 2010.-2013.), Eiropas Komisijas 7. ietvarprogrammas granta projektā “*Future Policy Modeling*” (FUPOL, Nr. 287119, 2011.-2015.), kā arī Eiropas Komisijas FLAG-ERA projektā “*Large scale experiments and simulations for the second generation of FuturICT*” (FuturICT 2.0, 2017.-2020.).

Darba struktūra

Promocijas darbu veido ievads, 3 nodaļas, nobeigums, izmantotās literatūras un avotu saraksts. Promocijas darba pamatteksts ir 99 lappuses, tajā ir 35 attēli, 11 formulas un 19 tabulas. Bibliogrāfiskajā sarakstā ir 128 informācijas avoti.

1. Tehnoloģiju izstrādes teorētiskie aspekti.

Pētījumā izmantoto terminu un līdzšinējo teorētisko atziņu apkopojums.

Nodaļā tiek apskatīti tehnoloģiju un tehnoloģisko izmaiņu jēdzieni, kā arī inovāciju veidi un tehnoloģiju dzīves cikls. Tāpat aplūkotas dažādās līdzšinējās pieejas tehnoloģiju pieņemšanas pētniecībā un ieviests jauns termins – tehnoloģijas ilgtspēja.

2. Tehnoloģiju izstrāde pētniecība no sociotehnisku sistēmu perspektīvas.

Nodaļā aplūkotas sociotehnisku sistēmu pazīmes un specifiskās īpašības. Aplūkota imitāciju modelēšanas, tostarp sistēmu dinamikas izmantošana sociotehnisku sistēmu analizē. Uzmanība pievērsta arī informācijas tehnoloģiju izstrādei un biežākajām kļūdām, ar kurām sastopas šo tehnoloģiju izstrādātāji.

3. Integrētais tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modelis.

Nodaļā tiek aprakstīts autores izstrādāts tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modelis, tā mērķis un uzdevumi, kā arī modeļa izmantošanas metodoloģija. Detalizēti izklāstīti izmantotie kritēriji un veicamie aprēķini. Nodaļā aprakstīts arī veids, kādā autore nonāca pie references līknes, ko izmanto ar izstrādāto metodoloģiju iegūtā rezultāta padziļinātai interpretācijai. Tāpat šajā nodaļā iekļauts izstrādātā web rīka apraksts.

Darba aprobācija:

Zinātniskās publikācijas starptautiski citējamās datubāzēs iekļautajos izdevumos

1. Ginters, E., Aizstrauta, D. (2018). Technologies Sustainability Modeling. In: Rocha Á., Adeli H., Reis L.P., Costanzo S. (Eds.) *Trends and Advances in Information Systems and Technologies*. 746, 659-668. [Scopus datu bāzē]
2. Aizstrauta, D., Ginters, E. (2017). Sociotechnical Systems Acceptance and Sustainability Assessment using Dynamic Simulation Model IASAM3. *Proceedings of 29th European Modeling and Simulation Symposium, EMSS 2017, Barcelona, Spain*, 519-526 [Scopus datu bāzē]
3. Aizstrauta, D., Ginters, E. (2016). Using Market Data of Technologies to Build a Dynamic Integrated Acceptance and Sustainability Assessment Model. *Procedia Computer Science*, 104, 501-508 [Scopus datu bāzē]
4. Aizstrauta, D., Ginters, E. (2015). Integrated Acceptance and Sustainability Assessment Model Transformations into Executable System Dynamics Model. *Procedia Computer Science*, 77, 92-97 [Scopus datu bāzē]
5. Aizstrauta, D., Ginters, E., Eroles, M.A.P. (2015). Applying Theory of Diffusion of Innovations to Evaluate Technology Acceptance and Sustainability. *Procedia Computer Science*, 43, 69-77 [Scopus datu bāzē]
6. Aizstrauta, D., Ginters, E., Aizstrauts, A. (2015). Simulators sustainability assessment. *Proceedings of 27th European Modeling and Simulation Symposium, EMSS 2015, Bergeggi, Italy*, 36-45 [Scopus datu bāzē]
7. Eroles, M.A.P, Leal, X., Castelli, L., Aizstrauta, D. (2014). Intelligent Transportation System to Enhance the Sustainability of the Air Freight Transport. *Proceedings of the International Conference on Harbor Maritime and Multimodal Logistics M&S, HMS 2014, Bordeaux, France*, 207-212 [Scopus datu bāzē]
8. Aizstrauta, D., Celmina, A., Ginters, E., Mazza, R. (2013). Validation of Integrated Acceptance and Sustainability Assessment Methodology. *Procedia Computer Science*, 26, 33-40 [Scopus datu bāzē]
9. Aizstrauta, D., Ginters, E. (2013). Introducing Integrated Acceptance and Sustainability Assessment of Technologies: A Model Based on System Dynamics Simulation. In: Fernández-Izquierdo M.Á., Muñoz-Torres M.J.,

- León R. (Eds.) *Modeling and Simulation in Engineering, Economics, and Management*. Lecture Notes in Business Information Processing, 145, 23-30, Springer, Berlin, Heidelberg [Scopus datu bāzē]
10. Silins, A., Ginters, E., Aizstrauta, D., Binde, J. (2010). Easy Communication Approach for Data Exchange in Distributed Simulation Environment. *International Conference on Visualization, Imaging and Simulation – Proceedings* [Scopus datu bāzē]
 11. Silins, A., Ginters, E., Aizstrauta, D. (2010). Easy Communication Environment for Distributed Simulation. *World Scientific Proceedings Series on Computer Engineering and Information Science “Computational Intelligence in Business and Economics”*. Proceedings of the MS’10 International Conference [Web of Science datu bāzē]
 12. Valtenbergs, V., Aizstrauta, D. (2008). Individualized forms of internet political participation: the case of Latvian Online Activism and populist electronic democracy. *ICTE in Regional Development*, 1-9 [EBSCO datu bāzē]

Citas zinātniskās publikācijas

1. Ginters, E., Aizstrauts, A., Aizstrauta, D., Lauberte, I., Eroles, M.A.P, Buil, R., Sonntagbauer, P., Sonntagbauer, S. (2013). FP7 FUPOL Project – Innovation in Policy Science. *CBU International Conference IISE Proceedings, Prague*
2. Aizstrauts, A., Ginters, E., Aizstrauta, D., Sonntagbauer, P. (2012). Easy Communication Environment on the Cloud as Distributed Simulation Infrastructure. *Proceedings of the 5th WSEAS World Congress on Applied Computing Conference (ACC '12)*. Recent Advances in Computing Engineering Series, Recent Researches in Applied Information Science, Faro, Portugal
3. Sonntagbauer, P., Aizstrauts, A., Ginters, E., Aizstrauta, D. (2012). Policy Simulation and E-Governance. *International Association for Development of the Information Society Conference proceedings*, Berlin, Germany
4. Aizstrauts, A., Ginters, E., Aizstrauta, D. (2011). Step by Step to Easy Communication Environment for Distributed Simulation. Annual Proceedings of Vidzeme University of Applied Sciences *ICTE in Regional Development*

2009/2010, Valmiera, Sociotechnical Systems Engineering Institute, Vidzeme University of Applied Sciences, 1-13.

Konferences

1. Ginters, E., Aizstrauta, D. (2018). Technologies Sustainability Modeling. WorldCist'18 – 6th World Conference on Information Systems and Technologies, Naples, Italy, 27 – 29 March
2. Aizstrauta, D., Ginters, E. (2017). Sociotechnical Systems Acceptance and Sustainability Assessment using Dynamic Simulation Model IASAM3. *Proceedings of 29th European Modeling and Simulation Symposium, EMSS 2017*, Barcelona, Spain, 18 – 20 September
3. Aizstrauta, D., Ginters, E., Aizstrauts, A. (2015). Simulators sustainability assessment. *Proceedings of 27th European Modeling and Simulation Symposium, EMSS 2015*, Bergeggi, Italy, 21 – 23 September
4. Aizstrauta, D., Ginters, E. (2013). Introducing Integrated Acceptance and Sustainability Assessment of Technologies: A Model Based on System Dynamics Simulation. International Conference on Modeling and Simulation in Engineering, Economics, and Management, Castellon, Spain, 6 – 7 June¹
5. Sonntagbauer, P., Aizstrauts, A., Ginters, E., Aizstrauta, D. (2012). Policy Simulation and E-Governance. *International Association for Development of the Information Society Conference proceedings*, Berlin, Germany, 10 – 13 March
6. Aizstrauts, A., Ginters, E., Aizstrauta, D., Sonntagbauer, P. (2012). Easy Communication Environment on the Cloud as Distributed Simulation Infrastructure. *Proceedings of the 5th WSEAS World Congress on Applied Computing Conference (ACC '12)*. Recent Advances in Computing Engineering Series, Faro, Portugal, 2 – 4 May
7. Silins, A., Ginters, E., Aizstrauta, D. (2010). Easy Communication Environment for Distributed Simulation. *World Scientific Proceedings Series on Computer Engineering and Information Science “Computational*

¹ Publikācija iekļauta *Association for Modeling and Simulation in Enterprises Best-Of* izlasē “Selection at the AMSE Conference 2013”

Intelligence in Business and Economics". Proceedings of the MS'10 International Conference, Barcelona, Spain, 15 – 17 July

Starptautiski zinātniskās pētniecības projekti

Izstrādātā metodoloģija dažādās tās attīstības stadijās pielietota starptautiskos projektos, novērtējot to ietvaros izstrādātās tehnoloģijas, vienlaikus veicot modeļa validāciju:

1. Eiropas Komisijas 7. ietvarprogrammas granta projekta “*Large Scale Choreographies for the Future Internet*” (CHOReOS, 2010-2013) Nr. 257178 ietvaros novērtētas:

- Passenger Friendly Airport;
- DynaRoute;
- ACRB – Adaptive Customer Relationship Booster.

Projekta nodevums: Ginters, E., Aizstrauta, D. (2012). Socio-technical assessment report (D10.4).

2. Eiropas Komisijas 7. ietvarprogrammas granta projekta “*Future Policy Modeling*” (FUPOL, 2011.- 2015.) Nr. 287119 ietvaros novērtēti izstrādātie pilotprojekti:

- Skopje Vodno Mountain Recreational Activities Simulator;
- Skopje Bicycle Inter-Modality Simulator;
- Zagreb Green Park Layout Design Simulator;
- Zagreb Green Park Occupancy Analysis Simulator;
- Yantai Urban Economics Development Simulator.

Projekta nodevums: Ginters, E., Aizstrauts, A., Aizstrauta, D. (2015). Fupol Policy Simulators maintenance and integration (D4.8).

3. Eiropas Komisijas FLAG-ERA projekta “*Large scale experiments and simulations for the second generation of FuturICT*” (FuturICT 2.0, 2017-2020) ietvaros tiek novērtēts:

- VeloRouter.

1. TEHNOLOĢIJU IZSTRĀDES TEORĒTISKIE ASPEKTI

1.1. Tehnoloģijas koncepts

Aizvien pieaugot tehnoloģiju sarežģītībai un piedāvāto iespēju klāstam, mainās arī tehnoloģiju un sabiedrības savstarpējā iedarbība. Akadēmiskajā literatūrā pastāv dažādi viedokļi par to, kas ir tehnoloģija, un izpratne par tehnoloģijām piedzīvo attīstību [11], [36], [99]. Tehnoloģijas veido to loģiskā struktūra, piemēram, algoritmi, noteikumi, kā arī fiziskā struktūra, piemēram, aparatūra, komunikācijas vide, kā arī programmatūra. Citiem vārdiem sakot, fiziskā struktūra ir loģiskās struktūras realizācijas vide [50].

Tomēr, pētot tehnoloģijas, būtisks ir arī tehnoloģijas mērķis un pielietojums sociālajā vidē, kādā tiek lietota tehnoloģija. No zinātniskā viedokļa aktualizējas jautājumi par indivīda lomu gan tehnoloģiju izstrādē un attīstībā, gan tehnoloģiju pielietojumā. Indivīds kļūst par nozīmīgu pētījumu sastāvdaļu, kas mijiedarbojas ar tehnoloģiju un citiem sistēmas elementiem un ietekmē tos [36]. Tāpēc tehnoloģijas uzlūkojamas kā sociotehniskas sistēmas un līdz ar to pētniecībā jāiekļauj ne tikai tehnoloģiju fiziskā struktūra, bet arī cilvēku prasmes un organizāciju vidi, kas nepieciešama, lai strādātu ar tehnoloģiju un uzturētu to [36].

Atkarībā no tā, kā tiek definēta tehnoloģija un kāda līdz ar to ir indivīda loma attiecībā pret tehnoloģiju un tās lietojumu, mainās arī skatījums uz tehnoloģiju attīstību un tehnoloģisko izmaiņu procesu. Tā kā promocijas darbā tiek pētīta tehnoloģiju pieņemšana un ilgtspēja, tad tehnoloģijas tiek skatītas kā sociotehniskas sistēmas – pētījumā iekļaujot mijiedarbību ar sabiedrību, normām, tirgus principiem u.tml.

1.2. Inovācijas process un tā ietekme

Promocijas darba fokusā ir jaunu tehnoloģiju rašanās un šī procesa novērtēšana, tāpēc ir būtiski apzināt, kā notiek tehnoloģiskās izmaiņas (*technological change*) un kas ir inovācijas. Šie divi termini ir cieši saistīti viens ar otru, lietoti vienkopus un bieži arī netiek nošķirti, tomēr tie nav uzskatāmi par pilnīgi identiskiem.

Inovācijas, lai arī ir relatīvi jauns jēdziens, tomēr līdzīgi kā tehnoloģijas ir viens no tiem terminiem, kas tiek intensīvi izmantots zinātniskajā literatūrā, bet kuram vienlaikus ir izstrādātas vairākas definīcijas. Šaurākā izpratnē inovācija ir jaunas idejas, metodes vai ierīces radīšana, tomēr ir iespējams šī jēdziena plašāks traktējums.

Vairāki pētnieki ir mēģinājuši nonākt pie vienotas definīcijas [29], [41]. apkopojot vairāku desmitgažu akadēmisko žurnālu publikācijās atrodamās definīcijas. Par vienu no precīzākajām definīcijām atzīta Eiropas Komisijas Zaļajā grāmatā par inovācijām piedāvātā definīcija. Atbilstoši tai, inovācija ir kāda jauninājuma (*novelty*), kuram ir pievienotā vērtība, ražošana, pieņemšana, iekļaušana un izmantošana ekonomikas vai sociālajā jomā; produktu, pakalpojumu un tirgus atjaunināšana vai to funkciju paplašināšana; jaunu ražošanas metožu attīstība; jaunu pārvaldības sistēmu izveidošana [42]. Citiem vārdiem sakot, inovācija ir gan process, gan rezultāts [29]. Pretnostatot inovācijas un tehnoloģiju konceptus, var secināt, ka visas tehnoloģijas savā sākotnējā attīstības posmā ir inovācijas. Promocijas darbā izvēlēts lietot vienu terminu – tehnoloģija (*tehnoloģiju ilgtspēja, tehnoloģiju pieņemšana*).

Savukārt tehnoloģiskās izmaiņas attiecas uz procesu kopumu, kas ietver inovācijas procesu, tehnoloģiju izplatību jeb difūziju un pieņemšanu plašākā sabiedrībā un tehnoloģiju iespaidā radītajām izmaiņām sabiedrībā [60], [96]. Inovācijas var radīt tehnoloģiskās izmaiņas, tomēr ne visas inovācijas tās rada.

Pētījumi, kas padziļina izpratni par jaunu tehnoloģiju rašanos un pieņemšanu, ir nepieciešami, jo inovāciju radītas tehnoloģiskās izmaiņas nereti sagrauj tirgus vai industrijas ierastos priekšnoteikumus, pieņēmumus un vērtības. Tehnoloģiskās izmaiņas var radīt nopietnas sekas un apdraudēt nosprausto mērķu sasniegšanu tām organizācijām, kas nespēj pielāgoties jaunajiem apstākļiem. Vienlaikus šādu izmaiņu rezultātā organizācijas mainās, kā arī rodas iespējas citām organizācijām. Var secināt, ka organizācijas darbosies sekmīgi, ja tās ne tikai pietiekami labi apzināsies jaunus apstākļus, bet arī spēs pārvarēt organizācijām raksturīgo inerci (vai kūtrumu) un pieņemt izmaiņas [60].

Vēsturiski tehnoloģiju inovāciju pētniecību aizsācis ekonomists Dž. Šumpēters (*Schumpeter*), kas inovācijas saskatīja kā kritisku elementu, lai vispār notiktu izmaiņas ekonomikā. Viņš jaunu tehnoloģiju rašanos dēvēja par radošās destrukcijas procesu (*creative destruction process*). Viņaprāt, inovācijas ir uzņēmēju secīgu lēmumu rezultāts, meklējot jaunus veidus, kā sasniegt mērķus. To darot, uzņēmēji investē aizvien jaunās tehnoloģijās, lai palielinātu peļņu. Tādējādi Dž. Šumpētera skatījums uz ekonomikas sistēmu, kas vēlākos gados ietekmējis daudzus pētījumus, paredz, ka uzņēmēji lielā mērā nosaka tehnoloģiju attīstības virzienu. Un līdz ar to arī inovācijas ir tās, kas nosaka biznesa ciklu [92].

Inovācijas var būt daudzveidīgas. Tām ir dažādi mērķi, atšķirīgs pamatojums un arī ietekme uz organizācijām. Inovāciju pētnieki ir izstrādājuši atšķirīgas detalizācijas inovāciju klasifikācijas pieejas, izmantojot virkni ar klasifikācijas pazīmēm. Daži inovāciju klasifikācijas piemēri redzami 1.1. tabulā.

1.1. tabula

Inovāciju klasifikācijas veidu piemēri [autores izstrādāts pēc [41], [55]]

KLASIFIKĀCIJAS PAZĪME	INOVĀCIJU VEIDI ATBILSTOŠI KLASIFIKĀCIJAI
Inovācijas ietekme	1. Pakāpeniskas/nelielas izmaiņas 2. Inovācija- sasniegums tirgū 3. Inovācija-tehnoloģisks sasniegums 4. Radikālas izmaiņas
Inovācijas mērogs	1. Produkta inovācija 2. Procesa inovācija 3. Tirgus inovācija 4. Organizacionāla inovācija
Inovatīvo jauninājumu pakāpe	1. Jaunums organizācijā 2. Jaunums tirgū 3. Jaunums pasaulē 4. Jaunums industrijā
Individuālā motivācija, organizacionālā kultūra un radītās izmaiņas	1. Reaktīvas inovācijas 2. Aktīvas inovācijas 3. Nepieciešamas inovācijas 4. Uzspiestas inovācijas 5. Proaktīvas inovācijas 6. Nepārtrauktas inovācijas 7. Iekšēji saskaņotas inovācijas 8. Transformējošas inovācijas
Inovācijas pieprasījuma avots	1. Inovācijas, kas padziļina tirgu 2. Inovācijas, kas paplašina tirgu 3. Peldošas (<i>floating</i>) inovācijas 4. Uznirstošas inovācijas

Mēģinot apvienot dažādās klasifikācijas, autori izstrādājuši gan divdimensionālas tipoloģijas [1], gan trīsdimensionālas tipoloģijas [55].

Organizācijās inovāciju process nenorit vienādi un attieksme pret tehnoloģiskajām izmaiņām var atšķirties. Piemēram, pētot, kā organizācijas pielāgojas tehnoloģiskajām izmaiņām, M. Tušmans un P. Andersons (*Tushman&Anderson*) atklāja, ka jaunas un pieredzējušas organizācijas atšķirīgi raugās uz jauninājumiem [115]. Proti, kamēr jaunās organizācijas tiecas izstrādāt tehnoloģijas, kas maina līdzšinējās prakses un aizstāj tās ar jaunām (*competence-destroying*), pieredzējušās tiecas izstrādāt inovācijas, kas papildina vai paplašina viņu līdzšinējos risinājumus

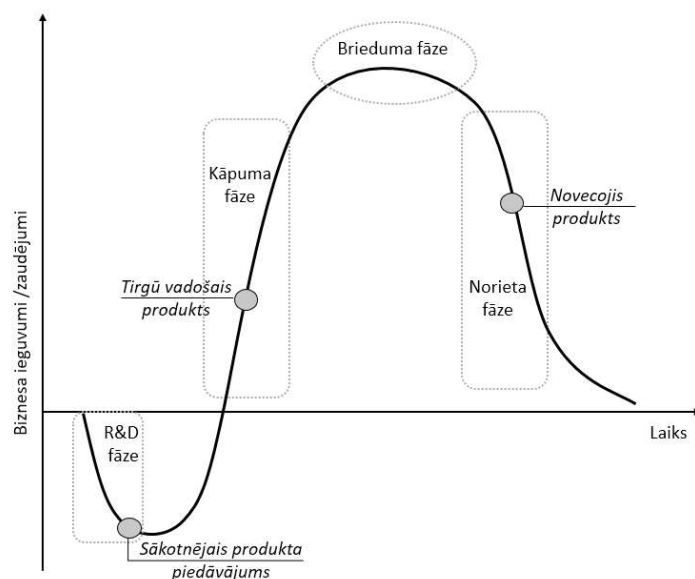
(*competence-enhancing*). Tādējādi pieredzējušās organizācijas samazina apkārtējās vides radīto nenoteiktību. Savukārt I. Prakašs un D. Sinha (*Prakash&Sinha*) izpētījuši, ka pieredzējušās, nobriedušās industrijas var atļauties nogaidīt un novērtēt inovācijas potenciālo pieņemšanu un iespējamās radītās tehnoloģiskās sekas. Tomēr dinamiskākās un ātri mainīgās industrijās organizācijas par “nepareizām” inovāciju izvēlēm var samaksāt ar savu pastāvēšanu [92].

Tāpat tehnoloģiskas izmaiņas agrāk vai vēlāk notiek, un tās aizsākas ar inovācijām. Inovācijas var būt dažāda veida, tomēr promocijas darbā fokuss sašaurināts uz informācijas tehnoloģijām, tāpēc tā ietvaros izstrādājamai metodoloģijai jābūt izmantojamai primāri IT jomā.

1.3. Tehnoloģiju dzīves cikla pieeja

Akadēmiskajā literatūrā tehnoloģiju dzīves cikla pieeja mēģina definēt universālus tehnoloģiju un inovāciju izpētes etapus jeb stadijas. Tehnoloģijas dzīves cikla pieeju pirmais pagājušā gadsimta 80tajos ieviesa A. Litls (*Little*) [70], un kopš tā laika vairums pētījumu šajā jomā balstīti uz pieņēmumu, ka tehnoloģijas pakļaujas četru stadiju ciklam un veido S-veida līkni [68], kāda redzama 1.1. attēlā:

- sākotnējā jeb izpētes un inovācijas (*R&D*) stadija – periods, kurā rodas jauns produkts; ieņēmumi ir mazāki par izdevumiem un varbūtība nenasniegt nospraustos mērķus ir augsta;
- augšanas stadija jeb kāpuma fāze – tehnoloģija pēc tās prezentācijas un komercializācijas. Tā nostiprinās, sāk nest ienākumus. Ne visas tehnoloģijas pēc pirmās fāzes spēj sasniegt otro fāzi;
- difūzijas stadija jeb brieduma fāze – šo stadiju raksturo lietotāju pieņemšana un tehnoloģijas difūzija sabiedrībā, tehnoloģijas ieņēmumi ir augsti un stabili;
- norieta fāze – tehnoloģijas panākumi samazinās un visbiežāk to nomaina cita tehnoloģija. Šīs stadijas ilgums atkarīgs no tirgus dinamikas.



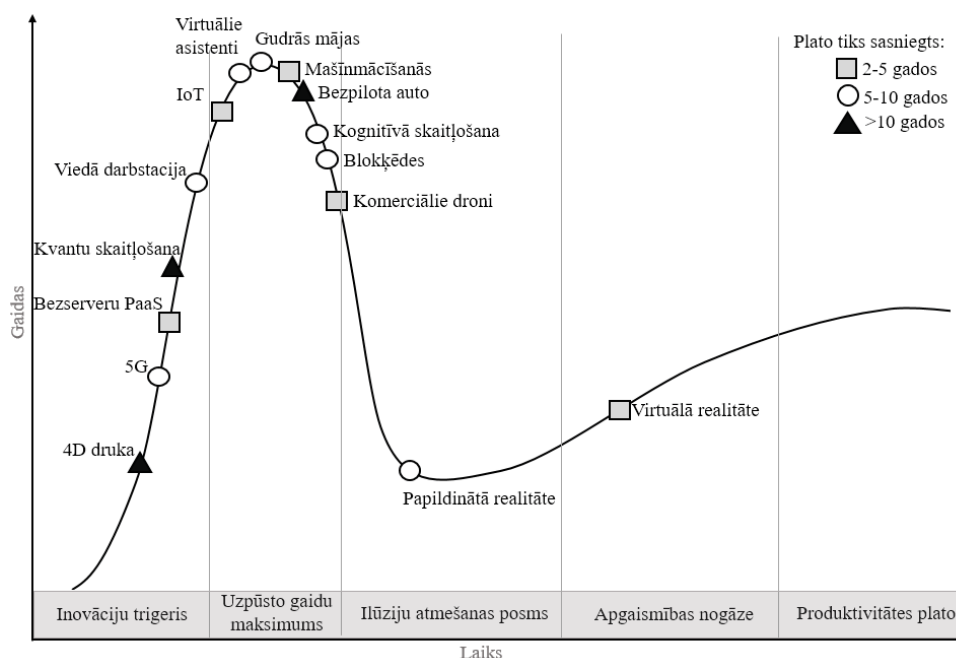
1.1. att. Tehnoloģiju dzīves cikla pieejas pamatā esošā S-veida līkne un tehnoloģiju attīstības fāzes [19]

Ne visas tehnoloģijas piedzīvo visas četras fāzes, dažkārt citas inovatīvas tehnoloģijas aptur to attīstību agrāk. Savukārt tehnoloģiju izstrādātāji, kuru tehnoloģijas nonākušas brieduma fāzē, vēlas to iespējami pagarināt. Viena no metodēm ir t.s. kosmētiskie uzlabojumi (*facelift*), kad netiek mainīta tehnoloģijas uzbūve vai darbības pamatprincipi, bet tās izskats vai nedaudz papildināta funkcionalitāte [22]. Tomēr kopumā tehnoloģijas spēja būt par objektu, kas spēj piesaistīt investīcijas, lielā mērā atkarīga no tā, kurā stadijā tā atrodas [90].

Vienlaikus pētnieks C. Lī (*Lee*) ar kolēģiem norāda, ka dzīves cikla pieeja tiek plaši atzīta akadēmiskajā vidē, tomēr praktiska pielietojuma tai trūkst, jo nav veida, kā ticami noteikt, kurā tehnoloģijas attīstības stadijā tā atrodas. Tehnoloģijas attīstības izredžu modelēšana un prognozēšana, izmantojot šo pieeju, saistāma ar daudziem izaicinājumiem, kā nenoteiktība, ticamu datu nepietiekamība un reālās pasaules sarežģītība [81].

Savu interpretāciju par tehnoloģiju popularitātes pamatā esošo S-līkni, piedāvā arī ievērojamais tehnoloģiju izpētes un konsultāciju uzņēmums “Gartner”, lai salīdzinātu tehnoloģijas savstarpēji un atšķirtu tās, par kurām runā, jo tās ir modē, no tām, kas tiešām var atstāt ietekmi uz tehnoloģiju tirgu. Katru gadu Gartner izstrādā t.s. Gartnera tehnoloģiju ažiotažas ciklu (*Gartner Hype Cycle*) jeb Gartnera līkni, kas attēlo jaunākās tehnoloģijas uz vienas līknes, ļaujot iespēju novērtēt to salīdzinošo novietojumu populārāko tehnoloģiju vidū. Gartnera līkne nodrošina tehnoloģiju

nobriešanas un pieņemšanas grafisku attēlojumu, kurā redzams tas, kā tehnoloģija potenciāli attīstīsies laikā [47]. 2017. gada Gartnera līkne redzama 1.2. attēlā.



1.2. att. Gartnera līkne 2017. gadam [89]

Līkne jāuzlūko kā piecu secīgu tehnoloģijas dzīves cikla posmu attēlojums, izmantojot divas asis – ekspektācijas jeb gaidas un laiku:

- inovāciju trigeris posms – aizsākas tehnoloģijas izplatība. Koncepta pieteikums un iespējamie pielietojumi rada mediju interesi un pakāpeniski arī lielāku publicitāti. Bieži šajā posmā tehnoloģiju attīstītājiem vēl nav reālas darbības pieredzes, nedz arī ir pierādīta to izstrādāto produktu komerciālā dzīvotspēja;
- uzpūsto gaidu maksimums – agrā publicitāte rada ne tikai veiksmes stāstus, bet arī neveiksmes; dažas kompānijas izmanto negatīvo pieredzi, lai pilnveidotos, tomēr vairums nē;
- ilūziju atmešanas posms – eksperimentu un ieviešanas projektu neizdošanās gadījumā pazūd arī mērķauditorijas interese. Investīcijas turpinās, ja tehnoloģiju ražotāji/pakalpojumu sniedzēji ir gatavi uzlabot savu sniegumu, lai tas atbilstu lietotāju prasībām;
- apgaismības nogāze – tehnoloģijas potenciālo ieguvumu spektrs kļūst aizvien saprotamāks un pieņemamāks. Tiek piedāvāti otrās un trešās paaudzes produkti. Aizvien vairāk uzņēmumu finansē pilotpētījumus un ievieš tehnoloģijas, konservatīvās kompānijas turpina būt piesardzīgas;
- produktivitātes plato – sākās masveida pieņemšana [47].

Tādējādi Gartnera līkne attēlo nevis tehnoloģijas reālo izplatību, bet gan ap tehnoloģiju pastāvošo informatīvo telpu un tās radītās gaidas attiecībā uz tehnoloģiju. Arī tās veido S-līkni, un faktiski var sacīt, ka tad, kad tehnoloģija atbilstoši Gartnera līknei sasniedz produktivitātes plato, jeb tuvojas cikla beigām, tā faktiski ir augšupeja tradicionālajā tehnoloģiju dzīves cikla izpratnē.

1.4. Inovāciju difūzija un pieņemšana

Līdz ar inovāciju pētniecību ir attīstījusies arī inovāciju izplatības un pieņemšanas pētniecība. Pagājušā gadsimta sākumā pētnieki pamazām sāka interesēties par to, kāpēc viens tehnoloģisks jauninājums tiek sabiedrībā pieņemts, kamēr cits nē. Savukārt pagājušā gadsimta 60tajos gados ASV un Kanādas sociologi un politikas zinātnieki no atsevišķu inovāciju izplatības pētījumiem pievērsās pētījumiem par inovāciju pieņemējiem. Proti, kādi apstākļi un īpašības tehnoloģijas pieņemējos (sabiedrības grupās, organizācijās) noteica to, vai tie kļuva par inovāciju sākotnējiem vai vēlākiem lietotājiem.

Mūsdienās par inovāciju pieņemšanu pieejams apjomīgs zinātniskās literatūras klāsts, un savu ieguldījumu devuši zinātnieki no ekonomikas, mārketinga, socioloģijas un antropoloģijas jomas [63], [111]. Ekonomisti ir izstrādājuši ekonometriskus modeļus, ar kuriem skaidro jaunu produktu izplatību, balstoties uz izmaksām un patērētāju pagātnes uzvedību. Mārketinga pētījumi orientējas uz pircēju uzvedību un tās prognozēm. Sociologi runā par socioloģiskajiem un individuālajiem faktoriem, kamēr antropologi galvenokārt koncentrējas uz gadījumu analīzēm un to, kā jaunas idejas izplatās dažādās kopienās [63].

Zināmākajām tehnoloģiju pieņemšanas un difūzijas teorijām ir kopīgs skatījums uz tehnoloģiju pieņemšanas procesu, proti:

- tehnoloģiju pieņemšana ir komplekss, galvenokārt sociāls un pakāpenisks process;
- indivīdi konstruē unikālus (bet ietekmējamus) priekšstatus par tehnoloģiju, un tie ietekmē pieņemšanas procesu;
- lai sekmētu tehnoloģijas pieņemšanu, jāievēro gan kognitīvie un emocionālie, gan no konteksta izrietošie apstākļi [107].

Tehnoloģiju pieņemšanas pētījumi piedāvā plašu klāstu ar dažādiem modeļiem un teorijām par to, kā analizēt tehnoloģiju pieņemšanu. Promocijas darba nākamajās

sadaļās sīkāk aplūkota inovāciju difūzijas teorija, tehnoloģiju pieņemšanas modelis (*Technology Acceptance Model*) un vienotā tehnoloģiju pieņemšanas un lietošanas teorija (*Unified theory of acceptance and use of technology*). Citām pieejām informācijas tehnoloģiju kontekstā veltīts mazāk publikāciju, piemēram, gaidu-apstiprinājumu teorijai (*Expectation-Confirmation Theory*), iekšējās un ārējās motivācijas modelim (*Motivational model*), sociāli kognitīvajai teorijai (*Social Cognitive Theory*) un tehnoloģiju, organizāciju un apkārtējās vides ietvaram (*Technology-Organization- Environment Framework*) u.c. [2], [5], [111], [118].

Kopumā tehnoloģiju pieņemšana ir daudzdimensionāls process, kurā lietotāju uzvedību ietekmē plašs nosacījumu loks. Šis process balstās uz lietotāja vērtējumu gan par jauno, gan līdzšinējo tehnoloģiju. Jaunu tehnoloģiju pieņemšanu var nosacīti aplūkot trīs līmeņos:

- makro līmenis – uz makro līmeni attiecas tehnoloģiskie nosacījumi un tirgus/industrijas stāvoklis, jo tie saistās ar vispārējo ekonomisko sistēmu; makro līmenis parāda mikro līmeņa lietotāju uzvedības summāro izteiksmi;
- mezo līmenis – attiecas uz attiecību kopumu, kas veido sociālo sistēmu (kopienu), kurā atrodas potenciālie jaunās tehnoloģijas lietotāji. Sociālā sistēma parāda, kā attiecības starp lietotājiem ietekmē pieņemšanas lēmumus;
- mikro līmenis – individuālā dimensija. Apmācību nosacījumi un individuālais līmenis palīdz saprast katra atsevišķā tehnoloģijas pieņemēja rīcību.

Izšķirošā atšķirība starp šiem līmeņiem ir novērtēšanai izmantotais skata punkts, ko ietekmē specifisku interešu, nosacījumu un normu kopums katrā no darbības līmeņiem. Katram skata punktam tādējādi ir sava “prizma”, lai pozitīvi vai negatīvi novērtētu ar potenciālu tehnoloģijas pieņemšanu saistītos izaicinājumus un ieguvumus [74].

E. Štraubs (*Straub*) attiecībā uz teorijām, kas pētī tehnoloģisku inovāciju izplatīšanos, stingri nošķir pieņemšanas un difūzijas teorijas. Viņš norāda, ka pieņemšanas teorijas pētī indivīdus un viņu lēmumus pieņemt vai nepieņemt konkrētu inovāciju [107]. Tādējādi pieņemšanas teorija piedāvā mikro perspektīvu uz izmaiņām, fokusējās nevis uz kopumu, bet uz sastāvdaļām, kas veido kopumu. Gluži pretēji difūzijas teorija apraksta, kā inovācija izplatās sabiedrībā jeb kā indivīdu lēmumu kopums veido inovācijas difūziju sabiedrībā. Tā aplūko tādus faktorus, kā

laiks un sociālais spiediens, lai izskaidrotu to, kā sabiedrība pieņem, pielāgo vai nepieņem kādu inovāciju laika periodā.

Inovāciju pieņemšana atkarīga no vairāku faktoru mijiedarbības. Šie faktori ir iedalāmi trīs grupās:

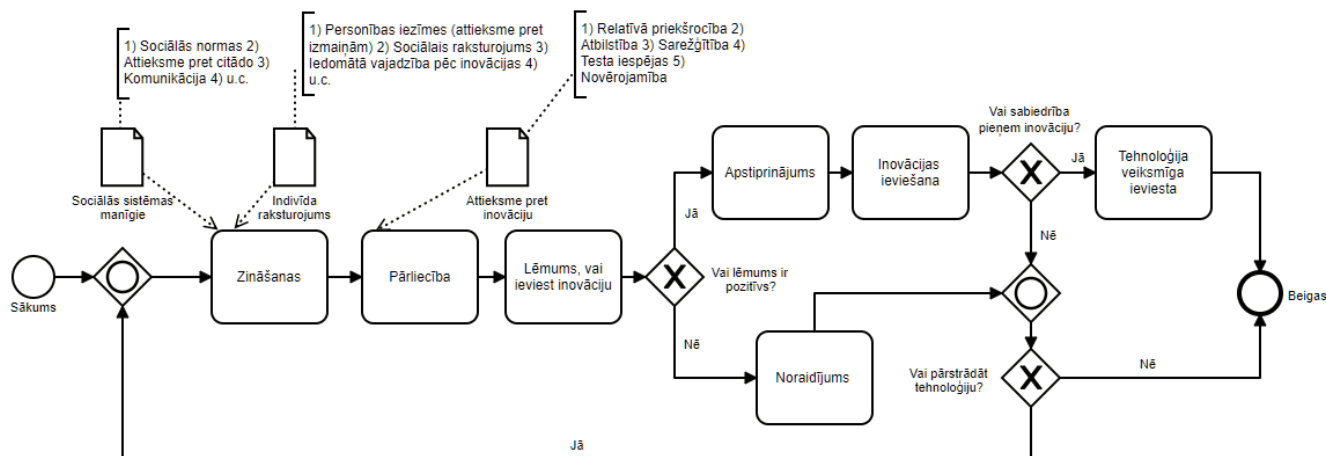
- ar piedāvāto inovāciju saistītie faktori (informācijas pieejamība, inovācijas relatīvās priekšrocības, barjeras un atgriezeniskā saikne starp izstrādātājiem un patērētājiem);
- ar sabiedrības pieprasījumu saistītie faktori (dažāda indivīdu uztvere);
- starpkultūru faktori (kultūras, reliģijas, viedokļa līderu ietekme) [97].

1.4.1. Inovāciju difūzijas teorija

E. Rodžersa (*Rogers*) inovāciju difūzijas teorija sniedz noderīgu sistēmisku ietvaru, lai aplūkotu jaunas tehnoloģijas pieņemšanu, kā arī nepieņemšanu [6], [74]. Pēdējo divu desmitgažu laikā tieši informācijas tehnoloģijas kļuvušas par inovāciju difūzijas centrālo aspektu [107] un teorija tiek pielietota, lai identificētu informācijas tehnoloģiju pieņemšanas faktorus [58].

Apjomīgais pētījums par inovāciju difūziju aplūko plašu, ar inovācijām saistītu, jautājumu loku. Tas iekļauj inovāciju attīstības procesu, ar inovācijām saistīto lēmumu pieņemšanas procesu, inovāciju pazīmes un to saikni ar pieņemšanu, dažādas inovāciju pieņēmēju kategorijas, kā arī jautājumus saistībā ar līderību un pārmaiņu vadību organizācijās.

E. Rodžerss izmanto terminus inovācija un tehnoloģija kā sinonīmus. Inovācija viņa skatījumā ir ideja, metode vai objekts, ko indivīds (plašāk – lēmuma pieņēmējs) uztver kā jaunumu. Lēmums pieņemt un lietot kādu inovāciju, atbilstoši E. Rodžersam, ir pakāpenisks process, kurā indivīds (organizācija vai cits lēmuma pieņēmējs) no sākotnējās uzzināšanas par inovāciju formē viedokli par inovācijas turpmāku lietošanu vai nelietošanu. 1.3. attēlā redzams jauninājumu pieņemšanas process laikā – šī procesa priekšnosacījumi un iznākums.



1.3. att. Inovāciju difūzijas process [adaptēts pēc [97]]

Attēlā redzams, ka saskaņā ar inovāciju difūzijas teoriju lēmumu par tehnoloģijas pieņemšanu ietekmē indivīda personības iezīmes, sabiedrības viedoklis, kā arī indivīda attieksme pret konkrēto inovāciju. Tāpat arī redzams, ka inovāciju difūzijas procesa iznākums var būt dažāds – lietotājs var pieņemt tehnoloģiju un lietot to ilgstoši vai pieņemt un drīzumā no tās atteikties. Arī lēmums nepieņemt tehnoloģiju vēlāk var tikt mainīts, jaunā lēmuma pieņemšanas iterācijā.

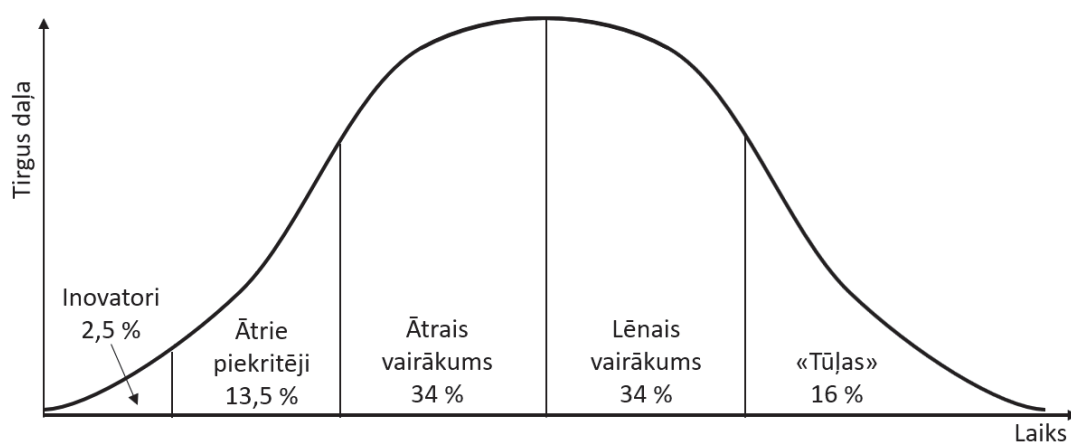
Teorijas autors nošķir trīs dažādus lēmumu veidus par inovācijas pieņemšanu:

- brīvas izvēles lēmums – lēmums pieņemt inovāciju ir gandrīz tikai indivīda rokās;
- kolektīvs lēmums – lēmums pieņemt inovāciju tiek pieņemts, par to vienojoties plašākā lokā;
- autoritātes lēmums – lēmumu pieņem relatīvi šaurs indivīdu loks, kam ir vara, ietekme vai piemīt tehniskā ekspertīze.

Formālās organizācijās, kā skolas, valsts pārvaldes iestādes, lieli uzņēmumi, visdrīzāk prevalē autoritātes vai kolektīvie lēmumi. Lēmumu pieņemšanas veidam ir ietekme ne tikai uz lēmuma pieņemšanas ātrumu, bet arī uz tehnoloģijas pieņemšanas ātrumu. Kopumā tehnoloģijas pieņemšana norit ātrāk, kad tas tiek noteikts ar autoritātes lēmumu. Savukārt brīvas izvēles lēmumi tiek pieņemti ātrāk nekā kolektīvie, kamēr autoritātes lēmumi, lai arī tiek ātri pieņemti, tomēr ieviešanas procesa laikā bieži tiek grozīti.

Viena no plašāk citētajām E. Rodžersa teorijas daļām ir viņa piedāvātais indivīdu grupējums atkarībā no tehnoloģijas pieņemšanas procesa īpatnībām. Tehnoloģiju izplatību attēlojot kā biežuma sadalījumu laikā, parasti veidojas

zvanveida līkne, kuru E. Rodžerss izmanto kā pamatu savam dalījumam, lai nošķirtu tehnoloģiju lietotāju ideāltipus. Ideāltipi grafiski attēloti 1.4. attēlā.



1.4. att. Tehnoloģijas pieņēmēju nosacītais iedalījums pēc E. Rodžersa [97]

Atbilstoši E. Rodžersam pieci cilvēku ideāltipi pēc inovāciju pieņemšanas veida ir:

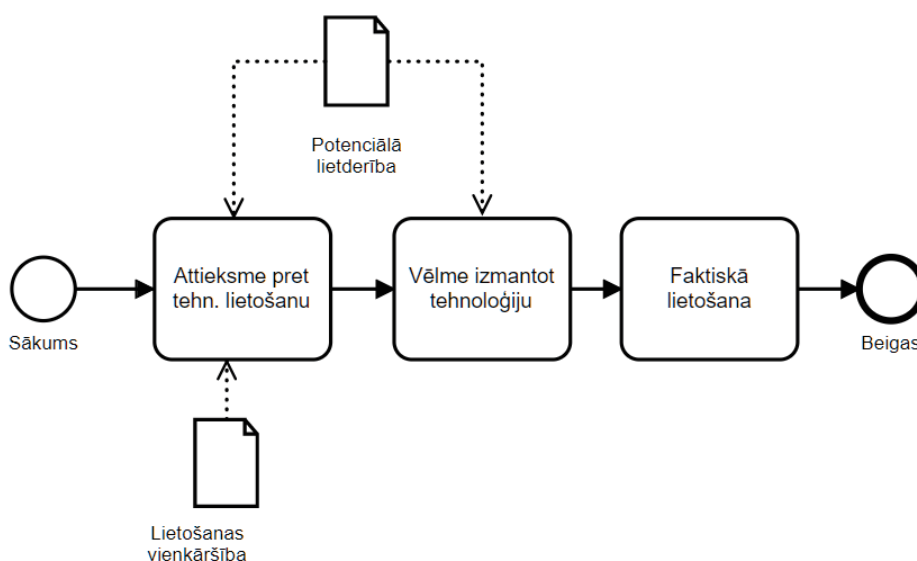
- pirmie 2,5% ir t.s. inovatori. Inovatori ir drosmīgi un izglītoti, viņiem ir dažādi informācijas avoti, lielāka gatavība riskēt. Viņi novērtē tehnoloģiju priekšrocības, viņus iedvesmo ideja kļūt par pārmaiņu iniciatoriem savā grupā. Viņi ir ar mieru pieciest problēmas, kas var rasties produkta vai pakalpojuma ieviešanas fāzē, un cenšas rast risinājumus tām;
- nākamie 13,5 % ir ātrie piekritēji. Viņi parasti ir sabiedrības līderu lomā, populāri un izglītoti. Viņi ir sapņotāji savā jomā un meklē iespējas adaptēt un izmantot jaunas tehnoloģijas revolucionāru izmaiņu sasniegšanai, kas ļaus gūt priekšrocības savā nozarē;
- nākamie 34 % piekritēju tiek dēvēti par ātro vairākumu. Viņi ir piesardzīgi un viņus raksturo neformāli sociālie kontakti. Vairāk par iespēju veikt revolucionāras izmaiņas šādus cilvēkus vilina evolucionāras izmaiņas;
- nākamie 34 % piekritēju ir lēnais vairākums. Viņi ir skeptiski, tradicionāli un parasti zemākā sociāli ekonomiskā pozīcijā. Viņiem ļoti svarīga ir cena, viņi pieprasa ideāli izstrādātus, nevainojamus risinājumus. Viņi ir ieinteresēti iegādāties tehnoloģiju tikai un vienīgi nolūkā palikt vienā līmenī ar konkurentiem, un bieži vien tie paļaujas uz kādu vienu pārbaudītu padomdevēju, kas viņiem varētu palīdzēt izprast tehnoloģiju;

- pēdējie 16 % tehnoloģijas pieņēmēju ir “tūlas”. Tie ir skeptiķi, kas vēlas saglabāt *status quo* un kuriem nepatīk pārmaiņas. Viņi netic, ka tehnoloģija spēj ietekmēt produktivitāti un daudz labprātāk orientējas uz “tradīcijām”, nereti tos raksturo arī zemāks sociālais statuss, lielāks vecums un šaurāks to personu loks, ar kuriem tie ikdienā komunicē.

1.4.1. Tehnoloģiju pieņemšanas modelis (TAM)

Tehnoloģiju pieņemšanas modeli (*Technology Acceptance Model – TAM*) izstrādāja F. Deiviss (*Davis*) tieši informācijas tehnoloģiju pētīšanas nolūkiem, un tas tiek implementēts aizvien. TAM pētī cēloņsakarības starp diviem pamata pieņēmumiem un lietotāju attieksmēm, rīcību un nodomiem. Šie divi informācijas tehnoloģijas lietotāja pamata pieņēmumi ir priekšstats par tehnoloģijas potenciālo lietderību (*perceived usefulness*) un lietošanas vienkāršību (*perceived ease of use*) [30]. Savā būtībā tas balstīts uz M. Fišbeina un I. Aizena (*Fishbein&Ajzen*) t.s. pamatotās rīcības teoriju (*Theory of Reasoned Action*), kas psiholoģijā pēta indivīdu rīcības pamatojumu, īpaši saikni starp attieksmi un rīcību [43]. Pētnieki ir piedāvājuši pilnveidojumus šim modelim [117], tomēr tā pamatpieņēmumi nemainās.

Priekšstats par potenciālo lietderību ir lietotāja subjektīvais vērtējums par to, kā konkrētās tehnoloģijas izmantošana uzlabos viņa darba rezultātus. Savukārt priekšstats par lietošanas vienkāršību attiecināms uz to, cik lielā mērā potenciālais lietotājs uzskata, ka tehnoloģijas lietošana neprasīs pūles (papildu zināšanas un laika ieguldījumus) no viņa puses. TAM grafiskā shēma redzama 1.5. attēlā.



1.5. att. TAM grafisks attēlojums [adaptēts pēc [30]]

Proti, priekšstats par potenciālo lietderību un lietošanas vienkāršību ir neatkarīgie mainīgi, kuriem variējot, mainās atkarīgais mainīgais – vēlme izmantot tehnoloģiju (*Behavioral Intention to Use*), kas ir ļoti tuvu faktiskai sistēmas lietošanai. Mainīgo mērījumi tiek veikti, izmantojot aptuveni 10 jautājumus par to, kādu ieguvumu lietotājam sniegs tehnoloģija, cik viegli, viņaprāt, to būs izmantot un, vai viņš grasās to izmantot [114].

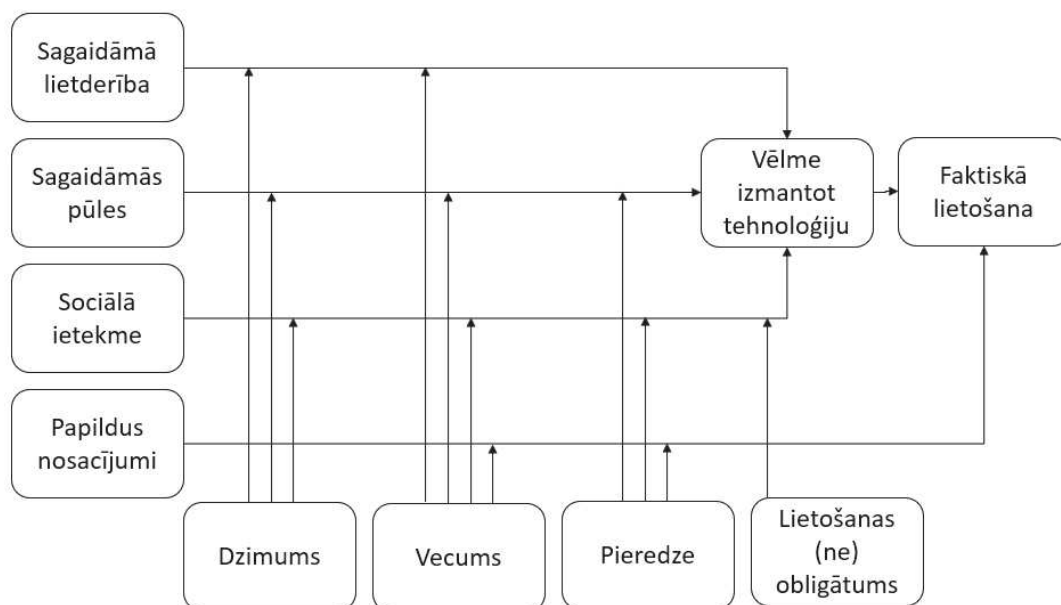
1.4.1. Vienotā tehnoloģiju pieņemšanas un lietošanas teorija (UTAUT)

Vienoto tehnoloģiju pieņemšanas un lietošanas teoriju (*Unified theory of acceptance and use of technology – UTAUT*) izstrādāja V. Venkatešs ar kolēģiem (*Venkatesh, et al*) 2003. gadā. Arī šim modelim pētnieki piedāvājuši vairākas variācijas [69], [109], [117], [121]. UTAUT pamatā ir astoņi, iepriekš izstrādāti, tehnoloģiju pieņemšanas modeļi par lietotāju un tehnoloģiju attiecībām, pieņemšanu un lietošanu. Autoru galvenais mērķis bija izveidot vienotu tehnoloģijas pieņemšanas modeli, kas būtu noderīgs instruments dažāda līmeņa vadītājiem jaunu tehnoloģiju novērtēšanai, un kā rezultātā būtu iespējams izveidot patērētāja vajadzībām atbilstošu tehnoloģiju [117].

UTAUT metodoloģija būtībā apvieno astoņu tehnoloģiju pieņemšanas pētījumu rezultātus un analītiskās pieejas, mēģinot noteikt tos faktorus, kas ietekmē tehnoloģiju pieņemšanu. Četri kritēriji, kas izrādījās būtiskākie indivīdu uzvedības analizēšanai, izdarot izvēli par labu kādai tehnoloģijai (sk 1.6. attēlu), ir:

- gaidas attiecībā uz tehnoloģijas darbību jeb sagaidāmā lietderība (*performance expectancy*) – raksturo, cik lielā mērā indivīds tic, ka tehnoloģijas izmantošana sniegs pozitīvu pienesumu viņa darbībai;
- gaidas attiecībā uz tehnoloģijas izmantošanas vieglumu vai sagaidāmās pūles (*effort expectancy*) – raksturo to, kā indivīds novērtē sagaidāmo tehnoloģijas lietošanas ērtumu, vienkāršumu, saprotamību;
- sociālā ietekme (*social influence*) – raksturo to, kā indivīds novērtē citu indivīdu viedokli par šīs tehnoloģijas izmantošanu;
- papildu veicinošie nosacījumi (*facilitating conditions*) – raksturo, cik lielā mērā indivīds sagaida, ka tehnoloģijas izmantošanas ērtumam un vienkāršībai

ir pieejama nepieciešamā infrastruktūra – gan tehnoloģiskā ziņā, gan no organizacionālā viedokļa.



1.6. att. UTAUT pieejas modelis [118]

Kā redzams attēlā, pirmie trīs kritēriji ietekmē rīcības nodomus (*behavioral intention*), savukārt ceturtais faktisko lietošanu (*use behaviour*). UTAUT modelis pamatā mēģina izskaidrot to, kā lietotāju individuālās atšķirības ietekmē tehnoloģijas lietošanu. Īpaši norādot, ka saikni starp tehnoloģijas lietderības noteikšanu, paredzamo lietošanas vieglumu un nodomus lietot tehnoloģiju ietekmē vecums, dzimums un pieredze.

UTAUT, tāpat kā TAM un difūzijas teorija, koncentrējas uz indivīda lēmumu izmantot vai neizmantot tehnoloģiju un ar to saistītajiem personiskajiem apsvērumiem un faktiski attiecas tikai uz pieņemšanu. Tomēr promocijas darbā tehnoloģijas pieņemšanu ir izvēlēts apvienot ar tehnoloģijas ilgtspēju, proti, apvienot individuālos kritērijus ar apkārtējās vides un sabiedrības radīto kontekstu, kā arī pašas tehnoloģijas raksturlielumiem.

1.5. Tehnoloģiju ilgtspējas jēdziena definējums

Termins ilgtspēja (arī ilgtspējīgs) pēdējos gados kļuvis ļoti populārs dažādās sfērās. Līdz ar termina plašo pielietojumu tam attīstījušās arī dažādas nozīmes un interpretācijas. Definīciju dažādība iekļauj gan resursu izmantošanas, gan ilgtermiņa

pastāvēšanas, gan atbildīgas pārvaldības idejas, kā arī ļauj šo terminu pielietot kā vides, tā ekonomikas un sociālā kontekstā.

Runājot par ilgtspēju, bieži tiek izmantoti t.s. trīs ilgtspējas pīlāri. Šī pieeja izriet no R. Gilberta un D. Stīvensona ar kolēģiem (*Gilbert, Stevenson, et al*) izstrādātās definīcijas [48]. Viņuprāt, ilgtspēja attiecas uz vides, sociālo un ekonomisko resursu uzturēšanu un papildināšanu, lai apmierinātu tagadējo un nākamo paaudžu vajadzības. Tādējādi arī trīs ilgtspējas pīlāri ir vides ilgtspēja, sociālā ilgtspēja un ekonomiskā ilgtspēja.

Pēdējā laikā ilgtspējas termins visbiežāk lietots saistībā ar vides aizsardzību un ir piesaistīts terminam “ilgtspējīga attīstība”. Visbiežāk citētā “ilgtspējīgas attīstības” definīcija ir no Apvienoto Nāciju Brundlandes komisijas ziņojuma [116]. Atbilstoši tai ilgtspējīga attīstība ir tāda, kas atbilst pašreizējo mērķu sasniegšanai un neapdraud nākamo paaudžu mērķu sasniegšanu [17].

Ilgtpēja attiecināma uz visiem jautājumiem, kas skar jebkurus ierobežotus resursus. Un, izstrādājot informācijas tehnoloģiju, ierobežota ir, piemēram, projekta vadītāju kompetence, uzdevumu izpildei pieejamais laiks, lietotājiem nepieciešamais laiks, lai apgūtu jaunas iemaņas, iekārtu kapacitāte, finansējums, u.tml. [56]. Tas iekļauj ne tikai nepieciešamību saglabāt un attīstīt vērtīgo pieredzi, bet arī izstrādāt nepieciešamību atbilst visu iesaistīto pušu interesēm. Ilgtspējīga attīstība ir tāds process, kurā resursu izmantošana, investīciju process, tehnoloģiskās attīstības virziens un institucionālās pārmaiņas ir savstarpējā līdzsvarā un ieinteresēto pušu esošās un sagaidāmās vajadzības ir īstenotas [124].

Apkopojot dažādas ilgtspējas definīcijas un skaidrojumus, var secināt, ka tās visas dažādā mērā nosaka darbības robežas; iezīmē ekonomisko, sociālo, tehnisko un vides jautājumu saikni; un paredz resursu un iespēju pārdali, saistot tās ar pašreizējām vajadzībām.

Promocijas darbā tehnoloģijas ilgtspēja tiek uzlūkota kā koncepts, ar kura palīdzību var novērtēt tehnoloģijas izstrādes procesa atbilstību visu iesaistīto pušu vajadzībām, kā arī spēju piesaistīt ilgtermiņa lietotājus un radīt pozitīvus rezultātus atbilstoši tehnoloģijas mērķim un sākotnējiem izstrādātāju nodomiem (finansiāliem, sociāliem u.c.). Ilgtspēja piemīt tām tehnoloģijām, kuru izstrādes process un tā galarezultāts atbilst visu iesaistīto pušu vajadzībām.

2. TEHNOLOĢIJU IZSTRĀDE UN PĒTNIECĪBA NO SOCIOTEHNISKU SISTĒMU PERSPEKTĪVAS

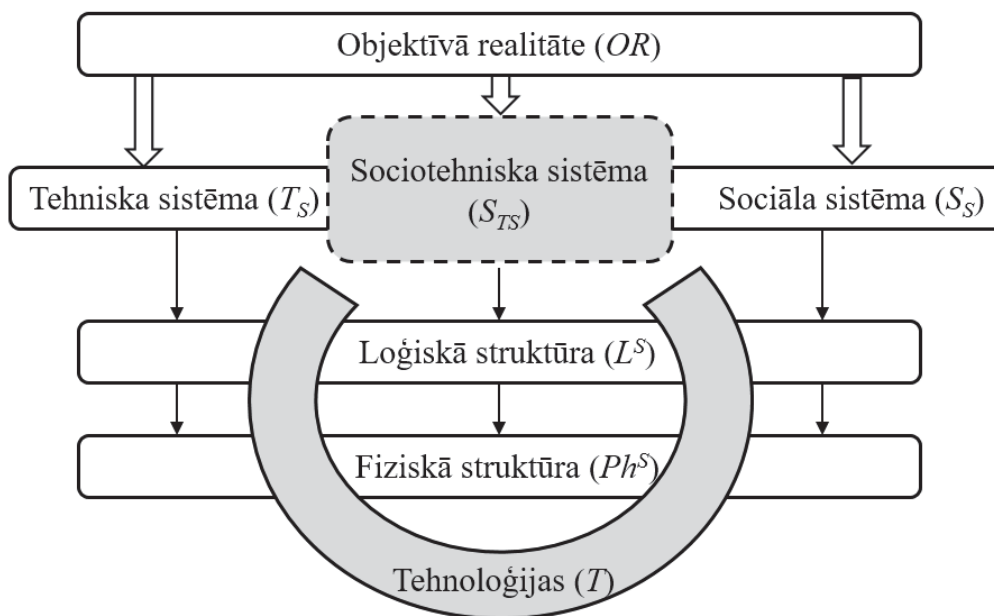
2.1. Sociotehnisku sistēmu raksturojums

Jebkura sistēma ir savstarpēji saistītu elementu kopums, kas darbojas vienota mērķa sasniegšanai un ko iespaido ārējās vides apstākļi. Sistēma var sastāvēt no vairākām sistēmām, un tās var ietekmēt cita citu.

Sistēmu analīzes aizsākumi meklējami sistēmu teorijā [34], kas runā par sistēmām, to pazīmēm un īpašībām. Sistēmu teorija ir starpdisciplināra pieeja sistēmām kopumā ar mērķi izprast universālas sistēmu darbības likumsakarības. Sociotehniskas sistēmas, to pārvaldība un analīze iekļaujas sistēmu teorijas pamatnostādnēs un ļauj attiecināt sistēmu teorijas principus un sistēmu klasifikāciju arī uz sociotehniskām sistēmām, īpaši pārņemot atvērtas sistēmas raksturlielumus [51], [119].

Vairākumu tehnoloģiju var uzlūkot kā daļu no sociotehniskas sistēmas. Tehnoloģijas ir fiziskās un loģiskās struktūras kopējās izpausmes forma [51] un šo struktūru mijiedarbība lielā mērā nosaka arī sociotehniskas sistēmas raksturojumu [53] (sk. 2.1. attēlu). Loģiskā struktūra ietver vadlīnijas, algoritmus, likumus, noteikumus un personalizē konkrēto sistēmu, savukārt fiziskā struktūra iekļauj tehnisko nodrošinājumu un programmatūru. Fiziskā struktūra ir vide loģiskās struktūras iedzīvināšanai [54].

Sociotehnisku sistēmu dažādās definīcijas tiecas uzsvērt sociālās un tehniskās pamatsistēmas mijiedarbību [95]. Sociālajai sistēmai nepieciešama tehniskā sistēma uzdevumu veikšanai, un tehniskā sistēma ir atkarīga no sociālā lietojuma, validēšanas, vadības u.tml. [81]. Sociāla sistēma ir objektīvi eksistējoša, bet nav cilvēka roku radīta. Sociālai sistēmai ir raksturīga attīstība, izziņa, evolūcija un stohastiskums, tās ir atvērtas sistēmas. Zināmā mērā arī tehniskām sistēmām piemīt augstāk minētās īpašības, tomēr to izpausmes ir ierobežotas, un sistēmu eksistences mērķis ir šaurs un konkrēts, un tās parasti ir slēgtas sistēmas.



2.1. att. Sistēmu arhitektūra – no objektīvās realitātes līdz tehnoloģijai [50]

2.1. attēlā redzamo sistēmu arhitektūras modeli var aprakstīt matemātiski:

$$OR \leftarrow S_{TS}(T_S \cap S_S) \leftarrow T(L^S, Ph^S) \quad (2.1)$$

, kur OR – objektīvā realitāte

S_{TS} – sociotehniska sistēma

T_S – tehniska sistēma

S_S – sociāla sistēma

T – tehnoloģijas

L^S – loģiskā struktūra

Ph^S – fiziskā struktūra

Līdz ar to sociotehniska sistēma vienlaikus ir sarežģīta mijiedarbība starp cilvēkiem, tehnoloģijām un ar konkrētās sistēmas darbību saistītiem vides aspektiem [18], [50]. Visbiežāk šī mijiedarbība notiek organizācijas ietvaros, un robežas, lai atdalītu tehnisko, sociālo un vides dimensiju, ne vienmēr ir skaidri novelkamas [57].

Mijiedarbību starp tehnisko un sociālo sistēmu reti raksturo lineāras cēloņsakarības, ko viegli plānot un pārvaldīt. Šī mijiedarbība var novest pie nelineārām, kompleksām, neparedzamām un arī neplānotām sekām [119], un sociotehniskas sistēmas līdz ar to arī ir nelineāras un stohastiskas. Šīm sistēmām raksturīga pašorganizācija un attīstība. Ikviens, kurš veido vai strādā ar konkrēto

tehnoloģiju – inženieri, uzņēmēji, politikas veidotāji, kā arī lietotāji – veido arī tās sociālo sistēmu.

Kopumā uz sociotehniskām sistēmām attiecināma un ir raksturīga vismaz četru veidu sarežģītība:

- struktūras sarežģītība – liels komponentu skaits sistēmā un savstarpējās saiknes un to tīklojums starp komponentēm;
- uzvedības sarežģītība – attiecas uz uzvedību, kas rodas saistībā ar komponentu mijiedarbību;
- ar novērtēšanu saistītā sarežģītība – dažāds, savstarpēji konkurējošs iesaistīto pušu skatījums attiecībā uz sistēmas darbību;
- ar hierarhiju saistītā sarežģītība – attiecas uz mijiedarbību starp “fizisko” un “institucionālo” līmeni [108].

Sociotehnisku sistēmu sociālās iezīmes un organizāciju vai sabiedrības konteksts vienlaikus noved pie tā, ka šīs sistēmas tiecas uz stabilitāti un izmaiņas tajās biežāk veicamas pakāpeniski [71].

Sociotehniskas sistēmas termins pirmo reizi tika definēts 20. gadsimta vidū. Pirmie, kas sāka lietot terminu sociotehnisks, bija Tavistock institūta pētnieki E. Trists, K. Bamforts un F. Emerijs (*Trist, Bamforth, Emery*), lai skaidrotu ogļu ražošanas un rūpniecības procesus. Pētnieku uzmanības centrā bija darbinieku darba apstākļu pilnveide, lai palielinātu darba ražīgumu [113]. Faktiski sociotehnisku sistēmu pētniecība aizsākusies organizāciju pārvaldības un attīstības kontekstā, tomēr mūsdienās pētnieki pārkāpj šīs robežas un skata sociotehniskas sistēmas plašāk, neakcentējot organizacionālo kontekstu [39], [113].

Līdz ar pakāpenisku izpratnes veidošanos par sociotehniskām sistēmām, pētnieki mēģināja apgāzt tolaik valdošo tehnoloģisko determinismu, kas paredzēja, ka tehnoloģija ir autonoma, ka cilvēka darbībām ir jābūt pakārtotām tehnoloģijai un ka apmācība nozīmē cilvēku pielāgošanu tehnoloģijai, lai nepieciešamības gadījumā cilvēkresursi būtu vienkārši aizstājami [76].

Mūsdienās terminu sociotehniska sistēma izmanto, lai aprakstītu plašu kompleksu sistēmu spektru, tomēr visām atvērtām sociotehniskām sistēmām piemīt šādas kopīgas īpašības:

- sociotehniskas sistēmas sastāv no savstarpēji atkarīgiem elementiem;

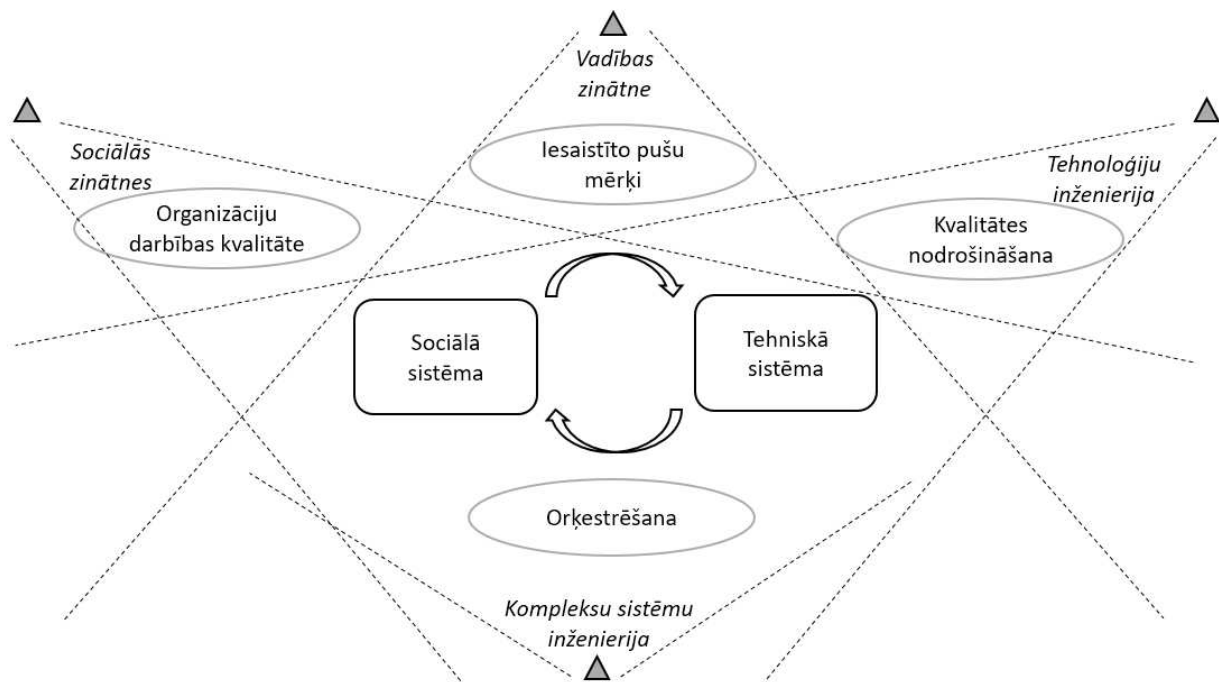
- sociotehniskām sistēmām jāpielāgojas un jāsasniedz mērķi arī attiecībā uz ārējo vidi;
- sociotehniska sistēma sastāv no nošķirtām, bet savstarpēji atkarīgām tehniskām un sociālām apakšsistēmām;
- pastāv dažādi veidi, kā šīs nošķirtās apakšsistēmas sasniedz savu mērķi (bet tām ir viens virsmērķis (*equifinality*)²);
- sistēmu darbības uzlabošana ir atkarīga, gan no tehnisko, gan sociālo apakšsistēmu kopīgas darbības. Fokussējoties tikai uz vienu no šīm apakšsistēmām, var nonākt pie sistēmas darbības un tās rezultātu lietderības mazināšanās [12], [103].

Līdz ar to sociotehniskas sistēmas arhitektūras izstrāde var atšķirties no tehniskas sistēmas arhitektūras izstrādes, tas var būt ievērojami komplicētāks process. Viens no iemesliem ir daudzu dažādu faktoru un izziņas procesu ietekme, ko izsauc cilvēku neparedzamība un domāšana. Proti, cilvēki var pieņemt lēmumus, ne tikai sekojot loģiskiem, racionāliem, predefinētiem noteikumiem, bet arī balstoties uz citiem apsvērumiem. Tiem var būt vairākas identitātes, no kurām dominējošā neprognozējami mainās (mainot prioritātes, uzvedību, sniegumu) [95].

2.2. Sociotehnisku sistēmu pētniecības un izstrādes aspekti

Daudzveidīgās sociotehnisku sistēmu īpašības apgrūtina arī sociotehnisku sistēmu pētniecību. Sociotehnisku sistēmu īpašības nosaka arī to, ka sociotehnisku sistēmu pētījumos dominē vismaz četri dažādi skata punkti – sociālo zinātņu, biznesa vadības, tehnoloģiju inženierijas un kompleksu sistēmu inženierijas skata punkti. Dažādo disciplīnu skatījums un to atšķirīgais fokuss uz sociotehniskām sistēmām redzams 2.2. attēlā.

² Atziņa, ka vienu un to pašu rezultātu var sasniegt ar dažādiem paņēmieniem, kā arī ievērojot dažādus nosacījumus



2.2. att. Galvenās sociotehniskas sistēmas komponentes, skatoties no dažādu jomu perspektīvas [81]

Pētnieks A. Čērns (Cherns) ir aprakstījis sociotehnisku sistēmu izstrādes raksturojumu, kas palīdz arī saprast sociotehnisku sistēmu būtību. Izstrādājot sociotehniskas sistēmas, organizācijām vēlams ņemt vērā sekojošo [26]:

- atbilstība – izstrādes procesam jābūt atbilstošam sistēmas mērķiem (t.i. procesam jānodrošina augsta iesaistīto pušu līdzdalība);
- minimāla prasību specifikācija – jābūt noteiktiem mērķiem, tomēr ne to sasniegšanas veidam;
- noviržu kontrole – novirzes jāapstrādā tur, kur tās rodas. Nevajag atļaut to iziešanu ārpus konkrētām robežām;
- robežu kontrole – neparedzēt pārāk daudz robežu, kas apgrūtina apmaiņu ar informāciju un zināšanām organizācijas ietvaros;
- informācijas plūsma – informācijai jābūt pieejamai tiem, kam tā nepieciešama, tad, kad tā nepieciešama;
- vara un rīcības brīvība – tiem, kam nepieciešams aprīkojums, materiāli vai citi resursi, lai pildītu savus pienākumus, jābūt piekļuvei un rīcības brīvībai ar tiem rīkoties;
- multifunkcionalitātes princips – indivīdiem un grupām jābūt gatavām reaģēt uz dažādiem izaicinājumiem;

- atbalsta saskaņotība – atbalsta sistēmām un apakšsistēmām jādarbojas saskaņā ar pamata sistēmu (t.i. plānošanas sistēma, maksājumu sistēma, karjeras sistēmas u.c.);
- pārmaiņu vadība – pārmaiņu periodus nepieciešams plānot un modelēt, jo organizācijām pārejas periodā var būt specifiskas prasības, salīdzinot ar jaunām/pieredzējušām organizācijām;
- nepabeigtība – pārplānošana un attīstība ir nepārtraukta.

Jāņem vērā, ka sociotehniskas sistēmas pārvalda, izmantojot organizāciju iekšējās politikas un noteikumus, un tās var ietekmēt ārēji ierobežojumi, piemēram, ārējo normatīvo aktu nosacījumi [103].

Vairums IT sistēmu ir uzskatāmas par sociotehniskām, jo tās darbojas organizāciju ietvaros, ir saistītas ar organizāciju mērķu sasniegšanu un to izstrādātāji, lietotāji un galaprodukta saņēmēji ir cilvēki, tātad to lietojumu lielā mērā ietekmē cilvēka faktors un sociālais konteksts.

Literatūrā atrodams atsevišķs pētījumu virziens, kas veltīts IT projektu neveiksmju aspektiem. To, kas ir IT projekta neveiksme, vienkāršotā veidā paskaidro K. Vitneja un C. Danielsa (*Whitney&Daniels*) secinājums, ka visas IT projektu neveiksmes iedalāmas trīs kategorijās – pirmkārt, kad darbi netiek veikti savlaicīgi; otrkārt, kad rodas papildu izmaksas; treškārt, kad netiek sasniegti plānotie rezultāti [125].

Apzinot to, kas ir galvenie cēloņi un iemesli, kāpēc IT projekti nenasiedz savus mērķus, netieši var nonākt pie faktoriem, kas veicina to sekmes un būtu iekļaujami pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modelī. Pastāv vairākas līdzīgas neveiksmīgu IT projektu klasifikācijas, kuru pamatā ir neveiksmju cēloņi. Kopskaitā akadēmiskajā literatūrā identificēti vismaz 53 iespējamie IT projekta neizdošanās cēloņi [9].

K. Lītinens un R. Hiršheims (*Lyytinen&Hirschheim*) savukārt runā par četriem kļūdu veidiem:

- neatbilstības kļūda – sistēmas uzbūves mērķi netiek sasniegti;
- neizdevušos procesu kļūda – sistēmu nevar izveidot plānotajā laikā ar atvēlētajiem līdzekļiem;
- mijiedarbības kļūda – lietotāju attieksme, apmierinātība un lietošanas biežums neatbilst plānotajam;

- ekspektāciju kļūda – sistēma neļauj sasniegt iesaistīto pušu mērķus, neatbilst to iecerēm un vērtībām [72].

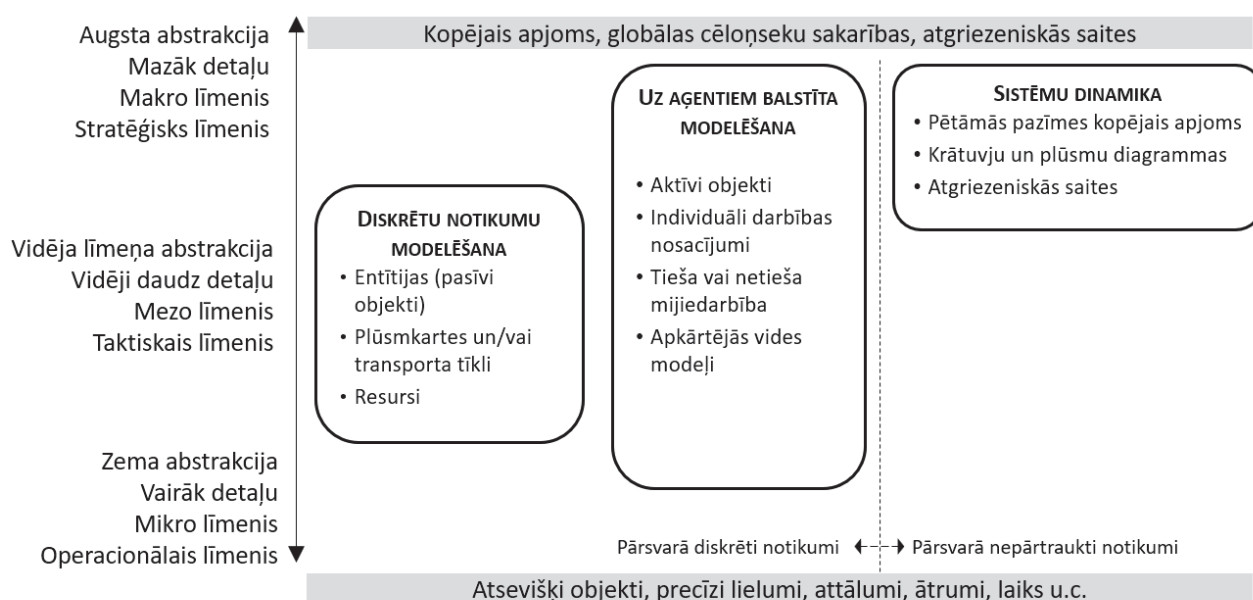
Savukārt H. Kerzners (*Kerzner*) aicina nodalīt divus projektu neveiksmju paveidus – faktiskā neveiksme, kad tiešām vērojama nesaderība starp plānoto un sasniegto (gan attiecībā uz rezultātu, gan nepieciešamajiem/patērētajiem resursiem), un plānotā neveiksme, kas rodas tāpēc, ka sākotnējais plāns nav atbildis reālām iespējām [65]. Citiem vārdiem sakot, plānotās neveiksmes rodas sliktas plānošanas rezultātā un ir nosacīti iestrādātas jau pašā projektā. H. Kerzners norāda, ka liela loma tajā ir cilvēka faktoram, proti, šajā kontekstā būtiska ir motivācija, produktivitāte, savstarpējās attiecības u.tml.

Jāmin, ka IT projektiem piemīt sava specifika, kas padara tos atšķirīgus no citiem inženierijas projektiem, kā arī, iespējams, padara tos vairāk pakļautus neveiksmēm. Proti:

- augsts abstrakcijas līmenis, kas noved pie pārāk augstām prasībām un pārāk ambicioziem mērķiem;
- grūtības vizualizēt galarezultātu, kas noved pie tā, ka projekts nav pilnībā saprotams visām iesaistītajām pusēm, kā arī pie vēlīnas problēmu atklāšanas;
- pārlietu izplatīts priekšstats par elastību, kas noved pie biežām pasūtītāju iniciētām izmaiņām, kas savukārt noved pie laika/līdzekļu pārtēriņa;
- slēpta sarežģītība – potenciālās problēmas saistībā ar sistēmas uzticamību un efektivitāti ne vienmēr var noteikt pēc redzamā rezultāta (saskarnes);
- nenoteiktība, kas noved pie neveiksmēm prasību specifikācijā un sistēmas ieviešanā;
- ar programmatūras kļūdām saistītās tendences, kuru cēlonis ir izstrādes laikā nepārdomāti jautājumi, kā arī nespēja objektīvi novērtēt nelielu izmaiņu ietekmi;
- kad IT projekta netiešais mērķis ir mainīt biznesa procesus, tad no IT speciālistiem tiek pieprasīts saprast biznesa procesus un spēt tos uzlabot. Tomēr jāsaprot, ka procesu automatizācija nepadarīs sliktus procesus labākus [9].

2.2.3. Imitāciju modelēšanas metodes un iespējas

Kopumā zinātniskā literatūra kā vienu no piemērotām metodēm, lai pētītu sociotehniskas sistēmas, atzīst imitāciju modelēšanu [102] – tas ir modelēšanas veids, kad parādība vai notikums tiek imitēts tā, kā tas notiktu realitātē. Imitāciju modelēšana ir īpaši piemērota gadījumos, kur nav iespējami eksperimenti reālajā dzīvē, piemēram, izmaksu, riska, laika ierobežojumu vai ētisku apsvērumu dēļ. Sociotehnisku sistēmu pētījumos plaši izmanto diskreto notikumu sistēmu imitāciju modelēšanu, uz aģentiem balstītu imitāciju modelēšanu, kā arī sistēmu dinamiku. Izvēlēta metode ir atkarīga no izvirzītajiem imitāciju modelēšanas uzdevumiem un mērķiem. Shematisks triju modelēšanas pieeju salīdzinājums redzams 2.3. attēlā.



2.3. att. Diskrētu notikumu, uz aģentiem balstītu un sistēmu dinamikas imitācijas modelēšanas salīdzinājums [adaptēts pēc [95]]

Dažādu modelēšanas metožu atšķirības nosaka pētāmo objektu detalizācijas pakāpe un abstrakcijas līmenis [52], kā arī procesu norise laikā. Līdz ar to atšķiras arī mērķi, pielietojums un izmantojamie rīki. Imitāciju modelēšanas metodes atkarībā no pielietojuma var būt stohastiskas vai determinētas, statiskas vai dinamiskas, nepārtrauktas vai diskretas, lokālas vai sadalītas [59].

Par diskreto notikumu sistēmas imitāciju modelēšanu dēvē modelēšanas veidu, kurā sistēmas stāvoklis ir zināms tikai noteiktos laika momentos, nevis jebkurā brīdī. Piemēram, diskreto notikumu sistēmas imitāciju modeļi var būt modeļi, kas balstās uz

rindu teoriju [59]. Diskrētu notikumu imitāciju modelēšanas pamatā ir sekojoši pamatjēdzieni – elementi (entītijas), atribūti, notikumi, resursi, rindas un laiks [64].

Diskrētu notikumu imitāciju tehnoloģijas galvenokārt izmanto transporta, piegādes ķēžu, kā arī dažādu apkalpošanas uzdevumu modelēšanai [25]. Industrijā tiek izmantoti daudzveidīgi programmatūras līdzekļi diskrētu notikumu imitāciju modelēšanai. Ir plaši pieejami gan komerciāli, gan atvērtā koda programmu līdzekļi, piemēram, Arena, ExtendSim, AutoMod, Simul8, Sim++ un citi.

Uz aģentiem balstītu imitāciju modeļus veido mijiedarbībā esoši atsevišķi un autonomi aģenti, kas nosaka šo modeļu piemērotību indivīdu uzvedības modelēšanai. Modeļus raksturo šo aģentu īpašības un definēti nosacījumi aģentu savstarpējai mijiedarbībai, kā arī sadarbībai ar apkārtējo vidi [15].

Šo imitāciju modeļu pielietojums ir plašs – sākot ar piegādes ķēdēm un akciju tirgus modeļiem, līdz mārketinga kampaņu iznākuma un epidēmiju izplatības prognozēšanai vai veselības aprūpes sistēmas modelēšanai [73]. Arī šim imitāciju modelēšanas veidam ir izstrādāti un pieejami dažādām mērķauditorijām pielāgoti rīki, piemēram, AnyLogic, Repast Symphony un AgentSheets.

2.2.4. Sistēmu dinamikas pielietojums IT inovāciju un tehnoloģiju pieņemšanas pētījumiem

Sistēmu dinamika ir pieeja, ar kuru pēta dažāda veida un apmēra procesus, parādības vai organizācijas, vizualizējot, kā sistēmas elementi veido kopainu un mainās laikā [79]. Šo modelēšanas pieeju pagājušā gadsimta piecdesmitajos gados izstrādāja Dž. Foresters (*Forrester*) [45], [93]. Sistēmu dinamikas imitāciju modelēšanu biežāk izmanto problēmu ar augstu abstrakcijas pakāpi risināšanai un drīzāk stratēģisku, nevis taktisku lēmumu pieņemšanā (sk. 2.3. att.), kur nepieciešams modelēt izmaiņas un izprast atgriezeniskās saites, kas raksturo cēloņsakarības.

Sistēmu dinamikas modeļi sastāv no resursu krātuvēm un tās veidojošām plūsmām, kā arī mainīgajiem un to savstarpējām saitēm, kas ietekmē pētāmo sistēmu. Modelēšanas procesa neatņemama sastāvdaļa ir laiks, kurā mainās sistēmas elementi un to ietekmē arī pētāmais objekts [79].

Faktiski sistēmu dinamikas modeļu pamatā ir diferenciālvienādojumi, tomēr dažādu rīku piedāvātās iespējas ļauj izmantot grafiskos elementus, kas simbolizē plūsmas un krātuves un atbilst vizuālās programmēšanas pamatnostādnēm. Tādējādi

sistēmu dinamika kļūst pieejamāka un saprotama plašākam lietotāju lokam. Modeļi ir iespējams aprakstīt un modificēt dažādos abstrakcijas līmeņos, tādēļ svarīgi ir saprast, kāds abstrakcijas līmenis konkrētajā gadījumā ir nepieciešams. Grafiskās notācijās ir iespējams izmantot arī konceptuālo modeļu izstrādē, tos retranslējot no UML un/vai BPMN2 modeļiem.

Sistēmu dinamikas pieeja ļauj aprakstīt tehnoloģiju izstrādi kā vairāku paralēlu un mijiedarbībā esošu procesu kopu, ko raksturo:

- sistēmas sociotehniskās īpašības (apvienoti tehniskie, sociālie un apkārtējās vides faktori);
- sistēmas attēlojums laikā;
- vairāku lēmumu pieņēmēju iespēja iesaistīties (organizācijas, indivīdi);
- būtisku iekšēju un ārēju sociotehnisku faktoru kopums, kas ietekmē individuālos procesus;
- iespēja mainīt vai aizstāt parametrus [53].

Sistēmu dinamikas imitāciju modeļu veidošanu un ekspluatāciju nodrošina gan komerciālas, gan atvērtā koda programmatūras. Piemēram, var nosaukt AnyLogic, PowerSim, Vensim, Stella, Insight Maker.

Ar sistēmu dinamikas palīdzību analizē komplicētas un nepārtrauktas sistēmas ar atgriezeniskajām saitēm [110], un tā primāri raugās uz konkrētām cēloņsakarību attiecībām sistēmas ietvaros, sniedz iespēju imitēt gan sistēmu, gan atgriezeniskās saites un analizēt kā kvantitatīvos, tā kvalitatīvos faktorus [53], [80], [84]. (Piemēram, dažādu problēmu analīzei makroekonomikā, piegāžu ķēdēs, projektu izmaiņu vadībā, izglītībā, enerģētikā, politikā, psiholoģijā, medicīnā, veselības aprūpē, ilgtspējīgas attīstības pētniecībā u.c. [84]). Līdz ar to sistēmu dinamikas modeļi ir īpaši piemēroti un ir izmantojami problēmu novērtējumam ilgtermiņā. Turklāt sistēmiska pieeja ļauj “skatīties pāri” dažādo disciplīnu noteiktajām robežām. Sistēmu dinamikas problēmu loks iekļauj arī cilvēka faktora ietekmes analīzi [16]. Ir izpētīts, ka sistēmiskā perspektīva ļauj iesaistītajām pusēm pieņemt ilgtermiņa mērķiem atbilstošus lēmumus, tostarp attiecībā uz sistēmu kopumā [106].

Tā kā IT inovācija ir sarežģīts, dinamisks, nelineārs process, tad sistēmu dinamika ir izmantojama, lai labāk saprastu galvenos IT inovāciju ietekmējošos faktorus [128]. Autori S. Nīlsens un E. Nīlsens (*Nielsen&Nielsen*) uzsver, ka sistēmu dinamika nepiedāvā “lielas teorijas”, drīzāk katrs modelis pats par sevi ir sava veida

teorija. Tādējādi arī IASAM3 modelis savā veidā ir teorija par tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanu.

3. INTEGRĒTAIS TEHNOLOĢIJU PIENĒMŠANAS UN ILGTSPĒJAS NOVĒRTĒŠANAS MODELIS

3.1. Mērķis un aktualitātes pamatojums

Investoram vai tehnoloģijas autoram lemjot par nepieciešamajiem finansiālajiem ieguldījumiem, viens no būtiskākajiem jautājumiem ir tehnoloģijas pieņemšanas un ilgtspējas potenciāls. Piemēram, vai sabiedrība atzinīgi novērtēs un pieņems jauno tehnoloģiju? Kā veicināt tehnoloģijas izplatību tirgū? Kādai jābūt tehnoloģijas ilgtspējai, lai investīcijas atmaksātos? Tāpēc promocijas darbā izstrādātais Integrētais tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modelis (turpmāk tekstā – IASAM3³) un tā izmantošanas metodoloģija piedāvā risinājumu, ar kura palīdzību var novērtēt tehnoloģijas (promocijas darbs faktiski vērsts uz informācijas tehnoloģiju izpēti) izstrādes un ieviešanas procesa atbilstību visu iesaistīto pušu vajadzībām, un kas apvieno tehnoloģijas ilgtspējas un pieņemšanas mērījumus. Ar to var novērtēt, kādas ir izstrādājamās tehnoloģijas izredzes piesaistīt ilgtermiņa lietotājus un radīt pozitīvus rezultātus atbilstoši tehnoloģijas mērķim un sākotnējiem izstrādātāju nodomiem (finansiāliem, sociāliem u.c.), tādējādi nodrošinot tehnoloģijas ilgtspēju.

Aplūkotās teorijas – inovāciju difūzijas teorija, TAM, UTAUT – galvenokārt ir vērstas uz tehnoloģiju pieņemšanas (*technology adoption, technology acceptance*) individuālajiem aspektiem. Šīs pieejas, pirmkārt, vairāk analizē indivīdu nodomus sākt lietot tehnoloģiju, nevis turpināt to ilgstoši lietot, otrkārt, to metodoloģija būtībā ir vērsta uz jau izstrādātām tehnoloģijām, paredzot potenciālajiem lietotājiem iepazīties un novērtēt jau ekspluatācijā nodotu produktu. Šīs pieejas neparedz sociālu un tehnisku faktoru integrētas ietekmes izvērtēšanu, kas ir viens no būtiskākajiem elementiem sociotehnisku sistēmu pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanā. Turklāt aplūkotās pieejas drīzāk uzlūkojamas kā teorētiski ietvari, kas ilustrē to, kā izprast un analizēt procesu, nevis ir reāli, izmantojami rīki tehnoloģiju novērtēšanai.

Ievērojot minēto, izstrādājamam novērtēšanas modelim jāsniedz atbildes ikvienai ar tehnoloģijas izstrādi saistītai ieinteresētajai pusei (izstrādātājam un/vai potenciālajam investoram u.c.) par to, kā vērtēt piedāvāto ideju vai jauno tehnoloģiju,

³ Attiecīgi IASAM un IASAM2 nozīmē dažādas modeļa attīstības stadijas. Promocijas darbā pamatā tiek runāts par modeļa gala versiju, tāpēc izmantots saīsinājums IASAM3.

kā saprast, kādos jautājumos nepieciešami uzlabojumi, lai tehnoloģijas ilgtspēja un pieņemšana palielinātos u.c. Turklāt jānodrošina iespēja veikt novērtējumu jebkurā no tehnoloģijas izstrādes posmiem, pat tikai idejas stadijā.

Promocijas darbā piedāvātā tehnoloģiju novērtēšanas risinājuma pamatā ir skatījums uz tehnoloģiju izstrādi kā sociotehnisku problēmu. Šāds princips jau sākotnēji paredz apvienot tehnoloģiskos un ar cilvēka faktoru saistītos jautājumus. Kā norāda L. Reimondeta (*Reymondet*) – nošķirums starp sociālajiem/indivīda faktoriem no vienas un tehniskajiem faktoriem no otras puses attiecībā uz sociotehniskām sistēmām ir neizbēgams [95]. Tāpēc viens no modeļa pamatpieņēmumiem ir, ka tehnoloģiju pieņemšanas izpēte nebūtu jānošķir no tehnoloģiskā, ekonomiskā un sociālā konteksta novērtējuma. Jau pētījuma uzsākšanas posmā tika noteikts, ka novērtējuma modelī jāiekļauj gan tehnoloģiskie, gan ar cilvēku/sabiedrību saistītie aspekti. Līdz ar to IASAM3 vienkopus raugās gan uz tehnoloģijas ilgtspēju, gan pieņemšanu.

IASAM3 mērķis ir saprotamā veidā novērtēt un interpretēt tehnoloģiska jauninājuma (idejas vai jau pastāvošas tehnoloģijas) potenciālo ilgtspēju (atbilstību visu ieinteresēto pušu izvirzītajiem mērķiem) un pieņemšanu.

Tādējādi tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas izpēte vērsta uz to, lai saprastu, kā tehnoloģijas, indivīdi, organizācijas, to iekšējās politikas un sabiedrības vērtības ir saistītas. Tādēļ pētījuma ietvaros jāaplūko iespējami plašs, ar cilvēkiem/sabiedrību, sociotehniskām sistēmām/tehnoloģijām un iespējamo apkārtējās vides ietekmi saistītu jautājumu loks, lai izveidotu metodoloģiju, ar kuras palīdzību identificēt un sistematizēt kritērijus, kas ietekmē tehnoloģijas ilgtspēju un pieņemšanu.

Izstrādājamā modeļa formai jāatbilst vairākām prasībām. Proti, integrētajam pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modelim jābūt:

- viegli lietojamam un pieejamam dažādām iesaistītajām pusēm ar dažādu pieredzi un zināšanu līmeni, sākot ar idejas autoriem līdz potenciālajiem investoriem;
- izmantojamam gan sākotnējam novērtējumam, gan arī vēlākos tehnoloģijas izstrādes posmos;

- dinamiskam, lai nodrošinātu iespēju analizēt un novērtēt rezultātu iespējamās izmaiņas. Tas sniedz arī iespēju modeli izmantot kā tehnoloģijas izstrādes vadlīnijas.

3.2. Pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas kritēriji

Tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas modelim, kurš atbilstu izvirzītajam mērķim un prasībām, būtu jāsniedz atbildes uz vairākiem pamatjautājumiem – kā tiek radīta novērtējamā tehnoloģija, kas tieši tiek radīts, kam tas domāts, un kādos apstākļos tehnoloģija tiks izmantota? Proti, tas nozīmē, ka modelim jāaptver pārvaldības līmenis, tehnoloģijas raksturlielumi, indivīdu/lietotāju līmenis un tas jāpapildina ar nozares un sabiedrības attīstības tendencēm kopumā. Apkopotā veidā šie jautājumi redzami 3.1. tabulā.

3.1. tabula

Modeļa izstrādē aplūkojamie izpētes jautājumi un ar tiem saistītie mainīgie

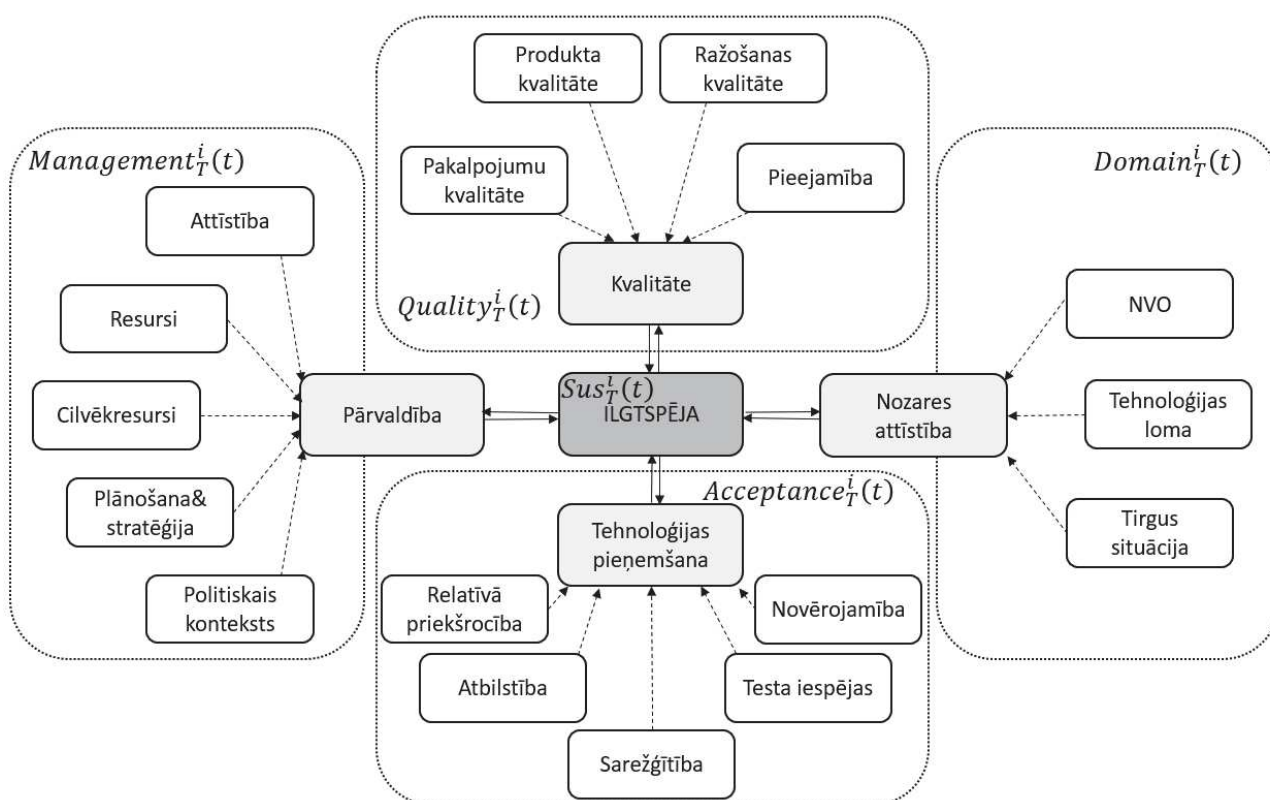
IZPĒTES JAUTĀJUMS	IZPĒTES OBJEKTS/MAINĪGIE
Kādā veidā tiek radīta jaunā tehnoloģija? Kādi ir pieejamie resursi? Kā šis process tiek vadīts?	Organizāciju un resursu pārvaldība
Kas tieši tiek radīts?	Tehnoloģiju raksturojošie mainīgie
Kam tehnoloģija tiek radīta un kas nosaka tehnoloģijas pieņemšanu?	Individuālais lietotāju līmenis
Kādos apstākļos tā tiek izplatīta/lietota?	Nozare (joma, pielietojums) kopumā, sabiedrība.

Līdz ar to, izmantojot sistēmu dinamikas terminoloģiju un notāciju, var sacīt, ka modeļa pamata struktūru veido četras plūsmas, kas ietekmē tehnoloģiju pieņemšanu un ilgtspēju un tiek mērīta ar IASAM3 indeksu:

- Pārvaldība $Management_T^I(t)$ – aplūko, vai un kādā veidā tiek organizēta jaunas tehnoloģijas izstrāde;
- Tehnoloģijas kvalitāte $Quality_T^I(t)$ – apvieno faktorus, kas saistīti ar tehnoloģijas (produkta) kvalitāti, tā izstrādes procesu kvalitāti, kā arī papildpakalpojumu pieejamību un kvalitāti. Šo plūsmu ietekmē arī tehnoloģijas pieejamība kopumā;
- Tehnoloģijas pieņemšana $Acceptance_T^I(t)$ – šī plūsma integrē tehnoloģijas pieņemšanas mērījumus;

- Nozares vispārīgā attīstība $Domain_T^i(t)$ – plūsmas ietvaros tiek aplūkots plašāks sociāli ekonomiskais konteksts, tirgus situācija, nevalstiskās organizācijas, viedokļu līderi u.c. Tas pamatojams ar atzinumu, ka sabiedrības attīstība un aizvien pieaugošās prasības virza tehnoloģijas attīstību, kas savukārt pēc izstrādāšanas un ieviešanas maina sabiedrību, un tā atkal pieprasa izmaiņas tehnoloģijās.

Modeļa gala versijā – IASAM3 – šīs četras plūsmas tiek analizētas, izmantojot 17 kritērijus un 59 apakškritērijus. IASAM3 strukturālais modelis redzams 3.1. attēlā.



3.1. att. IASAM3 strukturālais modelis [50]

Lai nonāktu pie novērtējuma – IASAM3 indeksa –, katra plūsma tiek detalizēta, integrētajam risinājumam veidojot diferenciālvienādojumu sistēmu. Tehnoloģijas ilgtspējas prognoze tiek aprakstīta kā dinamiskas izmaiņas prognozēšanas laika intervālā $t_0 + \Delta t$. Pēc tam seko ietekmējošo faktoru noteikšana un to savstarpējās mijiedarbības konstatācija.

Modeli specificē sekojoši:

$$Sus_T^i(t) = Sus_T^i(t - dt) + (Acceptance_T^i + Management_T^i + Quality_T^i + Domain_T^i) * dt \quad (3.1)$$

, kur

$$Acceptance_T^i(t) = Acceptance_T^i(t - dt) + (InovDif_T^i) * dt \quad (3.2)$$

$$Management_T^i(t) = Management_T^i(t - dt) + (ManagPar_T^i) * dt \quad (3.3)$$

$$Quality_T^i(t) = Quality_T^i(t - dt) + (QualPar_T^i) * dt \quad (3.4)$$

$$Domain_T^i(t) = Domain_T^i(t - dt) + (DomPar_T^i) * dt \quad (3.5)$$

Tā kā katru no četrām plūsmām ietekmē vairāki kritēriji un apakškritēriji, tad $(DomPar_T^i), (QualPar_T^i), (ManagPar_T^i), (InovDif_T^i)$ ir atbilstošas plūsmas ietekmējošo parametru jeb kritēriju un apakškritēriju kopas [8]:

- $(DomPar_T^i)$ nozares vispārīgās attīstības plūsmu ietekmējošo kritēriju un apakškritēriju kopa;
- $(QualPar_T^i)$ tehnoloģijas kvalitātes plūsmu ietekmējošo kritēriju un apakškritēriju kopa;
- $(ManagPar_T^i)$ tehnoloģijas izstrādes procesa pārvaldības plūsmu ietekmējošo kritēriju un apakškritēriju kopa;
- $(InovDif_T^i)$ tehnoloģijas pieņemšanas plūsmas ietekmējošo kritēriju un apakškritēriju kopa, kas balstīta E. Rodžersa inovāciju difūzijas teorijā.

Katras plūsmas kritēriji, apakškritēriji un to novērtēšana detalizētāk skaidrotas nākamajās sadaļās.

3.2.1. Pārvaldība

Šajā līmenī ir svarīgi, vai un kādā veidā jaunas tehnoloģijas izstrāde tiek organizēta. Galvenie faktori, kas ietekmē tehnoloģijas ilgtspēju nākotnē ir saistāmi ar sākotnēji pieejamajiem resursiem (galvenokārt – cilvēkresursi un finanšu resursi, bet arī pieejamais laiks, tehniskais nodrošinājums, zināšanas u.tml.) un metodēm un paņēmieniem, ar kādiem šie resursi tiek pārvaldīti.

Integrētā pieeja uzlūko jaunas tehnoloģijas radīšanu no projektu vadības perspektīvas. Jaunas tehnoloģijas izstrādes process kopumā ļauj uztvert to kā projektu, jo atbilst šādiem raksturojumiem:

- projektam ir noteikts mērķis, lai sasniegtu konkrētus ieguvumus;
- projekts ir unikāls, un tas prasa veikt darbības, risināt problēmas, ar kādām iepriekš, iespējams, nav bijis jāsastopas. Tas nekad neatkārtojas identiskā veidā;

- projekta īstenošana organizācijā ietver pagaidu struktūru, kam noteiktā laikā jāsasniedz nospraustais mērķis;
- katrs projekts ietver sākotnēji nezināmas komponentes un riska faktorus [83].

Projektu vadības uzdevums ir sasniegt projekta mērķi. Šo uzdevumu apgrūtina tehnoloģiskā sarežģītība, mainīgie tirgi un neprognozējamie apkārtējās vides faktori. Faktiski jebkura projekta mērķis ir attiecināms uz trim dimensijām – izmaksām, laiku un rezultātu. Sekmīgai projekta īstenošanai nepieciešamas vadlīnijas, jo tās palīdz identificēt projekta uzdevumus, apzināt nepieciešamos resursus un izmaksas, noteikt prioritātes, plānot, kā arī uzraudzīt un pārvaldīt galarezultāta kvalitāti, kā arī kopējo projekta iznākumu [83].

Tehnoloģijas ilgtspējas novērtēšanas modelī iekļauti pieci faktori, kas attiecināmi uz tehnoloģijas izstrādes un ieviešanas pārvaldību *Management_T^I* – stratēģija un plānošana, resursi un kā atsevišķs faktors izdalīts cilvēkresursi, politiskais konteksts un attīstība (jeb īpašības, kas ļauj notikt attīstībai).

Kritērijs Stratēģija un plānošana attiecas uz projekta vadības kopējo pieeju. Katra situācija atšķiras, un nav iespējams nosaukt vienu projektu vadības metodi, kas būtu atbilstoša ikvienā gadījumā, tomēr ir svarīgi, lai tehnoloģijas izstrādes un ieviešanas laikā būtu ņemti vērā vienoti, konkrētajam gadījumam piemēroti un pamatoti principi attiecībā uz projekta vadību. IASAM3 neuzspiež nevienu no projektu vadības metodoloģijām, tomēr vērtē projektu vadības elementu klātbūtni kopumā. Tāpēc šajā sadaļā iekļauti jautājumi (3.2. tabula), kas attiecas uz mērķu noteikšanu un plānošanu, kā arī ex-ante analīzi, risku novērtēšanu, konkurentu analīzi, resursu pārvaldību, prasību inženieriju u.c. ar projektu vadību saistītām darbībām.

3.2. tabula

Kritērija Stratēģija un plānošana apakškritēriji un novērtējums [autore izstrādāts]

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Stratēģija un plānošana	Ex-ante tirgus izpēte	Projekta vadībai ir visaptverošas zināšanas par izvēlētajās jomas tirgus situāciju
	Ex-ante konkurentu izpēte	Projekta vadībai ir skaidra izpratne par konkurentu aktivitātēm kā arī konkurējošām tehnoloģijām
	Ex-ante mērķa grupas izpēte	Projekta vadība ir izzinājusi mērķauditoriju un tās vajadzības
	Risku novērtējums	Projekta vadība apzinās potenciālos riskus un pārzina iespējas tos novērst

Resursu plānošana	Tiek izmantotas atbilstošas resursu plānošanas metodes, lai nodrošinātu, ka nepieciešamie resursi ir pieejami vajadzīgajā brīdī
Projekta vadība	Ir izvēlēta piemērota projekta vadības pieeja
Biznesa plāns	Ir izstrādāts atbilstošas detalizācijas biznesa plāns (plašā nozīmē)

Kritērijs Resursi apvieno visu, ko aptver materiāltehniskais nodrošinājums, proti, finanses, iekārtas un aparatūru, kā arī laika resursus un zināšanas (sk. 3.3.tabulu).

3.3. tabula

Kritērija Resursi apakškritēriji un novērtējums [autores izstrādāts]

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Resursi	Pieejamie finansiālie resursi	Projekta vadībai ir skaidrs finanšu piesaistes un pārvaldības plāns
	Laika resursi	Tehnoloģijas izstrādei un ieviešanas procesiem plānots pietiekams un pamatots laika apjoms
	Aprīkojums	Izstrādātāju rīcībā ir nepieciešamais aprīkojums vai ir izstrādāta aprīkojuma ieguves stratēģija
	Zināšanas organizācijā	Projekta vadībai ir pieejami zināšanu radīšanas, aprakstīšanas un koplietošanas mehānismi

Kritērijs Cilvēkresursi (3.4. tabula) no visiem resursiem izdalīts, jo tam ir īpaša loma tehnoloģijas pieņemšanā un ilgtspējas nodrošināšanā. Personālam ir būtiska nozīme idejas iedzīvināšanā un īstenošanā. Tikai atbilstoši komplektēta un motivēta komanda var radīt produktu, kas atbilst noteiktajām funkcionalitātes, dizaina, darbības u.c. prasībām.

3.4. tabula

Kritērija Cilvēkresursi apakškritēriji un novērtējums [autores izstrādāts]

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Cilvēkresursi	Zināšanas un pieredze tehnoloģiju izstrādē un ieviešanā	Iesaistītajam personālam ir nepieciešamās zināšanas un prasmes vai projekta vadība ir definējusi atlases kritērijus
	Zināšanas un pieredze projekta vadībā	Iesaistītajam personālam ir nepieciešamās zināšanas un prasmes vai projekta vadība ir definējusi atlases kritērijus
	Motivācija	Projekta vadībai ir izstrādāta saprotama un pamatota darbinieku motivēšanas sistēma

Kritērijs Politiskais konteksts iekļauj apakškritērijus (3.5. tabula), kas saistāmi ar politiska un sabiedrības līmeņa atbalstu vai šķēršļiem konkrētās tehnoloģijas izstrādei. Pastāv arī dažādi tehnoloģiju regulējuma instrumenti, ar kuru palīdzību veicināt vai kavēt dažādu tehnoloģiju attīstību. Piemēram, prasības, standarti, nodokļi, atļaujas, informācijas izplatīšanas ierobežojumi u.c., kam ir ietekme uz tehnoloģiskajām izmaiņām. Pētījumi pierāda, ka institucionāliem faktoriem un regulējumam ir būtiska ietekme uz tehnoloģiskajām izmaiņām [127].

3.5. tabula

Kritērija Politiskais konteksts apakškritēriji un novērtējums

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Politiskais konteksts	Politiska līmeņa atbalsts	Tehnoloģijas attīstībai/ieviešanai ir politisks atbalsts
	Politiska rakstura iebildumu neesamība	Tehnoloģijas attīstībai/ieviešanai nav politiska rakstura pretdarbības, nenotiek lobēšana pret to
	Idejiskā dzīvotspēja	Tehnoloģija atbilst pastāvošajai ideoloģijai /sociālajām normām un sabiedrības noskaņojumam
	Likumdošana	Nepastāv nesamērīgi administratīvie šķēršļi tehnoloģijas izplatībai vai tehnoloģijas lietošana ir obligāta

Kritērijs Attīstība (3.6. tabula) mēra tehnoloģijas attīstības potenciālu, proti, to, vai tehnoloģijas uzturēšanai ir atvēlēti līdzekļi un izstrādātas procedūras, kā arī, to, cik lielā mērā tehnoloģija vispār ir attīstāma nākotnē, un vai paredzēta procedūra atgriezeniskās saiknes saņemšanai no potenciālajiem lietotājiem. Lai nodrošinātu tehnoloģijas ilgtspēju, nepieciešams to nepārtraukti pilnveidot (novērst kļūdas, attīstīt, pielāgot mainīgajai apkārtējai videi). Ja tas netiek darīts, tehnoloģija, visticamāk, nebūs ilgtspējīga. Kritērija nepieciešamība balstīta A. Birolini (*Birolini*) secinājumā, ka sistēmu spējai attīstīties jābūt jau iekļautai sistēmas izstrādes posmā, izprotot uzturēšanas un tālākās attīstības nozīmi [21].

Kritērija Attīstība apakškritēriji un novērtējums [autores izstrādāts]

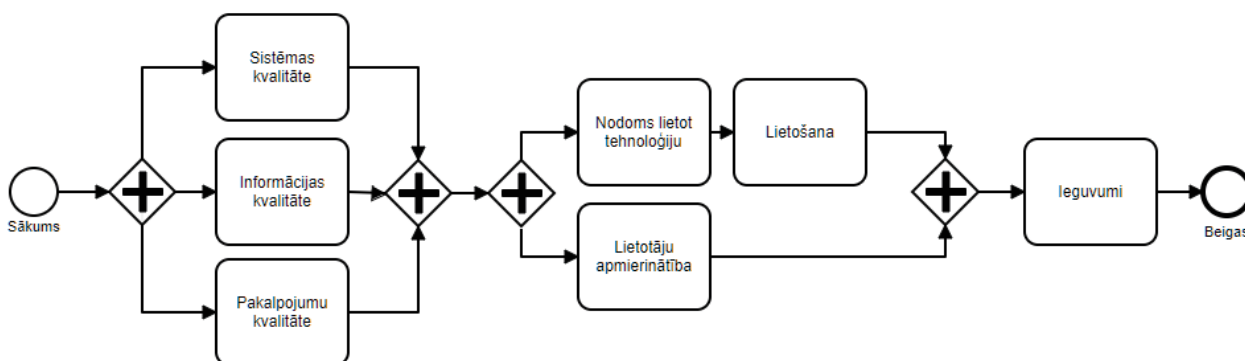
KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Attīstība	Uzturēšanas resursi	Uzturēšanai ir pieejami nepieciešamie resursi
	Attīstības iespējas	Tehnoloģija ir spējīga attīstīties, tās darbība nav ierobežota laikā
	Atgriezeniskā saite	Ir paredzēti mehānismi, kā izzināt lietotāju atgriezenisko saiti un veikt nepieciešamās izmaiņas tehnoloģijas uzbūvē/darbībā
	Uzturēšanas procesi	Pastāv mehānismi, ar kuriem novērst/izlabot kļūdas un neprecizitātes

3.2.2. Tehnoloģijas kvalitāte

Kvalitāte kā pētījumu objekts pētnieku redzeslokā nonāca pagājušā gadsimta pirmajā pusē. Pamazām attīstoties izpratnei par kvalitātes kontroles un standartizācijas nozīmi ražošanā, idejas par kvalitāti kā izmērāmu un vadāmu procesu organizācijā tika pārnestas arī uz pakalpojumu sfēru un pat uz publisko pārvaldi. Dažādas kvalitātes vadības pieejas un metodoloģijas visaktīvāk attīstījās pagājušā gadsimta otrajā pusē.

IASAM3 nosaka, ka kvalitatīva tehnoloģija spēs iekarot tirgu, piesaistīt jaunus lietotājus un būt ilgtspējīgs tirgus dalībnieks. Turklāt kvalitāti ($QualPar_T^i$) veido priekšnosacījumi, kas attiecas ne tikai uz pašu tehnoloģiju, bet tās izstrādes procesu, tehnoloģijas pozicionēšanu tirgū, papildpakalpojumu esamību u.tml.

Aplūkojot t.s. informācijas sistēmu projektu panākumu (*IS project success*) modeli [35], redzams nošķīrums starp dažādu līmeņu kvalitāti (3.2. att.).



3.2. att. Informācijas sistēmu projektu panākumu modelis

Redzams, ka informācijas sistēmas panākumus nosaka – sistēmas kvalitāte, satura kvalitāte un sniegto pakalpojumu kvalitāte. Tāpat redzams, ka šie trīs mainīgie ietekmē lietotāja vēlmi lietot tehnoloģiju, kā arī veido viņa sākotnējo pieredzi, kas savukārt ietekmē vēlmi tehnoloģiju lietot arī atkārtoti un ilgstoši.

Atbilstoši Informācijas sistēmu panākumu modelim, sistēmas, radītās informācijas un papildpakalpojumu sniegšanas kvalitāte tiek skaidrota šādi:

- sistēmas kvalitāte – vēlamās sistēmas īpašības. Piemēram, vienkāršība, elastīgums, uzticamība, vienkārša apguve, kā arī intuitīva lietošana, atbildes sniegšanas laiks u.tml.;
- radītās informācijas jeb gala produkta kvalitāte – vēlamās sistēmas produktu (*outputs*) īpašības. Piemēram, nozīmība, saprotamība, precizitāte, konsekvence, pilnīgums, laicīgums, izmantojamība;
- pakalpojumu sniegšanas kvalitāte – pieejamais atbalsts un tā raksturojums, piemēram, atsaucība, precizitāte, uzticamība, ekspertīze, atbalsta pakalpojumos iesaistītā personāla empātija [35].

IASAM3 tehnoloģijas kvalitātes novērtējumam $Quality_T^i$ tiek pārņemta trīs līmeņu pieeja, nošķirot vairākus kvalitātes līmeņus. Kritēriju definējums paplašināts, lai atbilstu informācijas tehnoloģijām plašākā mērogā, ne tikai informācijas sistēmām, kā arī ņemot vērā to, kā ir iespējams veicināt katru no šīm trim kvalitātēm. Proti, sistēmas kvalitāte attiecināma uz tām īpašībām, kuras veidojas tehnoloģijas izstrādes posmā un vairāk attiecas uz izstrādes un ražošanas procesu. Informācijas kvalitāte šajā gadījumā skatāma kā produkta kvalitāte un iekļauj tos rādītājus, kas būtiski klientiem un tehnoloģijas gala lietotājiem. Savukārt pakalpojumu kvalitāte ir attiecināma uz atbalsta pakalpojumiem un papildservisiem, kas tiek piedāvāti klientiem.

Tādējādi kopējo tehnoloģijas kvalitāti nosaka gan ražošanas/izstrādes procesa raksturlielumi, gan pati tehnoloģija un tās iespējas, kā arī atbalsta pakalpojumi. Un IASAM3 iekļautie kritēriji ir ražošanas kvalitāte, produkta jeb tehnoloģijas pašas kvalitāte un atbalsta pakalpojumu kvalitāte. Tas atbilst arī A. Viksa un C. Rētlaina (*Wicks&Roethlein*) secinājumiem, ka organizācijām ir būtiski ņemt vērā gan klientu uztverē balstītu izpratni par kvalitāti, gan arī procesos balstītu kvalitāti [126].

Novērtējot kritēriju Produkta kvalitāte (3.7. tabula), jāraugās uz to, kas konkrētās tehnoloģijas gadījumā ir galaprodukts, kas nonāk līdz klientam un ko viņš izmanto. Atkarībā no konkrētās tehnoloģijas, tā var būt informācija, ierīce,

pakalpojums, audiovizuālā informācija u.c. Kritērija novērtēšanai iekļautie apakškritēriji attiecināmi uz praktiskiem, viegli nosakāmiem un izmērāmiem produkta kvalitātes rādītājiem.

3.7. tabula

Kritērija Produkta kvalitāte apakškritēriji un novērtējums [autores izstrādāts]

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Produkta kvalitāte	Galaprodukta/rezultāta precizitāte	Klientu vēlmes ir noskaidrotas un ir nodrošināts, ka galaprodukts/rezultāts atbilst tām
	Galaprodukta/rezultāta saprotamība	Rezultāti, to formāts, saturs ir saprotams un lietojams, nav nepieciešama papildu apstrāde
	Galaprodukta/rezultāta saņemšanas laiks	Rezultāts klientam tiek piedāvāts viņam nepieciešamajā brīdī
	Tehniskā integrācija	Ir paredzēta savietojamība un atbilstība dažādām platformām, dažādiem formātiem
	Papildu ierīces/programmatūra	Tehnoloģijas galaprodukta/rezultāta izmantošanai nav nepieciešamas papildu ierīces/programmatūra

Savukārt, novērtējot kritēriju Ražošanas kvalitāte, uzmanība jāpievērš tehnoloģijas izstrādes aspektiem un labās prakses piemērošanai šajā posmā. Tā kā IASAM3 metodoloģija galvenokārt ir vērsta uz informācijas novērtēšanu, iekļautie apakškritēriji (3.8. tabula) atspoguļo tieši IT izstrādes labās prakses paņēmienus un pamata tehnoloģiju izstrādes elementus.

3.8. tabula

Kritērija Ražošanas kvalitāte apakškritēriji un novērtējums

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Ražošanas kvalitāte	Izstrādes procesa un tehnoloģijas uzbūve	Ir skaidrs priekšstats par izstrādes procesa soļiem un plānotās tehnoloģijas arhitektūru, tie ir pamatoti un optimāli
	Algoritmu sarežģītība	Plānotās sistēmas algoritmi nav nevajadzīgi sarežģīti
	Programmēšanas/izstrādes pieeja	Tiek izmantota vispārpieņemtā labā prakse, ir izvēlēta atbilstoša metodoloģija, darbības tiek sistemātiski plānotas
	Kļūdu un izņēmumu apstrāde	Ir definēta rīcība attiecībā uz kļūdām un izņēmuma gadījumiem
	Sistēmas dokumentācija	Sistēmas darbība tiks aprakstīta
	Izstrādes procesa dokumentācija	Sistēmas izstrāde tiks dokumentēta

Kritērijs Pakalpojumu kvalitāte un tā apakškritēriji (3.9. tabula) iekļauti, jo mūsdienās robeža starp pakalpojumu un produktu nereti ir samērā izplūdusi, ir nepieciešams analizēt gan tehniskos, gan funkcionālos kvalitātes aspektus [126]. Turklāt atbalsta pakalpojumu sistēma un to kvalitāte ir nepieciešama, lai savlaicīgi novērstu lietotājiem radušās problēmas un palīdzētu risināt viņu jautājumus.

3.9. tabula

Kritērija Pakalpojumu kvalitāte apakškritēriji un novērtējums [autores izstrādāts]

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Pakalpojumu kvalitāte	Atbalsta veidi	Atbalsts pieejams klientu vēlmēm atbilstošā veidā
	Atbalsta sistēma	Klientiem saprotama un ērta atbalsta sistēma
	Atbalsta saņemšanas laiks	Atbalsts ir pieejams savlaicīgi
	Atbalsta personāls	Atbalsta personāls ir kvalificēts vai arī projekta vadībai ir definēti personāla atlases principi

Papildus jau minētajiem kritērijiem IASAM3 paredz līdz ar tehnoloģijas kvalitāti aplūkot arī tās pieejamību sabiedrībā kopumā (apakškritērijus un novērtējumu sk. 3.10. tabulā), jo dažādi, ar tehnoloģijas izstrādāju nesaistīti apstākļi, kas ierobežo tehnoloģijas pieejamību, var negatīvi ietekmēt kopējo priekšstatu par tehnoloģijas kvalitāti. Piemēram, ja runa ir par kādu interneta pakalpojumu, tad jāskatās, cik brīvi pieejams ir internets sabiedrībā kopumā.

3.10. tabula

Kritērija Pieejamība apakškritēriji un novērtējums [autores izstrādāts]

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Pieejamība	Infrastrukturā pieejamība	Mērķa grupā kopumā (vai sabiedrībā) tehnoloģijas lietošanai nepieciešamā infrastruktūra uzskatāma par pieejamu
	Prasmes	Mērķa grupā (sabiedrībā) ir pietiekamas prasmes tehnoloģijas izmantošanai
	Izmantošanas izmaksas	Tehnoloģija ir cenu ziņā pieejama paredzētajai mērķauditorijai

3.2.3. Nozares attīstības ietekme

Visbeidzot ceturtnā IASAM3 plūsma $Domain_T^I(t)$ raugās uz vispārīgām nozares attīstības tendencēm. Lai arī kopumā tehnoloģiju attīstība no sabiedrības attīstības viedokļa ir pozitīva parādība, tomēr no katras konkrētās tehnoloģijas izstrādātāja viedokļa raugoties, katra nākošā inovācija un jaunievedums apdraud jau esošo tehnoloģiju pozīcijas tirgū.

Kritērijs Tirgus situācija (3.11. tabula) iekļauts tādēļ, ka tehnoloģijas ilgtspēju ietekmē arī tās pozīcija tirgū – vai pastāv līdzīgi risinājumi, vai tehnoloģija ir unikāla, cik atpazīstams ir tās zīmols, cik piesātināts ir tirgus. Tirgus situācija raksturo tehnoloģijas priekšrocību attiecībā pret citām tehnoloģijām vai šādu priekšrocību neesamību. Tāpat kritērijs aptver vispārējo ekonomisko situāciju, jo, piemēram, ekonomikas recesija ietekmē arī iespējas izstrādāt un iegādāties jaunas tehnoloģijas. Recesijas periodam raksturīga ne tikai lētāku produktu popularitāte, bet arī atteikšanās no luksusa precēm, un vairāk tiek meklētas tādas tehnoloģijas, kas palīdz ekonomēt.

3.11. tabula

Kritērija Tirgus situācija apakškritēriji un novērtējums [autores izstrādāts]

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Tirgus situācija	Ekonomiskā situācija	Nav ārēju ekonomisku traucēkļu tehnoloģijas pieņemšanai un izmantošanai
	Tirgus piesātinājums	Produkta nišas tirgus nav piesātināts
	Zīmola atpazīstamība	Tehnoloģijai tiks/tiek izmantots atpazīstams zīmols.

Kritērijs Nevalstiskās organizācijas (3.12. tabula) attiecas ne tikai uz organizācijām, bet arī neformālām aktīvistu un interešu grupām. Tās var ietekmēt tehnoloģijas pastāvēšanu un ilgtspēju. Piemēram, ja tehnoloģija saistās ar zaļu dzīvesveidu, tad, iespējams, ka tās popularizēšanā iesaistīsies kādas nevalstiskās organizācijas, vai arī pretēji – aktīvistu cīnīsies pret kādas tehnoloģijas popularizēšanu, ja tas apdraudēs, viņuprāt, būtiskas vērtības.

3.12. tabula

Kritērija Nevalstiskās organizācijas apakškritēriji un novērtējums [autores izstrādāts]

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Nevalstiskās organizācijas/ aktīvisti/ interešu grupas	Atbalsts	Pastāv tādas sabiedrībā būtiskas nevalstiskās organizācijas, kas varētu veicināt tehnoloģijas izmantošanu
	Pretdarbība	Pastāv tādas sabiedrībā būtiskas nevalstiskās organizācijas, kas varētu pretoties, kavēt un noliegt tehnoloģijas izmantošanu

Kā pēdējais kritērijs iekļauts Tehnoloģijas loma (3.13. tabula), ar to saprotot konkrētās tehnoloģijas sociālo un tehnisko lomu sabiedrības attīstībā, ja tāda tai piemīt. Šī sadaļa piešķir konteksta informāciju visam tehnoloģijas izstrādes, ieviešanas un izmantošanas laikam un ir viens no tiem jauninājumiem, kas atšķir šo pieeju no līdzšinējiem tehnoloģiju pieņemšanas mērījumiem.

3.13. tabula

Kritērija Tehnoloģijas loma apakškritēriji un novērtējums [autores izstrādāts]

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	NOVĒRTĒJAMĀIS KRITĒRIJA FORMULĒJUMS
Tehnoloģijas loma	Tehnoloģijas sociālā loma	Tehnoloģija atvieglo/veicina sabiedrībā izplatītu ideju ieviešanu
	Tehnoloģijas tehniskā loma	Tehnoloģija atvieglo kādas esošas/populāras tehnoloģijas lietošanu

Apakškritērija Tehnoloģijas sociālā loma iekļaušana ļauj novērtēt nepieciešamību pēc tehnoloģijas konkrētajā sabiedrības attīstības posmā. Piemēram, apakškritērijs palīdz novērtēt, vai tehnoloģija kādā veidā atvieglo vai veicina sabiedrībā izplatītu ideju ieviešanu un izplatīšanos. Kā piemērus var minēt tiešsaistes mācību platformu Coursera.org, kas atspoguļo izmaiņas attiecībā uz priekšstatu par piekļuvi izglītībai, vai to, kā mobilās aplikācijas maina masu mediju biznesa modeli, pārvirzot ieguldījumus no drukātās preses uz virtuālajiem produktiem.

3.2.4. Tehnoloģijas pieņemšana

Tehnoloģijas pieņemšanas $Acceptance_T^i$ mērīšanai izmantota E. Rodžersa inovāciju difūzijas teorija. Proti, E. Rodžerss raksta par inovāciju pazīmēm, kam ir

nozīmē inovācijas pieņemšanas procesā, kas rada atšķirības tajā, vai un cik lielā mērā tehnoloģija tiks pieņemta, un kas neļauj visas inovācijas uzlūkot kā vienādas.

Piecas inovāciju pazīmes, kas tās atšķir citu no citas un ir iekļautas arī IASAM3 (3.14. tabula), ir:

- relatīvā priekšrocība (*relative advantage*) – tehnoloģija pārspēj līdzšinējās tehnoloģijas tehniskā ziņā – tostarp runājot par cenu, funkcionalitāti, tēlu u.c.;
- atbilstība (*compatibility*) – tehnoloģija atbilst potenciālo lietotāju vērtībām, prasmēm un līdzšinējai darbībai;
- sarežģītība (*complexity*) – skata to, cik sarežģīta ir tehnoloģijas lietošana;
- iespēja izmēģināt jeb testa iespējas (*trialability*) – ar tehnoloģiju iespējams iepazīties pamazām, tai pieejamas izmēģinājuma versijas, pozitīvo pieredzi var sajaukt jau izmēģinājuma laikā;
- iespēja novērot tehnoloģiju darbībā jeb novērojamība (*observability*) – tehnoloģijas lietošanu un tās radītās iespējas iespējams novērot ikdienā.

3.14. tabula

Kritēriju Relatīvā priekšrocība, Atbilstība, Sarežģītība, Iespēja izmēģināt un Iespēja novērot tehnoloģiju darbībā apakškritēriji un novērtējums [adaptēts pēc [97]]

KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI	KRITĒRIJA NOVĒRTĒJUMS
Relatīvā priekšrocība	Ekonomiskais ieguvums	Tehnoloģijas izmantošana sniedz lietotājam kādu ekonomisku ieguvumu
	Zemas sākotnējās izmaksas	Tehnoloģijas izmantošanas uzsākšanas izmaksas ir samazinātas līdz minimumam
	Negatīvo seku samazināšana	Tehnoloģijas lietošana sniedz lietotājam iespēju samazināt kādu negatīvu ietekmi
	Laika/pūļu ietaupījums	Tehnoloģijas izmantošana sniedz lietotājam laika/pūļu ietaupījumu
	Sociālais prestižs	Tehnoloģijas izmantošana vairo tās lietotāja sociālo prestižu
	Ieguvuma savlaicīgums	Ieguvumi no tehnoloģijas lietošanas ir sajūkami nekavējoties
Atbilstība	Sociālās/kulturālās vērtības un pārliecības	Tehnoloģijas izmantošana ir atbilstoša pastāvošajām sociālajām/kulturālajām normām atbilstoša

	Līdzšinējās idejas	Tehnoloģijas izmantošana ir atbilstoša līdz šim izmantotajām tehnoloģijām
	Klientu vajadzības	Tehnoloģija ir atbilstīga klientu vajadzībām
Tehnoloģijas sarežģītība	Tehnoloģijas sarežģītība	Tehnoloģija ir un tiek pozicionēta un uztverta lietotāju vidū kā vienkārši lietojama
Testa iespējas	Testa versijas/ prototipa pieejamība	Pastāv mehānismi (bezmaksas lejupielādes, izmēģinājuma versijas, prototipi), kas ļauj vienkāršā veidā izmēģināt tehnoloģijas lietošanu
Novērojamība	Iespēja novērot tehnoloģijas izmantošanu	Tehnoloģijas lietošana un ar to saistītie ieguvumi ir saredzami “no malas”

Apkopojošs pārskats par visiem IASAM3 kritērijiem un apakškritērijiem redzams 3.15. tabulā.

3.15. tabula

IASAM3 kritēriji un apakškritēriji [autores izstrādāts]

IASAM3 KRITĒRIJS	APAKŠKRITĒRIJI
Resursi	Pieejamie finansiālie resursi, Laika resursi, Aprikojums, Zināšanas organizācijā
Cilvēkkapitāls	Zināšanas un pieredze tehnoloģiju izstrādē un ieviešanā, Zināšanas un pieredze projekta vadībā, Motivācija
Stratēģija un plānošana	Ex-ante tirgus izpēte, Ex-ante konkurentu izpēte, Ex-ante mērķa grupas izpēte, Risku novērtējums, Resursu plānošana, Projekta vadība, Biznesa plāns
Politiskais konteksts	Politiska līmeņa atbalsts, Politiska rakstura iebildumu neesamība, Idejiskā dzīvotspēja, Likumdošana
Attīstība	Uzturēšanas resursi, Attīstības iespējas, Atgriezeniskā saite, Uzturēšanas procesi
Produkta kvalitāte	Galaprodukta/rezultāta precizitāte, Galaprodukta/rezultāta saprotamība, Galaprodukta/rezultāta saņemšanas laiks, Tehniskā integrācija, Papildu ierīces/programmatūra

Ražošanas kvalitāte	Izstrādes procesa un tehnoloģijas uzbūve, Algoritmu sarežģītība, Programmēšanas pieeja, Kļūdu un izņēmumu apstrāde, Sistēmas dokumentācija, Izstrādes procesa dokumentācija
Pakalpojumu kvalitāte	Atbalsta veidi, Atbalsta sistēma, Atbalsta saņemšanas laiks, Atbalsta personāls
Pieejamība	Infrastrukturā pieejamība, Prasmes, Izmantošanas izmaksas
Relatīvā priekšrocība	Ekonomiskais ieguvums, Zemas sākotnējās izmaksas, Negatīvo seku samazināšana, Laika/pūļu ietaupījums, Sociālais prestižs, Ieguvuma savlaicīgums
Atbilstība	Sociālās/kulturālās vērtības un pārliecības, Līdzšinējās idejas, Klientu vajadzības
Sarežģītība	Tehnoloģijas sarežģītība
Testēšanas iespējas	Testa versijas/prototipa pieejamība
Novērojamība	Iespēja novērot tehnoloģijas izmantošanu
Tirgus situācija	Ekonomiskā situācija, Tirgus piesātinājums, Zīmola atpazīstamība
Nevalstiskās organizācijas/aktīvisti/interesu grupas	Atbalsts, Pretdarbība
Tehnoloģijas loma	Tehnoloģijas sociālā loma, Tehnoloģijas tehniskā loma

3.3. Novērtēšanas metodoloģijas attīstība

Tehnoloģiju ilgtspējas pētījumi tika sākti 2010. gadā FP7-ICT-2009-5 projekta Nr. 257178 “*Large Scale Choreographies for the Future Internet*” ietvaros [40], jo bija nepieciešams novērtēt projekta rezultātu ilgtspēju. Sākotnēji, veicot zinātniskās literatūras analīzi un pārskatu par pieejamiem rīkiem un metodoloģijām, izrādījās, ka atrast atbilstošu metodoloģiju praktiski nav iespējams. Tāpēc tika izstrādāta IASAM pirmā versija [7], kas kopš tā laika piedzīvojusi vairākus uzlabojumus. Katrs nākamais papildinājums ir paplašinājis modeļa pielietojuma iespējas [5]. Papildus jau pirmajai IASAM versijai tika izstrādāts web rīks, un arī tas ir uzlabots atbilstoši veiktajām izmaiņām.

3.3.1. Uz indivīdu aptaujām balstīta tehnoloģiju pieņemšana

Modeļa pirmās versijas (IASAM) koncepciju veidoja 49 jautājumi, kas grupēti atbilstoši modelī iekļautajiem kritērijiem.

Šī versija tika arī pielietota minētā projekta “*Large Scale Choreographies for the Future Internet*” ietvaros radīto produktu novērtēšanai [40]. Katrs šāds pielietojums vienlaikus ir arī katras modeļa versijas validēšanas apliecinājums.

Lai arī rezultāti atbilda konkrētā projekta vajadzībām un sniedza izpratni par šiem produktiem un to izstrādes procesu, tomēr modelis bija statisks $t = t_0$ un līdz ar to vairāk izmantojams augstāka abstrakcijas līmeņa plānošanai, bet nenodrošināja ilgtspējas izmaiņu prognozēšanu ilgākā termiņā.

Lielākais šīs versijas trūkums bija modelī iekļautā potenciālo tehnoloģijas lietotāju aptauja tehnoloģijas pieņemšanas mērīšanai, kas bija balstīta UTAUT modelī:

$$Sus_T^i(t) = < Sus_T^i(t - dt), Acceptance_T^i(UTAUT_T^i), IASAM_T^i > \quad (3.6)$$

Potenciālo lietotāju aptauja bija nopietns slogs metodoloģijas lietotājiem, jo viens no sākotnējiem mērķiem bija radīt metodoloģiju, kuru var izmantot jebkurā tehnoloģijas izstrādes posmā. Savukārt potenciālo lietotāju aptauja var izrādīties ļoti sarežģīti veicama sākotnējās tehnoloģijas izstrādes stadijās. Piemēram, aptaujas veikšana ir apgrūtināta, kad nav pieejams prototips, kad potenciālos lietotājus ir grūti sasniegt aptaujas mērķiem vai kad novērtējumam ir ierobežots laiks. Šādai aptaujai var būt nepieciešami ievērojami laika, cilvēkresursi un finanšu līdzekļi.

3.3.2. Inovāciju difūzijas teorijas pielietojums

Tādēļ IASAM2 otrās attīstības fāzes modelī $Acceptance_T^i$ plūsmas ietekmes noteikšanai tika pielietota inovāciju difūzijas teorija [6]. Proti, IASAM2 pirmajā versijā aizstāja potenciālo lietotāju aptauju ar papildu kritērijiem, kas balstīti uz E. Rodžersa izstrādātajiem inovāciju atribūtiem. Tagad atribūti veidoja tehnoloģijas pieņemšanas plūsmu $Acceptance_T^i(InovDif_T^i)$, kas pieļāva pašnovērtējuma iespējas. Līdz ar to metodoloģija sastāvēja no 61 jautājuma, kas grupēti atbilstoši 17 kritērijiem.

IASAM2 paredzēja, ka ilgtspējas indekss tiek aprēķināts sekojošā veidā:

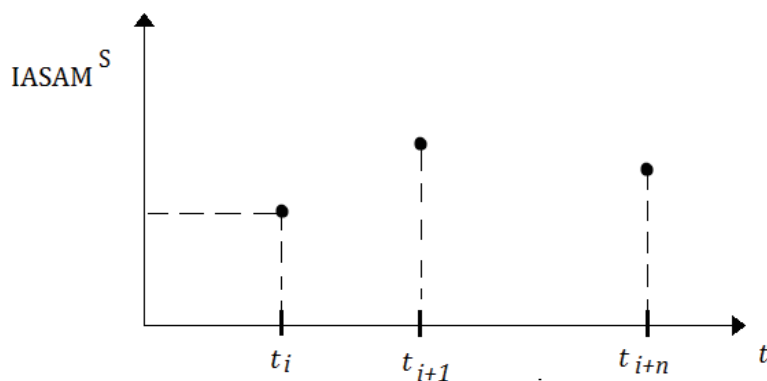
$$Sus_T^i(t) = < Sus_T^i(t - dt), Acceptance_T^i(InovDif_T^i), IASAM_T^i > \quad (3.7)$$

, kur

$$IASAM_T^i = < Management_T^i(t), Quality_T^i(t), Domain_T^i(t) >, \text{ bet } t = t_0.$$

Pieņemšanas metodoloģijas maiņa nodrošināja IASAM2 zināmas priekšrocības. Novērtējumu varēja veikt ieinteresētā puse, neiesaistot potenciālos lietotājus, nebija jāorganizē resursu ziņā apgrūtinošā potenciālo lietotāju aptauja. Turklāt arī pats modelis kļuva saprotamāks un ērtāks lietošanā, jo aprēķini, analīze un interpretācija balstījās vienā metodoloģiskā ietvarā. Līdz ar to metodoloģija kļuva arī universālāka attiecībā uz pielietošanas iespējām. Šī versija savukārt tika aprobēta citā starptautiskā projektā – ar tās palīdzību tika novērtēti Eiropas Komisijas 7. ietvarprogrammas projektā „*Future Policy Modeling*” (FUPOL, Nr. 287119, 2011-2015) izstrādātie rīcībpolitikas simulatori: publiskā parka noslodzes analīzei un izkārtojuma plānošanai Zagrebā “*Zagreb open green park occupancy analysis and layout design*”, Skopjes Vodno kalna rekreācijas aktivitāšu analīzei “*Skopje Vodno mountain recreational activities analysis*”, Skopjes riteņbraukšanas ceļu plānošanai “*Skopje inter-mobility bicycle routes planning*” un Jaņtai pilsētas ekonomiskās attīstības novērtēšanai “*Yantai economic development assessment*”[52].

Līdz ar atteikšanos no UTAUT aptaujas modelis kļuva ērtāks, tomēr aizvien bija statisks $t = t_0$ un ļāva aprēķināt IASAM2 indeksu jebkuros brīvi izvēlētos laika momentos, iegūstot N statistikas vērtības (sk. 3.3. att.).



3.3. att. N statistikas vērtības, aprēķinot IASAM2 indeksu [autores izstrādāts]

Turpretī dinamisks modelis ļautu iterāciju rezultātā mainīt sākotnējos nosacījumus un aprēķināt indeksu noteiktā laikā, kā arī veikt prognozēšanu. Tāpēc metodoloģija tika atkārtoti uzlabota, iekļaujot sistēmu dinamikas imitācijas modelēšanas funkcionalitāti un ieguvumus.

3.3.3. Sistēmu dinamikas modelēšanas izmantošana ilgspējas līknes konstruēšanai

Trešajā uzlabojumu kārtā IASAM2 tika pārveidots dinamiskā analītiskā rīkā, ar kura palīdzību var ne tikai novērtēt pašreizējo tehnoloģijas stāvokli, bet arī izdarīt spriedumus par novērtējamās tehnoloģijas potenciālā dzīves cikla parametriem. Šīs modeļa attīstības kārtas pamatā bija pretnostatījums starp novērtējamās tehnoloģijas potenciālo attīstību un references funkciju, kuras pamatā ir Skype dzīves cikla rādītāji.

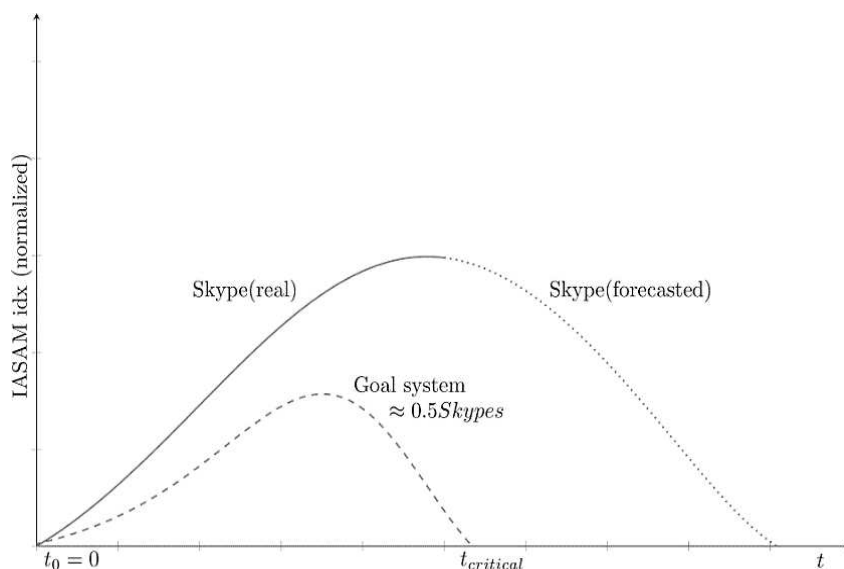
Proti, IASAM sākotnējais modelis un IASAM2 pēc būtības nodrošināja tikai statistisku tehnoloģijas ilgspējas $Sus_T^i(t)$ novērtējuma rezultātu, lai gan faktiski katra no plūsmām ir uzlūkojama kā resurss [4], [8], kura lielums ir atkarīgs no vērtības iepriekšējā laika momentā. Bet, pretnostatot datus Skype dzīves ciklam, ir iespējams prognozēt turpmāko tehnoloģijas attīstību un konstruēt novērtējamās tehnoloģijas ilgspējas $Sus_T^i(t)$ indeksa līkni, kas ļauj uzskatāmi salīdzināt novērtējamās tehnoloģijas un populārās tehnoloģijas Skype ilgspēju:

$$IASAM_T^i index(t) = \langle Sus_T^i(t), Sus_T^{skype}(t) \rangle \quad (3.8)$$

, kur

$Sus_T^i(t)$ – novērtējamās tehnoloģijas ilgspējas indeksa līkne

$Sus_T^{skype}(t)$ – Skype ilgspējas līkne



3.4. att. Mērķa modeļa IASAM3 indeksa līknes attiecinājums pret Skype references līkni [4]

Tādējādi līkne Skype(t) ir uzlūkojama par atbalsta līkni IASAM3 indeksam (t), un ir iespējams veikt IASAM3 aprēķinu jebkurā brīvi izvēlēta laika momentā, iegūstot N vērtības un to izmaiņas attiecinātas pret Skype dzīves cikla references līkni. Līdz ar to mērījumu rezultāti var tikt vizuāli attēloti un interpretēti, izmantojot Skype (sk. 3.4. attēlu.). Šāda pieceja padara IASAM3 rezultātus saprotamākus, ļauj vienkāršot interpretācijas procesu un ir lietotājam draudzīgāka [5].

Šajā posmā arī precizēti novērtējuma kritēriji, ņemot vērā projektu CHOReOS un FUPOL pieredzi un lietotāju komentārus, novērsta iespējamā dublēšanās, galarezultātā nonākot pie 47 ilgtspējas un 12 pieņemšanas novērtēšanas jautājumiem (versiju salīdzinājumu sk. 3.16. tabulā.).

3.3.4. Skype references līknes konstruēšana

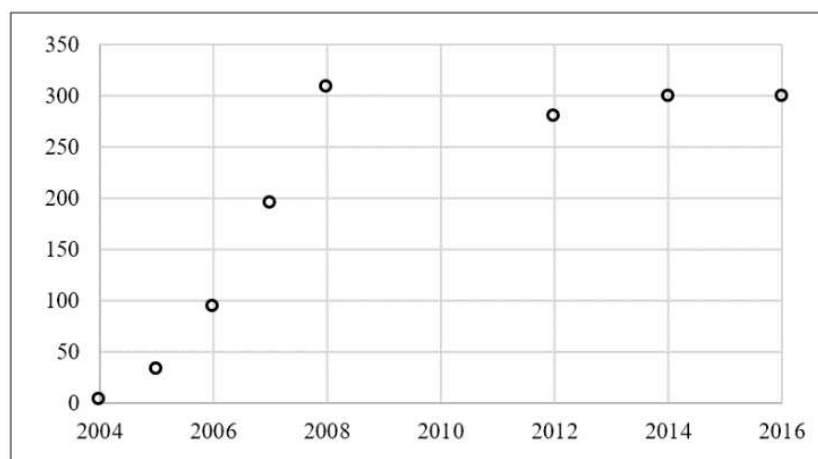
Skype izvēlēts kā tehnoloģija, ar kuru salīdzināt IASAM3 mērījumus, vairāku ar tā raksturojumu un iegūto popularitāti saistītu apstākļu dēļ. Skype pārstāv vienu no pirmajiem un veiksmīgākajiem mēģinājumiem apvienot divus dažādus tehnoloģiskus jauninājumus balss saziņai. Proti, Skype dibinātāji ieviesa IP balss pārraides (VoIP jeb *voice-over-IP*) funkcionalitāti, kas izmantoja vienādranga (P2P jeb *peer-to-peer*) komunikāciju un nodrošināja telefona līniju sniegtajiem pakalpojumiem līdzvērtīgas kvalitātes audio pakalpojumu internetā. Izmantotā P2P tehnoloģija pieļāva arī paplašināt funkcionalitāti ar tūlītējās ziņapmaiņas, failu koplietošanas u.c. iespējām. Tas viss tika apvienots, lai nodrošinātu balss pakalpojumu un papildpakalpojumu pakotni par zemāko iespējamo cenu un konkurētu ar esošajiem balss pakalpojumiem. Lai arī abas tehnoloģijas – gan VoIP, gan P2P – tobrīd bija jaunas un katra par sevi pietiekami inovatīva, tomēr to unikālā kombinācija Skype ļāva radikāli mainīt telekomunikāciju iespējas [94].

Turklāt par Skype attīstības sākumposmu publiski pieejams pietiekams apjoms informācijas, ieskaitot Skype panākumus Internet pakalpojumu tirgū [4]. Piemēram, dati par reģistrēto lietotāju skaitu uzrāda stabilu augšupeju laika posmā līdz 2009. gadam [100]. Lai arī lietotāju skaits ne vienmēr nosaka ilgtspēju, šajā gadījumā atbalsta līknes vajadzībām šie dati uzskatāmi par piemērotiem.

Tomēr Skype savā attīstībā pašlaik vēl nav piedzīvojis pilnu dzīves ciklu, tāpēc, izmantojot citu tehnoloģiju attīstības rādītājus un to dinamiku, nepieciešams vispirms prognozēt pilnu Skype dzīves ciklu. Pēc tam, kad 2011. gadā Microsoft

iegādājās Skype, publiski vairs netiek izplatīta lietotāju statistika. Līdz ar to pēc 2011. gada pieejami tikai pārsvarā savstarpēji nesaistīti un izkaisīti datu punkti – piemēram, kopējais zvanu ilgums mēnesī vai Skype biznesam domātās versijas lejupielāžu skaits. Turklāt, ņemot vērā to, ka Skype tiek automātiski iekļauts kā Microsoft operētājsistēmas pamata programmatūra, reģistrēto lietotāju skaits, visdrīzāk, nesamazinās, tomēr neuzrāda faktisko lietotāju skaitu.

Tomēr, apkopojot publiski pieejamo informāciju par Skype attīstības tempu pirms pievienošanās Microsoft un atsevišķos paziņojumos izskanējušo informāciju pēc tam, var secināt, ka pēc Microsoft darījuma, Skype popularitāte kādu laiku, iespējams, pieauga, tomēr kopumā pašlaik vērojama stagnācija un Skype, visdrīzāk, jau ir sasniedzis savas attīstības augstāko punktu jeb brieduma fāzi. Proti, 2012. gadā Skype CEO T. Beits (*Bates*) paziņoja, ka Skype sasniedzis 254 milj. lietotāju mēnesī [75], kamēr Skype publicētais pārskats tā paša gada novembrī norāda uz 280 miljoniem [91]. Bet divus gadus vēlāk – 2014. gadā – atklājot jauno tulkošanas pakalpojumu, tiek runāts par 300 milj. lietotāju mēnesī [87]. Un vēl divus gadus vēlāk arī 2016. gada pavasarī Microsoft izpilddirektors S. Nadella (*Nadella*) paziņo par 300 milj. ikmēneša lietotājiem [33]. Grafisks pieejamās informācijas attēlojums redzams 3.5. attēlā.



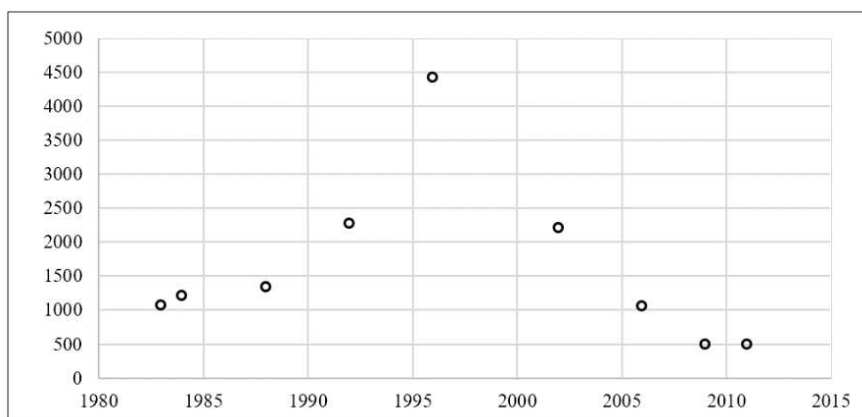
3.5. att. Pieejamie datu punkti par Skype ikmēneša lietotāju skaita izmaiņām laika periodā no 2004.-2016. (milj.) [33], [75], [87], [91]

Tādējādi izriet, ka Skype tehnoloģijas augšupejai ir izmantojami līdz šim pieejamie dati, bet tehnoloģijas norieta prognozi nepieciešams konstruēt no matemātiski apstrādātiem citu tehnoloģiju datiem.

Tāpēc, analizējot datus par šo tehnoloģiju dzīves ciklu, pirmkārt, konstruēta Skype norieta prognoze un, otrkārt, uz tās pamata tālāk attīstīts IASAM3 modelis. Šīm citām tehnoloģijām arīdzan jābūt inovācijām, kas mainījušas līdz tam ierasto vidi savā nozarē, ir bijušas savā ziņā radikālas inovācijas un nesušas plašākas tehnoloģiskās izmaiņas. Vienlaikus jāņem vērā jaunākās tendences – nepārtraukta komunikācijas iespēju paplašināšanās, globalizācijas tempa pieaugums un tehnoloģiju dzīves cikla saīsināšanās. Tāpēc izvēlētajām tehnoloģijām jābūt relatīvi jaunām.

Izvēlētas šādas tehnoloģijas un dati:

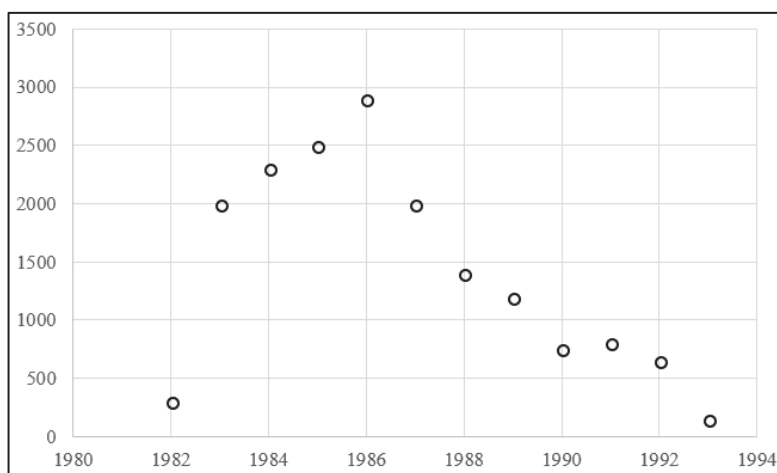
- Peidžeris – iekārta, kas uztver individuālus radio ziņojumus. Lai arī peidžera tipa ierīces tika izmantotas arī agrāk, par nosacītu masu patēriņa produkta dzīves cikla sākumu var uzskatīt 1959. gadu, kad kompānija “Motorola” piedāvāja saviem lietotājiem ierīci, ko dēvēja par peidžeri. Tomēr tā izplatība pieauga samērā lēnu un 1980. gadā pasaulē bija 3,2 miljoni peidžeru lietotāju. Viens no būtiskiem ierobežojumiem bija ierobežots apraides areāls – tie bija lokāli izmantojami un tos visbiežāk izmantoja komunikācijai kritiskās situācijās konkrēta objekta iekšienē, piemēram, ārstu apziņošanai slimnīcas ietvaros. 1990. gadā lietotāju skaits bija sasniedzis 22 miljonus un notika straujš popularitātes lēciens, 1994. gadā sasniedzot 61 miljonu lietotājus. Tomēr 1990to gadu beigās, tirgū aktīvi ienākot mobilajiem tālruņiem, peidžeru lietotāju skaits strauji saruka [20], [98]. Priekšstatu par peidžeru dzīves cikla raksturu sniedz dati par ienākumiem no peidžeru pakalpojumu sniegšanas. Grafisks datu attēlojums redzams 3.6. attēlā.



3.6. att. Ienākumi no peidžeru pakalpojumu sniegšanas ASV 1983.-2011. (miljoni USD) [88]

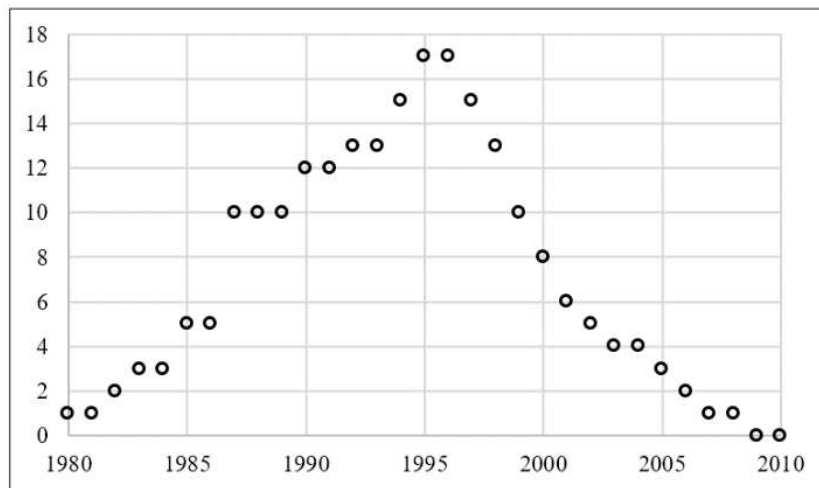
- Commodore 64 [77] (arī C64 vai CBM64) ir 8-bitu mājas dators, ko ieviesa 1982. gadā. Tam nebija displeja, un to vajadzēja pieslēgt televizoram.

Commodor 64 izmantoja teksta apstrādei, kā arī primitīvām spēlēm. Kopā pārdodot aptuveni 17 miljonus ierīču, tas ir kļuvis par vispārdotāko datora modeli. Faktiski Commodore 64 iedzīvināja ideju par personālo datoru mājsaimniecībā, jo bija ievērojami jaudīgāks un lētāks par saviem tā laika konkurentiem – Apple II, IBM PC, un TRS-80. Commodore 64 ir iekļauts žurnāla “Time” piecdesmit visu laiku ietekmīgāko rīku (*gadgets*) sarakstā [38]. Grafisks datu attēlojums redzams 3.7. attēlā.



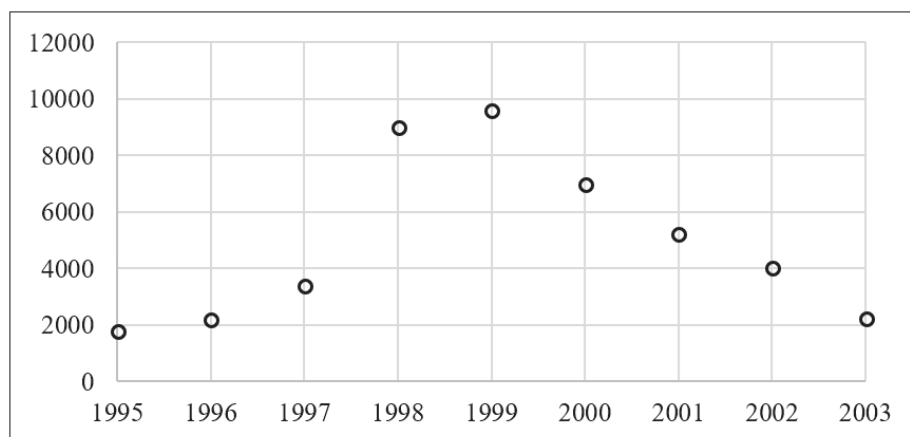
3.7. att. Commodore 64 pārdoto ierīču skaits (tūkst.) [105]

- Sony Walkman pārnēsājamais audiokasešu atskaņotājs tika prezentēts 1979. gadā, un tas būtiski mainīja mūzikas industriju un to, kā un kur cilvēki klausās mūziku. Tas ļāva mūzikas klausīšanās pieredzi padarīt ļoti personisku un individuālu neatkarīgi no cilvēka atrašanās vietas un apkārtējo cilvēku viedokļa [104]. 2009. gadā tehnoloģiju žurnāls “T3 Magazine” nodēvēja Sony Walkman par būtiskāko mūzikas industrijas inovāciju 50 gadu periodā [120], atstājot MP3 formātu un Apple iPod aiz Sony Walkman. To pārtrauca ražot 2010. gadā [46], tomēr Walkman zīmolu Sony savās tehnoloģijās aizvien izmanto. Žurnāls “Time” 2016. gadā iekļāva arī Sony Walkman piecdesmit visu laiku ietekmīgāko rīku (*gadgets*) sarakstā [38]. Grafisks datu attēlojums redzams 3.8. attēlā.



3.8. att. Sony Walkman pārdoto audiokasešu atskaņotāju skaits (milj.) [104]

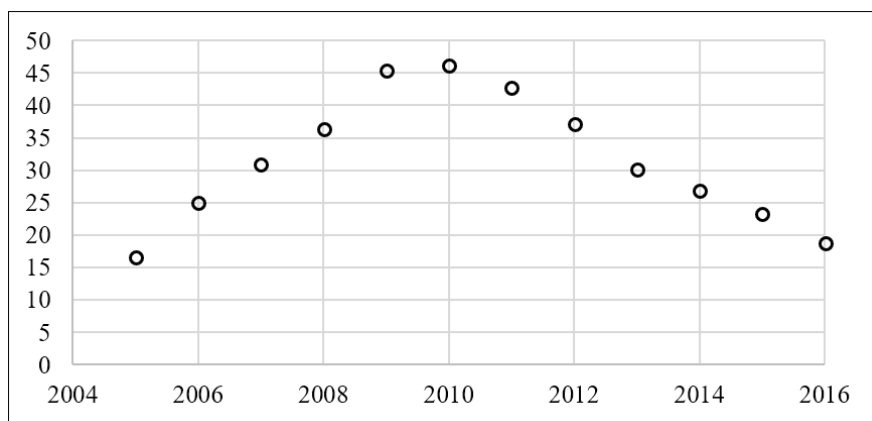
- ZIP drive tika izlaists 1995. gadā, un šis mazais pārnēsājamais diskdzinis pārsvarā tika izmantots, lai veidotu rezerves kopijas un arhivētu personālo datoru failus. Preču zīmi izstrādāja un attīstīja uzņēmums “Iomega Corporation”, un zīmols tika veidots kā cenas ziņā pieejams masu produkts, kas ļāva sasniegt personālo datoru lietotājiem vairākus mērķus – risināt cietā diska ierobežotās ietilpības problēmu, ļāva pārnēsāt datus starp datoriem un veicināt datu drošību, veidojot rezerves kopijas [61]. Lai arī ZIP drive tā arī neizkonkurēja Floppy Disk jeb disketi, tomēr tas ļāva iegūt 100 MB papildu vietu, kas bija ievērojami vairāk nekā ļāva apstrādāt personālajos datoros iebūvētie divi diskešu lasītāji. Dažus gadus vēlāk CD-RW tehnoloģijas pilnībā izkonkurēja ZIP drive. Tomēr tas tiek dēvēts par vienu no 90to gadu labākajiem rīkiem [23]. Grafisks ZIP drive pārdošanas datu attēlojums redzams 3.9. attēlā.



3.9. att. ZIP drive pārdošanas dati 1995.-2003. (tūkst.) [61]

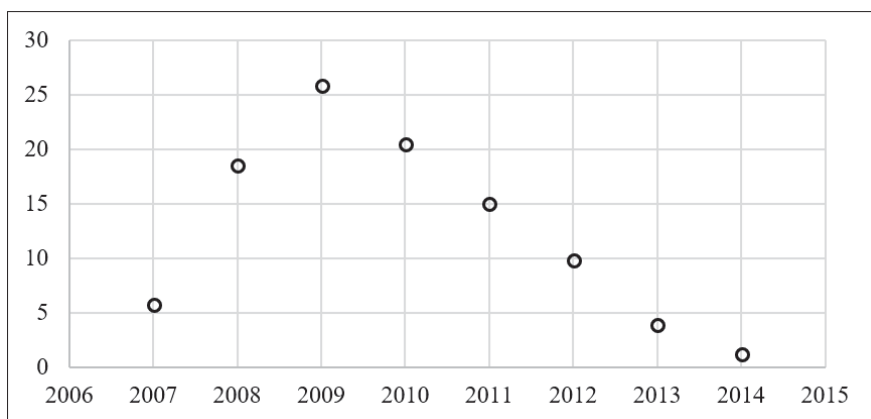
- Firefox interneta pārlūkprogramma ir bezmaksas atvērta koda pārlūks, ko izstrādāja “Mozilla Foundation” un tā meitas uzņēmums “Mozilla

Corporation”. Firefox ir pieejams uz Windows, OS X un Linux operētājsistēmām, kā arī Android mobilajām ierīcēm. Firefox tika izstrādāts 2002. gadā ar nosaukumu Phoenix. Vēl testa fāzē tas ieguva atsaucību lietotāju vidū sava ātruma, drošības un, salīdzinot ar tolaik populārā Internet Explorer 6 iespējām, arī daudzo papildinājumu, kas padarīja tā lietošanu ievērojami ērtāku, dēļ. Oficiālā Firefox izplatīšana sākta 2004. gadā, un pirmajos deviņos mēnešos to lejuplādēja 60 miljoni cilvēku [82]. Tā bija pirmā reize, kad parādījās reāla konkurence Internet Explorer dominānei tirgū, un tāpēc laikraksts “Telegraph” to ir ierindojis 21. gadsimta nozīmīgāko izgudrojumu sarakstā [112]. No 2009. līdz 2011. gadam Firefox piederēja lielākā tirgus daļa, tomēr 2009. gadā izlaistais Google Chrome pakāpeniski ir palielinājis savu popularitāti līdz 2011. gada decembrī apsteidza Firefox. Grafisks datu attēlojums redzams 3.10. attēlā.



3.10. att. Firefox lietotāju īpatsvars (%) [24]

- Wii spēļu konsole, ko 2006. gadā izveidoja kompānija “Nintendo”. Wii bija konkurents tirgū jau pastāvošajām, sāncensīgajām Microsoft Xbox un Sony Play Station. Wii ieviesa attālinātu spēles vadību, kur ar speciālas pults, kas spēja noteikt kustību trīs dimensijās, palīdzību bija iespējams kontrolēt spēles vadības kursoru ekrānā. Tā bija fundamentāli cita pieeja, salīdzinot ar toreizējiem tirgus spēlētājiem, un to vēlāk pārņēma Microsoft Kinect. Līdz ar Wii tehnoloģiju paplašinājās videospēļu pielietojums, un videospēlēm pievērsās arī līdz šim vienaldzīgas lietotāju grupas, piemēram, mājsaimnieces un seniori, kas to izmantoja kā trenažieri. Lai arī sākotnējie panākumi vērtējami kā labi, pēc dažiem gadiem tā samērā strauji zaudēja popularitāti. Tomēr laikraksts “Telegraph” Wii ir ierindojis 21. gadsimta nozīmīgāko izgudrojumu sarakstā [112]. Grafisks datu attēlojums redzams 3.11. attēlā.



3.11. att. Pārdoto Wii konsoļu skaits (milj.) [85]

Pēc datu apkopošanas redzams, ka katrā no piemēriem faktiski mērīts cits tehnoloģijas attīstību un popularitāti raksturojošs lielums, un attiecīgi katrs no tiem mērīts citā skalā. Tāpēc apkopotajiem datiem jāveic normalizācija, lai tie būtu savstarpēji salīdzināmi. Normalizācija ir būtisks solis, ja parametri pieejami dažādās skalās un vērtībās, jo tā ļauj attēlot visas vērtības diapazonā [0;1]. Normalizācijai izvēlēta min-max metode.

$$z = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (3.9)$$

, kur $\min(x)$ – zemākā no x vērtībām

$\max(x)$ – lielākā no x vērtībām

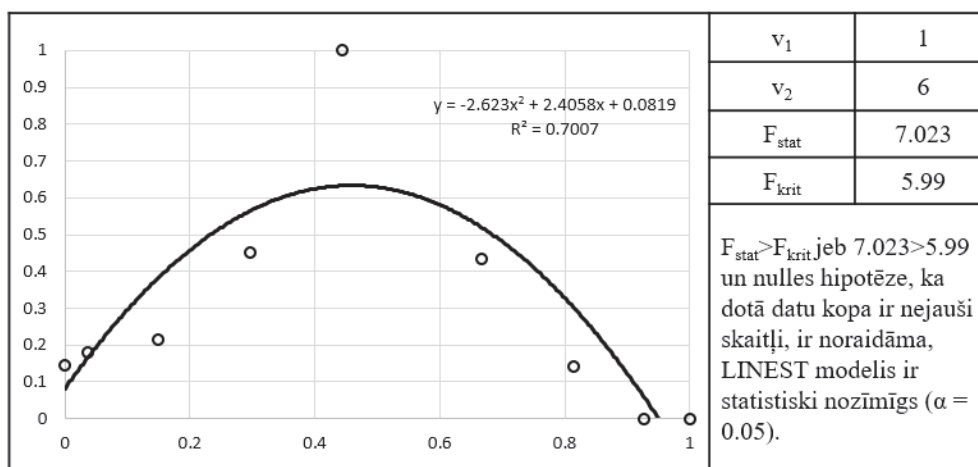
Nākamais solis ir apkopoto un normalizēto datu aproksimācija, lai no datu punktiem iegūtu līkni. Piemēros iegūto datu aproksimācijai izmantota Excel funkcija LINEST, lai aprēķinātu polinomiālās funkcijas koeficientus. Funkcija LINEST izmanto mazāko kvadrātu metodi datiem atbilstošas līknes aprēķināšanai. Ar LINEST aprēķinātās taisnes precizitāte ir atkarīga no datu izkaisījuma pakāpes [78].

Tālākai rezultātu novērtēšanai izmantoti vairāki statistikas paņēmieni. Papildus priekšrocība Excel izklājlapas funkcijai LINEST ir tā, ka funkcija atgriež arī aprēķinātā rezultāta nenoteiktības raksturlielumus (*uncertainty estimates*), kas ļauj uzreiz veikt statistiskos aprēķinus, lai noskaidrotu iegūtās līknes atbilstību (*goodness of fit*). LINEST datu interpretācijai var izmantot determinācijas koeficientu R^2 , tomēr tas tiek uzskatīts par visai virspusēju rādītāju tam, cik labi iegūtā līkne atbilst konkrētajiem datiem (*goodness of fit*). R^2 vērtība tiek aprēķināta kā kvadrātu summu attiecība. Determinācijas koeficients R^2 rāda, kādu daļu no kopējās

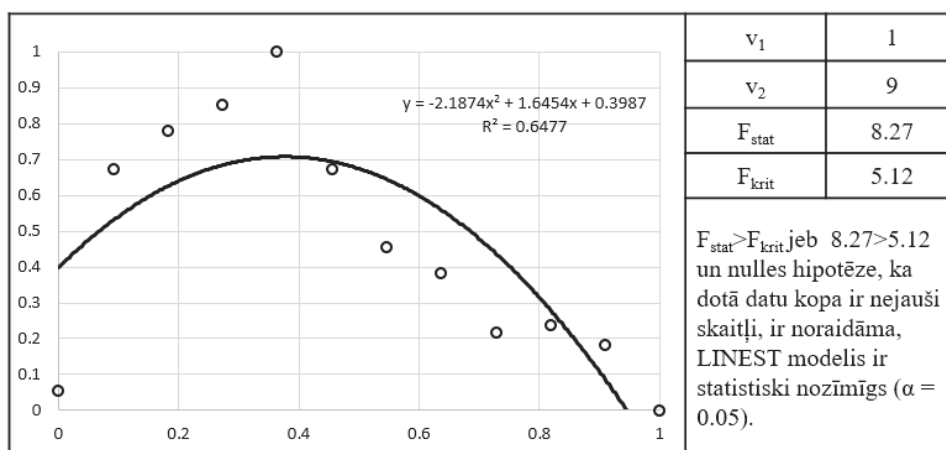
rezultatīvās pazīmes izklādes izskaidro faktoriālā pazīme. Vērtības, kas tuvas 1, ir uzskatāmas par labu rezultātu. Līdz ar to, visas aproksimācijas kopumā uzskatāmas par atbilstošām (sk. attēlus 3.12. – 3.17.). Tomēr ir arī citi, precīzāki, paņēmieni iegūtās funkcijas novērtēšanai.

Piemērots paņemiens ir Fišera tests (*F-tests* jeb *F-statistic*) – tā ir attiecība starp novirzēm, kas ar konkrēto atrasto līkni tiek izskaidrotas, un tām, kas ar atrasto līkni netiek izskaidrotas. Aprēķinot Fišera attiecību un salīdzinot to ar kritisko Fišera vērtību, iespējams veikt dispersijas analīzi. Ja $F_{stat} > F_{\alpha;v_1v_2}$ (kur F_{stat} – aprēķinātā F vērtība, bet $F_{\alpha;v_1v_2}$ – Fišera testa kritisko vērtību tabulās atrodamā vērtība pie attiecīgā brīvības pakāpju skaita ($v_1; v_2$)), tad nulles hipotēzi, ka dotā datu kopa ir nejauši skaitļi, noraida ar būtiskuma līmeni α . Ja $F_{stat} < F_{\alpha;v_1v_2}$, tad nevar noraidīt nulles hipotēzi ar būtiskuma līmeni [101].

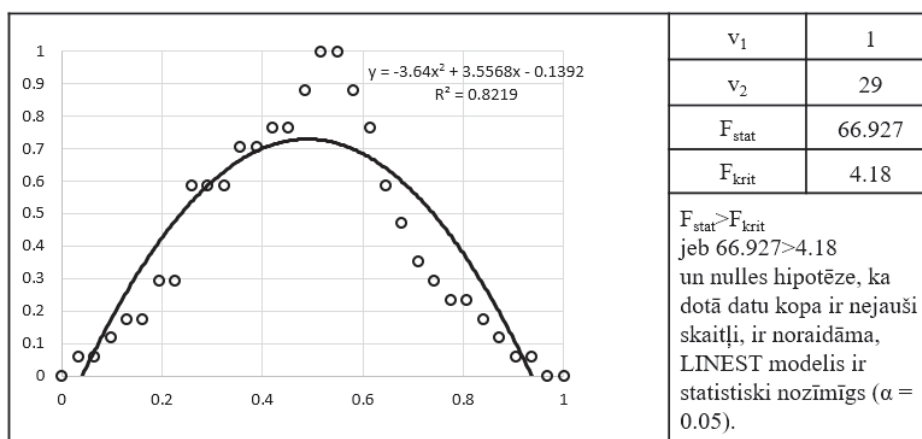
Attēlos 3.12. – 3.17. redzami visu aplūkoto tehnoloģiju piemēru datu aproksimācijas funkciju grafiskais attēlojums, kā arī polinomiālais vienādojums, determinācijas koeficients R^2 un F-testa rezultāti.



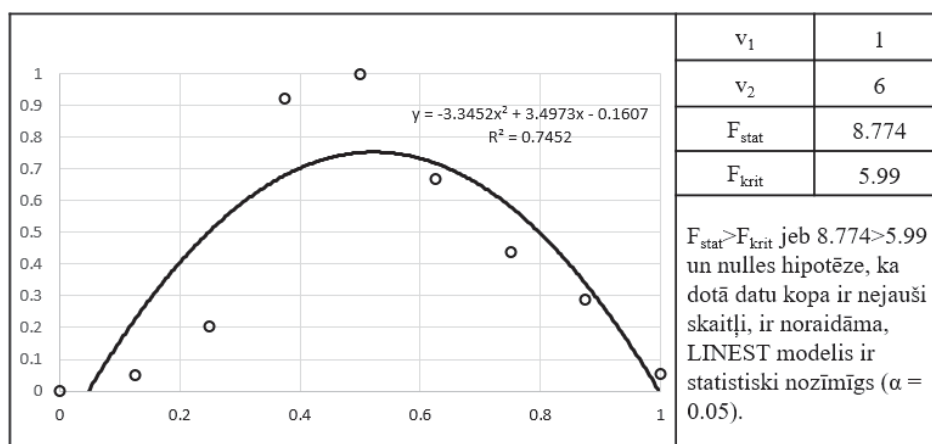
3.12. att. Normalizētie dati un aproksimācijas funkcija peidžeru pakalpojumu datiem [autores izstrādāts]



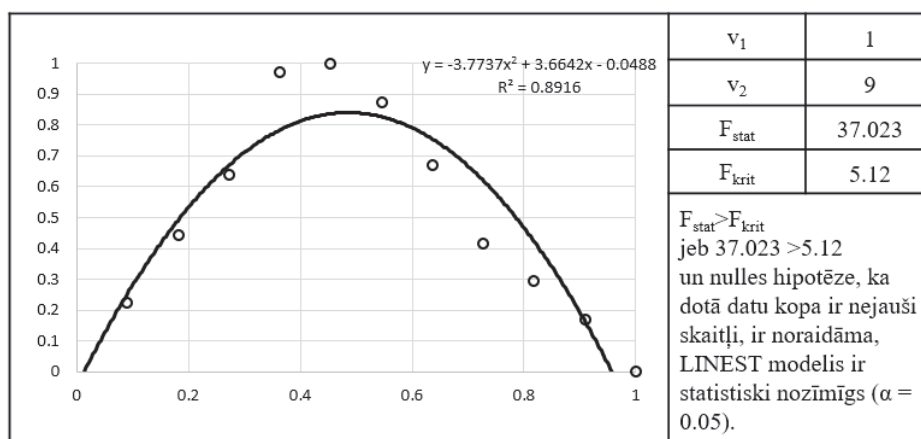
3.13. att. Normalizētie dati un aproksimācijas funkcija Commodore 64 pārdošanas datiem [autores izstrādāts]



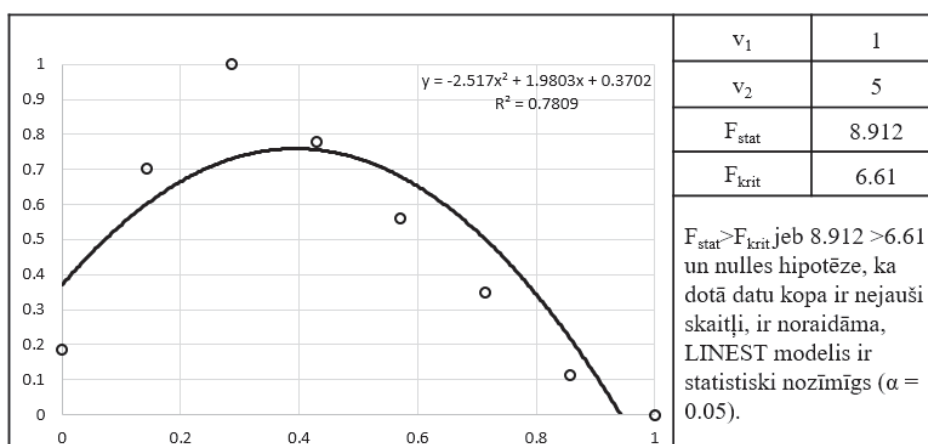
3.14. att. Normalizētie dati un aproksimācijas Sony Walkman audiokasešu atskaņotāju pārdošanas datiem [autores izstrādāts]



3.15. att. Normalizētie dati un aproksimācijas funkcija ZIP drive pārdošanas datiem [autores izstrādāts]

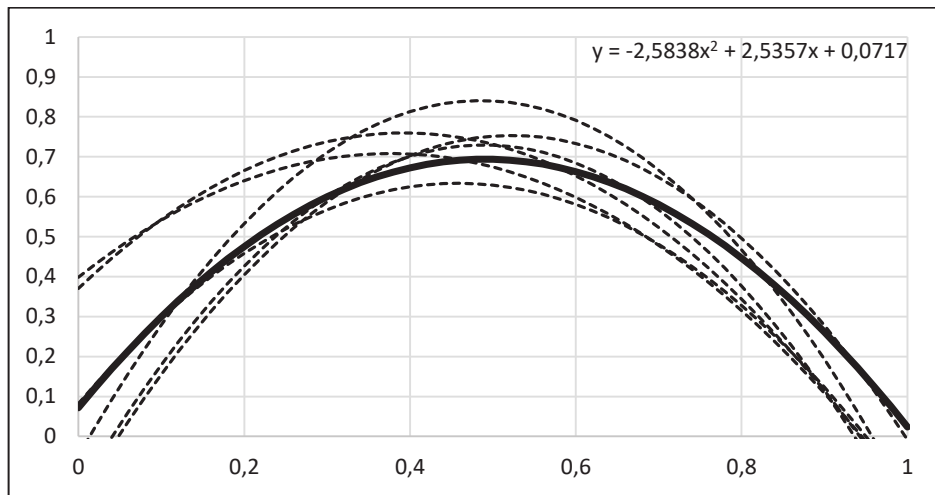


3.16. att. Normalizētie dati, aproksimācijas funkcija un F-tests Firefox lietotāju datiem [autores izstrādāts]



3.17. att. Normalizētie dati, aproksimācijas funkcija un F-tests Wii konsoļu pārdošanas datiem [autores izstrādāts]

Pēc tam, kad pārbaudīta apkopoto datu un to aproksimācijas funkciju atbilstība, aprēķināta vidējā raksturlīkne, balstoties uz visu augstākminēto tehnoloģiju datiem. Rezultāti redzami 3.18. attēlā.



3.18. att. Izvēlēto tehnoloģiju aproksimācijas funkcijas (raustītās līnijas) un vidējo vērtību līkne (biezākā līnija) [adaptēts pēc [2]]

Attiecīgi iegūto funkciju vidējās vērtības veido līkni, ko matemātiski apraksta, izmantojot polinoma funkciju:

$$Reference\ trendline = -2.5838x^2 + 2.5357x + 0.0717 \quad (3.10)$$

Šī funkcija jāsalīdzina ar zināmajiem Skype datu punktiem, lai konstruētu Skype tehnoloģijas norietu un to tālāk izmantotu IASAM3. Proti, ir jānosaka, vai var uzskatīt, ka Skype dati un iegūtās references funkcijas vērtības pieder vienai ģenerālkopai.

Ņemot vērā, ka pilns Skype dzīves cikls vēl nav novērojams, nav arī precīzas informācijas par to, kurā cikla fāzē tas atrodas – kāds ir zināmo Skype datu punktu novietojums attiecībā pret references funkciju. Kā augstāk minēts, ir pazīmes, ka tas jau piedzīvojis savu maksimumu un atrodas pirms-norietā fāzē. Tomēr, lai par to pārliecinātos, veiktas vairākas darbības. Pirmkārt, normalizētie Skype dati mērogoti attiecībā pret references funkciju un veikta grafiskā datu atbilstības novērtēšana. Tā ir viena no vienkāršākajām metodēm, kā salīdzināt atbilstību starp diviem sadalījumiem – ģeometriski aplūkojot abu sadalījumu līknes. Abu līkņu sakrišanas pakāpe raksturo sadalījumu atbilstību [10]. Tomēr tā ir pārāk aptuvena metode, tāpēc šī metode izmantota tikai, lai nonāktu pie vairākiem iespējamiem Skype attīstības scenārijiem.

Otrkārt, katra scenārija datiem veikts Kolmogorova-Smirnova tests (K-S tests), nosakot, vai atšķirības starp Skype dzīves cikla rādītājiem un references funkcijas datiem ir statistiski nozīmīgas. K-S testu lieto gan neatkarīgu, gan atkarīgu

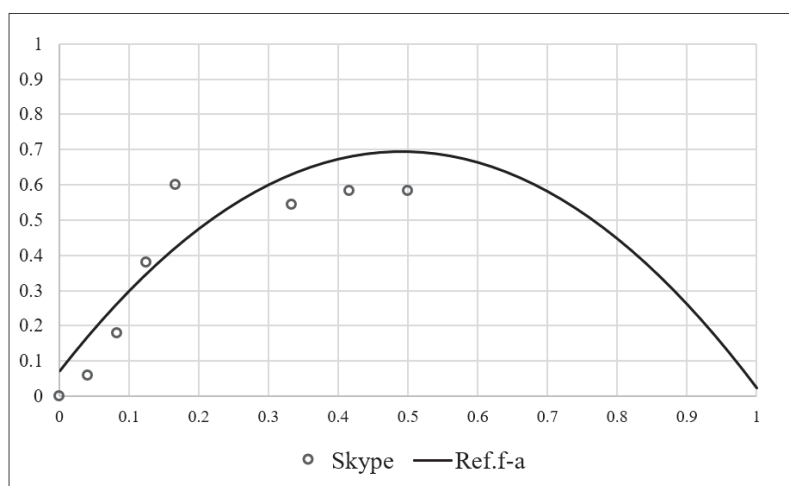
izlašu salīdzināšanai. Turklāt nav jānodrošina, lai absolūtie biežumi visās grupās būtu pietiekami lieli [66]. Šī metode balstās uz abu izlašu klašu relatīvo kumulatīvo frekvenču starpības maksimālo absolūto vērtību [10]. Analīzei izvirzītas divas hipotēzes:

H_0 : abas datu izlases ir no vienas ģenerālkopas.

H_a : datu izlases ir no dažādām ģenerālkopām.

Izmantojot K-S testu, no vizuālās novērtēšanas laikā atlasītajiem iespējamajiem scenārijiem atlasīts atbilstošākais. Proti, K-S rezultātā aprēķināta testa D_{stat} vērtība = 0,3064, kas ir mazāka par $D_{krit}(\alpha=0.05) = 0.45$, un tāpēc ar 95 % varbūtību nevar noraidīt nulles hipotēzi, ka abas datu izlases ir no vienas ģenerālkopas.

Līdz ar to ir iegūts Skype zināmo datu punktu novietojums attiecībā pret references līkni (3.19. attēls), un var secināt, ka Skype norietam var izmantot references funkciju un to turpmāk dēvēt par Skype references funkciju [2].



3.19. att. References līkne un zināmie Skype datu punkti (normalizēti) [autore izstrādāts]

Attiecīgi ar IASAM3 metodoloģiju vērtētās tehnoloģijas iegūtajam IASAM3 indeksam var pretnostatīt Skype references līkni un interpretēt IASAM3 rezultātu pret Skype potenciālu, tostarp modelēt nākotnes scenārijus.

3.3.5. IASAM versiju salīdzinoša analīze

Kopš izstrādes sākuma integrētais tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modelis un metodoloģija ir pilnveidota, un kopskaitā darba procesā ir izstrādātas trīs versijas. Pārskats par versiju atšķirībām redzams 3.16. tabulā.

Pārskats par IASAM versijām [adaptēts pēc [6]]

	IASAM	IASAM2	IASAM3
Pieņemšanas novērtējums	Potenciālo lietotāju aptauja pēc UTAUT metodoloģijas (38 apakškritēriji)	Pieci kritēriji (papildu 12 apakškritēriji) atbilstoši inovāciju difūzijas teorijai	Tāpat kā IASAM2
Ilgspējas novērtējums	49 apakškritēriji	49 apakškritēriji	47 apakškritēriji (redakcionāli precizēti, apvienoti atsevišķi apakškritēriji, lai tie būtu nepārprotami un nedublētos)
Datu iegūšanas metodes	Pašnovērtējums + potenciālo lietotāju aptauja	Pašnovērtējums	Tāpat kā IASAM2
Datu apstrāde un analīze	2 posmi – UTAUT aptaujas rezultātu analīze un vienotā IASAM rezultātu analīze	Integrētā IASAM2 analīze	Tāpat kā IASAM2 + sistēmu dinamikas iespējas
Rezultātu interpretācija	UTAUT rezultāti tiek nošķirti no IASAM rezultātiem	IASAM2 rezultāti tiek interpretēti vienkopus	IASAM3 rezultāti tiek interpretēti vienkopus un tiek salīdzināti ar Skype rezultātu
Modeļa raksturojums	Statisks	Statisks	Dinamisks

Līdztekus metodoloģijas attīstībai arī verifikācija un validācija veikta vairākos posmos. Sākotnēji validēta jau IASAM pirmā versija, novērtējot reāli eksistējošu tehnoloģiju un testējot uzrādītos rezultātus [3]. Lai izvēlētos validācijai izmantojamo tehnoloģiju, tika noteikti šādi kritēriji:

- tehnoloģija ir inovatīva;
- ir pieejama plaša informācija par tehnoloģijas izstrādes, attīstības procesu;
- tehnoloģija tirgū izrādījusies veiksmīga (darbojusies vismaz 5 gadus, piesaista aizvien jaunus lietotājus, attīstās);
- tā ir populāra un atpazīstama visā pasaulē.

Atbilstoši šiem kritērijiem tika izvēlēta interneta saziņas aplikācija Skype. Validācija apstiprināja to, ka izstrādātās metodoloģijas funkcionēšana atbilst iepriekš formulētajām prasībām.

IASAM2 versijas validācija notika pēc tāda paša principa, faktiski papildinot pirmās versijas validācijas procesa rezultātus.

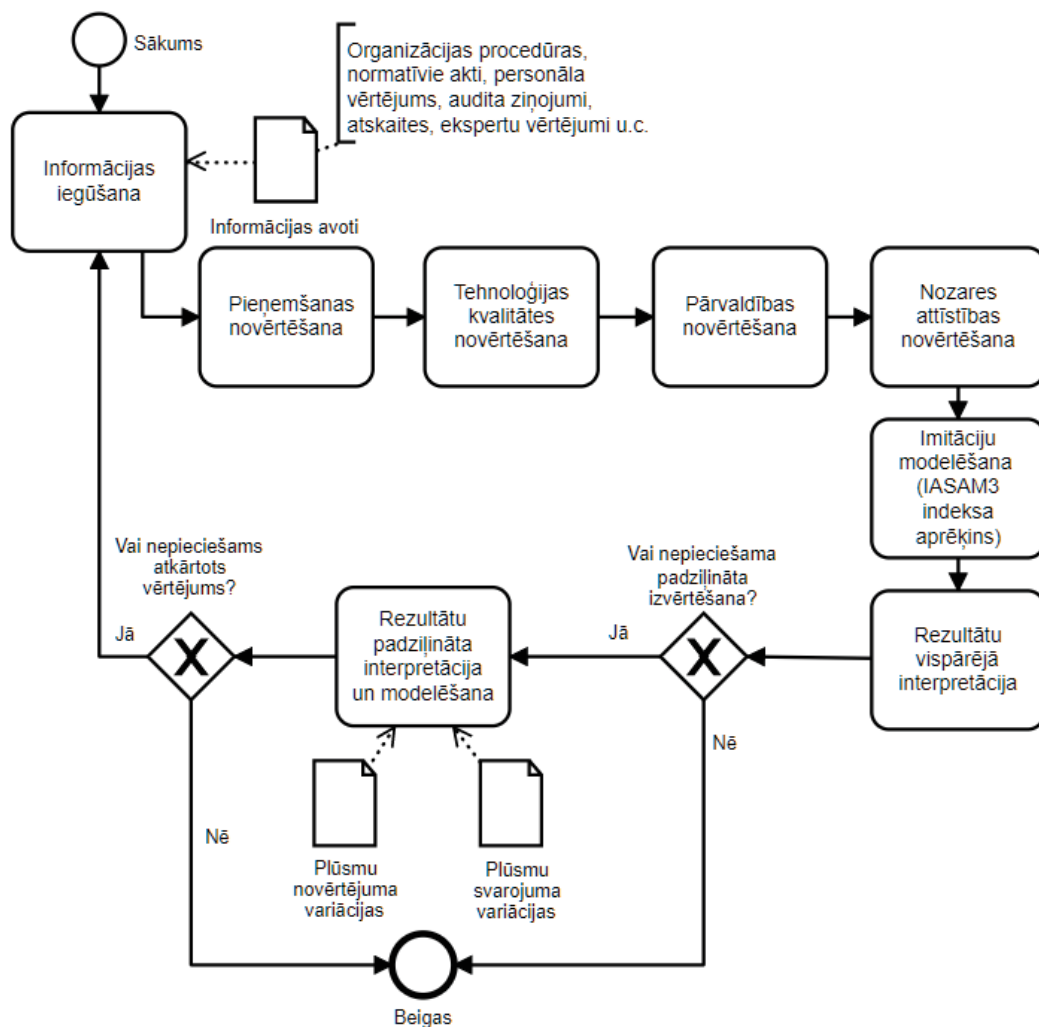
Savukārt galīgā IASAM3 versija validēta, izmantojot ekspertu metodes. Proti, izstrādātais web rīks prezentēts potenciālajiem tā lietotājiem, ļaujot patstāvīgi veikt novērtējumu un analizēt iegūtos rezultātus. Līdz ar to metodoloģijas validācija tās dažādās attīstības pakāpēs vienlaikus bija arī tās praktiskais pielietojums trīs starptautiskos projektos, kas minēti arī iepriekš:

- Eiropas Komisijas 7. ietvarprogrammas granta projektā “*Large Scale Choreographies for the Future Internet*” (CHOReOS, Nr. 257178, 2010.-2013., kas atspoguļots publikācijā Ginters, E., Aizstrauta, D., Socio-technical assessment report (D10.4) [40];
- Eiropas Komisijas 7. ietvarprogrammas granta projektā “*Future Policy Modeling*” (FUPOL, Nr. 287119, 2011.-2015.), kas atspoguļots publikācijā Ginters, E., Aizstrauts, A., Aizstrauta, D. Fupol Policy Simulators maintenance and integration (D4.8.) [52];
- Eiropas Komisijas FLAG-ERA projektā “*Large scale experiments and simulations for the second generation of FuturICT*” (FuturICT 2.0, 2017.-2020.).

Savukārt IASAM3 web rīka verifikācijas nolūkiem veikta vairāku kontrolpiemēru novērtēšana. Izvēēti iespējami dažādu tehnoloģiju piemēri, ar kuriem rīks pārbaudīts gan kopumā, gan pa atsevišķām komponentēm. Testa nolūkiem izmantotie piemēri aptvēra gan “veiksmes stāstus”, gan neveiksmīgos piemērus.

3.4. IASAM3 metodoloģijas darbības princips un novērtēšanas web rīks

IASAM3 metodoloģijas pamatā ir pašvērtējums – izstrādātājs vai cita ieinteresētā puse veic novērtējumu, izmantojot sev pieejamo informāciju un savu subjektīvo attieksmi pret to. IASAM3 balstās pieņēmumā, ka vērtētājs vēlas iegūt iespējami precīzu rezultātu un tādēļ novērtēs situāciju iespējami objektīvi. Saskaņā ar IASAM3 metodoloģiju novērtēšanas process ir sadalāms vairākos secīgos etapos. Šī procesa grafiskais attēlojums BPMN2 notācijā redzams 3.20. attēlā.



3.20. att. Tehnoloģijas novērtēšanas process ar IASAM3 metodoloģiju BPMN2 notācijā [autore izstrādāts]

Tehnoloģijas novērtēšanas procesu nosacīti var sadalīt piecos etapos.

Pirmais novērtēšanas etaps. Informācijas iegūšana.

Novērtēšanas procesā vērtētājam jānovērtē, cik lielā mērā var piekrist 59 apgalvojumiem, no kuriem katrs atbilst vienam apakškritērijam. Visi apakškritēriji iedalāmi četrās tematiskajās grupās, ko, izmantojot sistēmu dinamikas terminoloģiju, dēvē par plūsmām – pārvaldība, tehnoloģijas kvalitāte, tehnoloģijas pieņemšana un nozares attīstība. Novērtēšanas procesā vēlams pēc iespējas izmantot ticamu un pārbaudāmu informāciju par uzņēmuma iekšējām procedūrām, darbinieku novērtējumu, klientu attieksmi u.tml. Katrā no plūsmām izmantojamie informācijas avoti var atšķirties. 3.17. tabulā piedāvāti piemēri, kur iegūt informāciju katras plūsmas novērtēšanai.

Informācijas avotu piemēri katrai no četrām plūsmām [autores izstrādāts]

PLŪSMA	INFORMĀCIJAS AVOTU PIEMĒRI
Pārvaldība	Organizācijas iekšējās procedūras, normatīvie akti, reglamenti, kā arī neformālā lēmumu pieņemšanas pieredze. Darbinieku, idejas autoru intervijas. Nacionālā likumdošana, informācija par potenciāliem grozījumiem.
Tehnoloģijas kvalitāte	Tehnoloģijas izstrādes metodoloģija. Tehnoloģijas izstrādē un uzturēšanā iesaistītā personāla kvalifikācija. Saņemtie ārējie novērtējumi, piemēram, drošības audita ziņojumi.
Tehnoloģijas pieņemšana	Līdzšinējās darbības rādītāji – lietotāju skaits un atsauksmes. Reklāmas un mārketinga stratēģija. Peļņas un apgrozījuma dati.
Nozares vispārīgais vērtējums	Publiski pieejamā informācija par nozares attīstību, kā arī konkurentiem. Ekspertu vērtējumi par nozares perspektīvām. Sabiedrības viedokļa pētījumi.

Otrais novērtēšanas etaps. Kritēriju novērtēšana.

IASAM3 metodoloģija paredz, ka katrs no modeļa 59 apakškritērijiem jānovērtē 7 punktu Likerta skalā. Likerta skala darba ietvaros izvēlēta galvenokārt tādēļ, ka, pirmkārt, šo skalu plaši izmanto dažādu viedokļu noskaidrošanai un tai iespējami katram pētījumam piemēroti, individualizēti risinājumi. Un, otrkārt, tāpēc, ka iepretim semantiskā diferenciāla skalai (*Osgood scale*), kas arī pēc uzbūves būtu piemērota, Likerta skala vieglāk pakļaujas tulkošanai un lokalizācijai, kas varētu būt noteicošs faktors, modeļa turpmākai pielietojamībai un izplatībai.

Izstrādājot metodoloģiju, bija nepieciešams noteikt arī piedāvāto atbilžu skaitu un to nosaukumus. Visbiežāk tiek izmantoti 5, 6 vai 7 piedāvātie atbilžu varianti, kur katram sniegts savs vārdiskais novērtējums, vai paskaidrotas tikai galējās vērtības, proti, “pilnībā nepiekrītu” un “pilnībā piekrītu” [123]. Savukārt, izdarot izvēli par labu lielākam vai mazākam piedāvāto atbilžu skaitam, jāņem vērā noteiktas likumsakarības, kas raksturīgas katram no skalu formātiem. Empīriski pētījumi uzrāda augstāku ticamību, ja tiek izmantota 5-7 punktu skala, salīdzinot ar tām, kurās mērījumu skala veidota no mazāk par 5 punktiem. Savukārt vēl plašāk definētas skalas nepaaugstina pētījuma rezultātu ticamību [32]. Nozīme ir arī tam, vai skala piedāvā pāra vai nepāra skaitu atbilžu variantu. Ja skalā izmantots pāra skaits vērtību, tad respondentam netiek atstāta izvēle sniegt neitrālu/vidēju vērtējumu, un tiek saglabāta iespēja nesniegt savu vērtējumu, ja tāda nav [28]. IASAM3 novērtēšanas metodoloģijā izvēlēta 7 punktu skala, jo apakškritēriju formulējums uzlūkojams kā progressa vērtējums, nevis nepieciešamība izvēlēties nostāju kādā bipolarā jautājumā.

Daļa no novērtēšanas procesa saskarnes IASAM3 web rīkā redzama 3.21. attēlā. Sistēma ietonē jautājumus, uz kuriem jau atbildēts.

Strategy & Planning

Ex-ante market research
 Project management has comprehensive knowledge about the market situation in the established field

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Ex-ante competitors research
 Project management has a clear notion and information about the activities of competitors as well as about competing technologies

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Ex-ante target group research
 Project management has a clear notion of the target audience and its needs

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Risk assessment
 Project management is aware of potential risks and possible activities to prevent them

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

3.21. att. Novērtēšanas skata fragments no IASAM3 web rīka

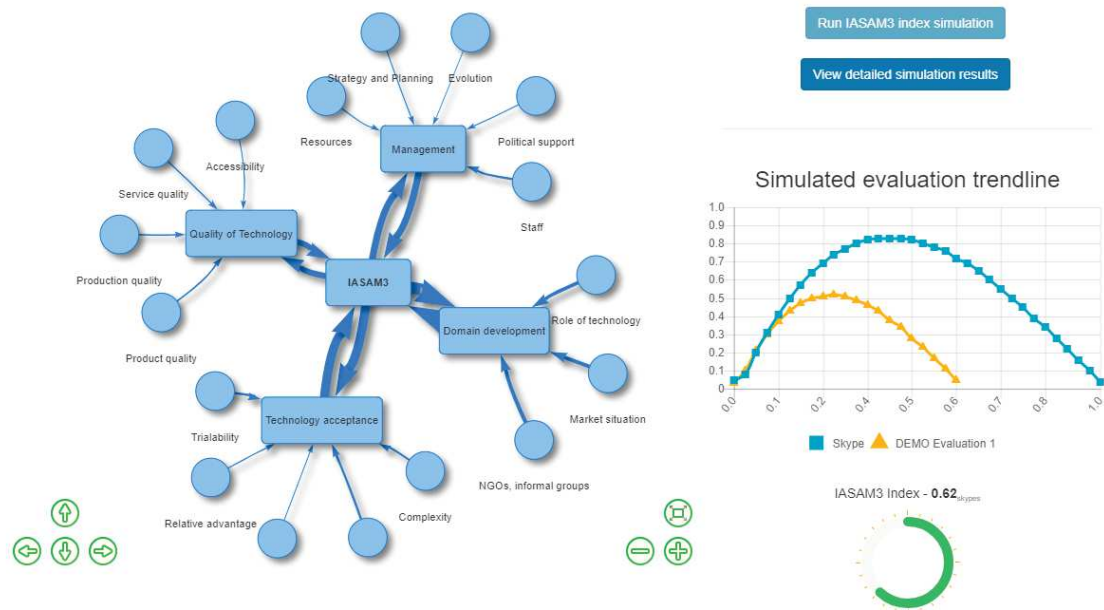
Trešais novērtēšanas etaps. Rezultātu modelēšana un IASAM3 indeksa aprēķins.

Tehnoloģijas ilgtspējas $Sus_T^i(t)$ salīdzinošai un kvantitatīvai novērtēšanai tiek izmantots $IASAM_T^i index$. Iegūtais rezultāts – IASAM3 indekss – pieder intervālam $[0;1]$. Rīks veidots, lai tā lietotājs varētu iespējami ērtā veidā nonākt pie rezultāta. Proti, IASAM3 indekss tiek aprēķināts, izmantojot diferenciālvienādojumu sistēmu, tomēr, lai lietotājam nebūtu pašam jāveic aprēķini, izstrādātais rīks ļauj strādāt tikai ar ieejas datiem un rezultātus saņemt sev ērtā un saprotamā veidā. Rezultāts tiek attēlots gan grafiski, gan skaitliski.

Integrētais tehnoloģijas ilgtspējas un pieņemšanas indekss raksturo atbilstību IASAM3 kritērijiem. Vērtētājs novērtē tā brīža situāciju, un novērtējums tādējādi raksturo tehnoloģijas ilgtspēju konkrētajā laika momentā. Ja mainās situācija, novērtējumu var veikt vēlreiz.

3.22. attēlā redzams IASAM3 imitāciju modelēšanas skats. Tajā attēlots IASAM3 strukturālais modelis, kā arī pēc modelēšanas redzama IASAM3 indeksa vērtība un tehnoloģijas ilgtspējas līkne.

DEMO Evaluation 1 simulation



3.22. att. IASAM3 saskarne – IASAM3 struktūra un imitācijas modelēšanas rezultāts

Ceturtais novērtēšanas etaps. Rezultātu vispārīgā interpretācija.

Lai atvieglotu iegūtā rezultāta interpretāciju, izveidota tabula, ar kuras palīdzību novērtējuma veicējam ir vienkāršāk interpretēt IASAM3 indeksa skaitlisko vērtību. IASAM3 indeksa vērtību apraksta tabulas (3.18. tabula) pamatā ir ilgtspējas koeficienta iespējamās vērtības, kas sadalītas intervālos, iezīmējot galvenās novērtēšanas rezultātu pazīmes.

3.18. tabula

Iegūtās IASAM3 indeksa vērtības interpretācija

IASAM3 INDEKSA VĒRTĪBA	APRAKSTS
[0 – 0,25)	IASAM3 kritēriji saņēmuši zemu novērtējumu. Daudzi no kritērijiem, kas saistīti ar pārvaldību, tehnoloģijas kvalitāti, pieņemšanu un nozares attīstību nav realizēti vai plānoti pietiekami augstā līmenī. Tehnoloģija atbilst IASAM3 kritērijiem zemā līmenī un nevar tikt vērtēta kā potenciāli veiksmīga no pieņemšanas un ilgtspējas perspektīvas.
[0,25 – 0,5)	IASAM3 kritēriji ir saņēmuši zemus vai vidējus novērtējumus. Lai arī daļa no jautājumiem, kas saistās ar tehnoloģijas izstrādi, ir pārdomāti un tiek realizēti pietiekami labā līmenī, lielākā daļa no tiem palikuši neskaidri un negatīvi ietekmē pārvaldību, tehnoloģijas kvalitāti, pieņemšanu.

[0,5 – 0,75)	IASAM3 kritēriji saņēmuši vidējus un augstus novērtējumus. Nozīmīgi jautājumi, kas attiecas uz pārvaldību, tehnoloģijas kvalitāti, pieņemšanu un nozares attīstību tiek realizēti vai ir plānoti pietiekami augstā līmenī. Tehnoloģija kopumā labi atbilst IASAM3 kritērijiem. Tehnoloģijas pieņemšana un ilgtspēja pašlaik, iespējams, vērtējama kā daudzsoļīga un tai ir izredzes kļūt par plaši pieņemtu un ilgtspējīgu tehnoloģiju. Tam nepieciešams saglabāt līdzšinējās pozitīvās tehnoloģijas izstrādes procesa iezīmes un turpināt strādāt pie to kritēriju un apakškritēriju uzlabojumiem, kas saņēmuši zemāku novērtējumu.
[0,75 – 1]	IASAM3 kritēriji ir saņēmuši augstus novērtējumus. Nozīmīgi jautājumi attiecībā uz pārvaldību, tehnoloģijas kvalitāti, pieņemšanu un nozares attīstību tiek realizēti/plānoti augstā līmenī. Tehnoloģija kopumā ļoti labi atbilst IASAM3 kritērijiem, un tās izstrādes process un tā galarezultāts atbilst iesaistīto pušu vajadzībām. Visticamāk, tehnoloģija tiks vai jau tagad tiek pieņemta mērķa grupā.

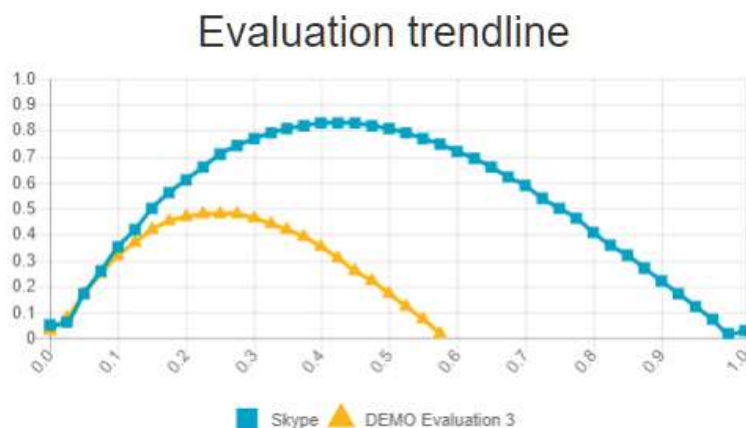
Tomēr 3.18. tabulā iekļautā interpretācija un sistēmas piedāvātie grafiskie attēlojumi sniedz tikai kopējo novērtējumu un vērtēšanas procesā ir ieteicams analizēt iegūtos rezultātus arī padziļināti.

Piektais novērtēšanas etaps. Rezultātu padziļinātā interpretācija un scenāriju analīze.

IASAM3 web rīka padziļinātās analīzes skats lietotājam ļauj savu novērtējumu apskatīt no vairākiem aspektiem – salīdzināt to ar Skype attīstības cikla līkni, eksperimentēt ar sava novērtējuma vērtībām un pielāgot IASAM3 kritēriju svarojumu atbilstoši konkrētās tehnoloģijas specifikai. Rezultātu padziļinātās analīzes skata elementi redzami attēlos 3.23., 3.24. un 3.25.

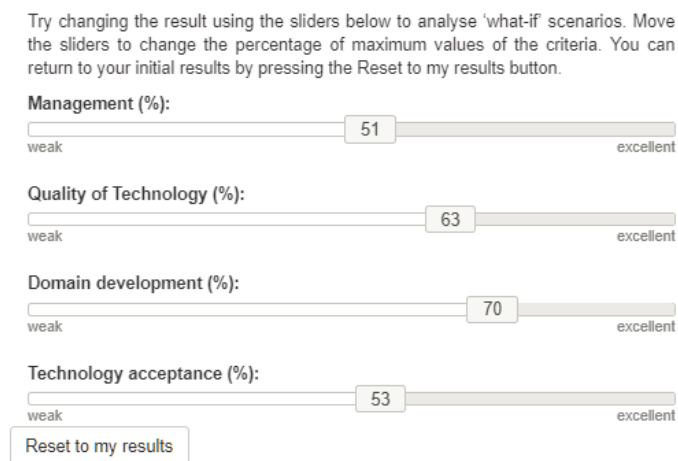
Padziļinātājā analīzes skatā ir attēlots grafiks ar novērtējamās tehnoloģijas attīstības līkni kopā ar Skype attīstības cikla līkni (3.23. attēls). Aplūkojot to, lietotājs var novērtēt, cik lielā mērā viņa tehnoloģija tuvinās Skype attīstības līknei. Atbilstoši IASAM3 metodoloģijai, jo tuvāk novērtētā tehnoloģija ir Skype attīstības līknei, jo augstāka tiek prognozēta novērtējamās tehnoloģijas ilgtspēja.

DEMO Evaluation 3 results



3.23. att. Novērtējamās tehnoloģijas un Skype attīstības līkne

Papildus lietotājam ir iespēja eksperimentēt, kā mainītos tehnoloģijas attīstības līkne, ja kritēriju novērtējums būtu citādāks. Bīdslēgi (sk. 3.24. att.) ļauj manipulēt ar katru no četrām IASAM3 plūsmām – to procentuālajām vērtībām. Proti, lietotājam ir iespēja apskatīties, kāds būtu novērtējums, ja kāda no plūsmām būtu ieguvusi maksimālo novērtējumu. Piemēram, ja Pārvaldības plūsmā ir iegūts 60 % no maksimālā iegūstamā vērtējuma, tad lietotājs ar bīdslēgu var ērti apskatīties, kāds būtu IASAM3 indekss, ja viņš būtu ieguvis 100 %, nevis 60 %.



3.24. att. Bīdslēgi “*what-if*” scenāriju modelēšanai

Pēc noklusējuma web rīks atbilstoši IASAM3 metodoloģijai paredz, ka katra plūsma vienādi ietekmē galīgo IASAM3 indeksa vērtību. Lai pielāgotos mainīgu situāciju dažādībai, web rīkā iekļauta iespēja mainīt četru pamata plūsmu svarojumu, lai pēc vajadzības pielāgotu IASAM3 sava projekta vajadzībām (sk. 3.35. att.). Tādā

veidā lietotājs var padarīt kādas konkrētas plūsmas novērtējumu svarīgāku par citu plūsmu novērtējumiem. Mainot svorojumu, web rīks automātiski pielāgo katra kritērija svorojumu un veic aprēķinus. Tas ļauj paplašināt IASAM3 pielietojuma iespējas, un tādējādi tiek respektēta sociotehnisku sistēmu daudzveidība.

Weight of each flow

You can manually assign weight of the flows to customize the calculations of IASAM3 Index according to your needs. The sum of wight of all flows must be 100 otherwise you will not be able to save your input.

Management weight [0-100]

Quality of Technology weight [0-100]

Domain development weight [0-100]

Technology acceptance weight [0-100]

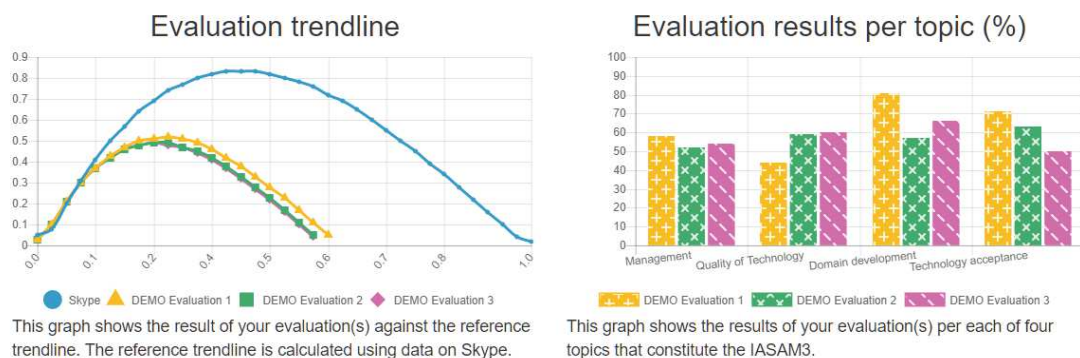
Save weights 100/100

3.25. att. Plūsmu svorojuma vērtību ievades forma

Pēc noklusējuma rezultāta aprēķinā ievēroti trīs principi, kas nodrošina katram apakškritērijam vienādu svorojumu, kas nebūtu atkarīgs no apakškritēriju un jautājumu skaita katram kritērijam:

- visām četrām IASAM3 pamatplūsmām ir vienāds svars (tātad 25 % no kopējā iegūstamā vērtējuma);
- kritēriji vienmērīgi sadala šos 25 % katras plūsmas ietvaros – katram kritērijam tiek piemērots koeficients atbilstoši kritēriju skaitam plūsmā.
- tāpat arī apakškritēriju līmenī kritērija svars tiek vienmērīgi sadalīts starp apakškritērijiem.

Visbeidzot, ja lietotājs atkārtoti vērtē vienu tehnoloģiju, piemēram, pēc izmaiņu ieviešanas, web rīks papildus sniedz iespēju savstarpēji salīdzināt rezultātus ar citiem lietotāja veiktajiem novērtējumiem vienas tehnoloģijas novērtējumu ietvaros, kā arī aplūkot vērtējumu pa plūsmām – pārvaldība, tehnoloģijas kvalitāte, tehnoloģijas pieņemšana un nozares attīstība (3.26. attēls). Kritēriji vai to grupas, kas saņēmuši zemāku novērtējumu var būt par pamatu izstrādātāja turpmākās rīcības plānošanai un tikt izmantoti kā nepieciešamo pilnveidojumu vadlīnijas.



3.26. att. Vairāku vienas tehnoloģijas novērtējumu salīdzināšanas skats

3.26. attēla kreisajā pusē redzama IASAM3 līkne, kura attēlo visus lietotāja vērtējumus konkrētajai tehnoloģijai, savukārt labajā pusē redzams visu vērtējumu atbilžu sadalījums pa plūsmām. Iekļautā iespēja salīdzināt vairākus vienas tehnoloģijas novērtējumus ļauj ērti sekot līdzi tehnoloģijas attīstībai un plānot turpmākos soļus.

SECINĀJUMI

Promocijas darba mērķis bija izstrādāt integrētu tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modeli un tā izmantošanas metodoloģiju. Mērķa sasniegšanai tika definēti uzdevumi, un tie darba izstrādes gaitā ir izpildīti:

- apzinātas noteicošās teorijas un metodoloģijas, kas analizē tehnoloģiju pieņemšanu – tehnoloģiju pieņemšanas modelis (TAM) un apvienotā tehnoloģiju pieņemšanas un lietošanas teorija (UTAUT), kā arī tehnoloģiju dzīves cikla un tehnoloģiju difūzijas teorijas;
- izstrādāta tehnoloģijas ilgtspējas definīcija un definēti būtiskākie priekšnosacījumi un faktori, kas veicina tehnoloģiju ilgtspēju un kopīgi veido integrēto pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanas modeli;
- specificēti novērtējuma kritēriji un izstrādāta modeļa izmantošanas metodoloģija, kas aprobēta vairākos projektos. Kopskaitā novērtēšanas metodoloģijā iekļauti 59 pašvērtējuma apakškritēriji;
- izstrādāts tehnoloģisks risinājums – web rīks IASAM3 pielietojumam internet vidē – un tas pieejams iasam3.zmp.lv.

Darba teorētiskā vērtība – izstrādātais un aprobētais integrētais tehnoloģiju novērtēšanas modelis apvieno kritērijus, kas ietekmē tehnoloģijas pieņemšanu un ilgtspēju, un piedāvā tā realizāciju, izmantojot imitāciju modelēšanas, konkrēti, sistēmu dinamikas paņēmienus. Promocijas darbs paplašina līdzšinējo tehnoloģiju pieņemšanas pētījumu robežas ar starpdisciplināru skatījumu – iekļaujot virkni kritēriju, kas raksturo pašu tehnoloģiju, tās izstrādes procesu, sabiedrību un vidi, kurā tā tiks lietota. Tas piedāvā uzlūkot tehnoloģiju izstrādes un pieņemšanas jeb inovācijas procesu kā sociotehnisku sistēmu. Tādējādi tiek nodrošināta teorētiskā bāze turpmākiem pētījumiem šajā jomā.

Darba zinātniskais jaunievedums – ir izstrādāta metodoloģija tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas novērtēšanai. Metodoloģija paplašina skatījumu uz tehnoloģiju pieņemšanu, kā centrālo tehnoloģisko jaunievedumu novērtēšanas aspektu izvirzot tehnoloģiju ilgtspēju.

Darba praktiskā nozīme – izstrādātais un aprobētais integrētais tehnoloģiju pieņemšanas un novērtēšanas modelis, kas balstīts uz sistēmu dinamiku, un tā praktiskais web risinājums ļauj ieinteresētajām pusēm lēmumu pieņemšanas procesa laikā saprotamā veidā un pieejamā formā nonākt pie novērtējuma. IASAM3 lietošanai

nav vajadzīgas specifiskas priekšzināšanas. Metodoloģija dažādās izstrādes stadijās aprobēta vairākos starptautiskos Eiropas Komisijas atbalstītos projektos.

Tādējādi promocijas darba rezultāti apstiprina izvirzīto hipotēzi.

Secinājumi:

1. Tehnoloģijām attīstoties aizvien straujāk un kļūstot daudzveidīgākām, organizāciju spēja pielāgoties šiem apstākļiem kļūst īpaši nozīmīga. Vienlaikus tehnoloģiju dažādība un plašais funkciju klāsts apgrūtinā lēmumu pieņemēju iespējas laikus reaģēt uz izmaiņām.
2. Aplūkotie līdzšinējie tehnoloģiju pieņemšanas pētījumi sniedz drīzāk teorētisku izpratni, kamēr to praktiskais pielietojums lēmumu pieņemšanā ir ierobežots. Trūkst metodoloģijas, kas dotu iespēju investoriem, kā arī ideju iniciatoriem novērtēt piedāvāto tehnoloģisko risinājumu ilgtspēju un veikt pamatotu ieguldījumu plānošanu. Lielāka ilgtspēja piemīt tām tehnoloģijām, kuru izstrādes process un tā galarezultāts atbilst visu iesaistīto pušu vajadzībām.
3. IT izstrādes projektu specifika saistāma ar augstu neizdošanās gadījumu īpatsvaru, tāpēc vajadzība pēc visaptverošas jaunu tehnoloģiju izvērtējuma metodikas ir īpaši augsta.
4. IASAM3 piedāvā inovatīvu un starpdisciplināru pieeju, apvienojot ar tehnoloģijas izstrādi un kvalitāti saistītos aspektus ar tehnoloģijas pieņemšanu un socioekonomisko dimensiju.
5. Tehnoloģiju izstrādes process ir uzlūkojams kā sociotehniska sistēma, kas ļauj pielietot sociotehnisku sistēmu pētniecības metodes – imitāciju modelēšanu.
6. IASAM3 balstās uz sistēmu dinamikas imitāciju modelēšanu, kas ļauj analizēt tehnoloģijas attīstības potenciālo dinamiku laikā un labāk izprast inovāciju ietekmējošos faktoros. IASAM3 lietošanai nav vajadzīgas specifiskas priekšzināšanas.
7. Tehnoloģiju dzīves cikla pētījumi liecina, ka citu tehnoloģiju attīstības raksturlielumus var izmantot salīdzināma novērtējuma iegūšanai. Tāpēc piedāvātā IASAM3 metodoloģija izmanto citu tehnoloģiju dzīves cikla

rādītājus, lai interpretētu novērtējamās tehnoloģijas ilgtspējas prognozi. Par ilgtspējas mērvienību tiek izmantots Skype dzīves cikls.

8. Skype dzīves cikla izmantošana rezultāta interpretācijā padara rezultātu saprotamāku IASAM3 lietotājam. Imitāciju modelēšanā iegūtā līkne ļauj vizuāli novērtēt tehnoloģijas potenciālu.
9. Izmantojot IASAM3, izstrādātāji, potenciālie investori un citas iesaistītās puses var brīvi izvēlēta laikā patstāvīgi gūt priekšstatu par tehnoloģijas potenciālu un pieņemt pamatotus biznesa lēmumus. Risinājums ir universāls – izmantojams dažāda veida informācijas tehnoloģijām to dažādās attīstības pakāpēs.
10. IASAM3 izvietojums internetā kā SaaS (*Software as a service* – programmatūra kā pakalpojums) nodrošina visērtāko piekļuvi IASAM3 visām ieinteresētajām pusēm – tas ir brīvi pieejams, lietotājam draudzīgs, orientēts uz lēmumu pieņemšanu.
11. IASAM3 tehniskajā risinājumā iekļautā dinamiskā vērtējumu un svarojumu pielāgošanas funkcionalitāte nodrošina, ka rīks ir elastīgs un pielāgojams dažādu lietotāju specifiskajām vajadzībām.
12. Viens no IASAM3 attīstības virzieniem būtu ļaut lietotājam pielāgot tehnoloģiju sarakstu, no kurām tiek veidota tehnoloģiju references līkne. Veicot atbalsta tehnoloģiju kopas un referenču līknes izmaiņas, ir iespējams IASAM3 metodoloģiju pielāgot citu tautsaimniecības nozaru attīstības prognozēšanai, un tas ļautu pārkāpt IT robežas.

NOBEIGUMS

Aizvien jaunas tehnoloģijas tiek radītas ļoti strauji, tās tiek pielietotas ikvienā dzīves jomā, un tās izmanto dažādas sabiedrības grupas neatkarīgi no vecuma, dzimuma, izglītības, interesēm, u.tml. To, vai jaunievedums izplatīsies lietotāju vidū un tiks realizētas tā izstrādātāju ieceres, nosaka virkne ar pašu tehnoloģiju un tās izstrādes procesu, kā arī apkārtējo vidi saistītu faktoru. Tomēr joprojām trūkst metodoloģiju, ar kurām pietiekami ticami prognozēt jaunās vai esošās tehnoloģijas ilgtspējas izredzes un tehnoloģiju izstrādātājiem, investoriem, politikas plānotājiem u.c. ir nepieciešami instrumenti lēmumu pieņemšanai.

Apzinot līdzšinējos pētījumu virzienus, konstatēts, ka tie galvenokārt orientēti uz tehnoloģiju pieņemšanas individuālajiem aspektiem. Paplašinot šo pētījumu robežas, promocijas darbā izstrādāts integrētais tehnoloģiju pieņemšanas un ilgtspējas modelis – IASAM3 – un tā izmantošanas metodoloģija. Ar tās palīdzību lēmumu pieņēmēji var novērtēt jaunus produktus vai to idejas un to atbilstību IASAM3 piedāvātajam ietvaram. Tehnoloģijas ilgtspēja ir koncepts, ar kura palīdzību novērtēt tehnoloģijas izstrādes un ieviešanas atbilstību visu iesaistīto pušu vajadzībām, lai piesaistītu ilgtermiņa lietotājus un radītu pozitīvus rezultātus atbilstoši tehnoloģijas mērķim un sākotnējiem izstrādātāju nodomiem.

Uzlūkojot tehnoloģiju izstrādes procesu kā sociotehnisku sistēmu, iespējams pielietot sociotehnisku sistēmu pētniecības metodes, piemēram, imitāciju modelēšanu. Tādējādi IASAM3 pamatā ir sistēmu dinamikas modelis jeb diferenciālvienādojumu sistēma. Metodoloģijas praktiskais risinājums veidots iespējami elastīgs, lai tas sniegtu esošās situācijas novērtējumu, kā arī ļautu lietotājam izvērtēt dažādus iespējamus attīstības scenārijus un prognozēt izmaiņas laikā. Būtiska IASAM3 potenciālā pielietojuma priekšrocība ir saprotamais un lietotājiem ar dažādām priekšzināšanām pieejamais realizācijas risinājums – web rīks.

LITERATŪRA

1. Abernathy, W.B, Clark, K.B. (1985). Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction. *Research Policy* 14 (1), 3–22. DOI: 10.1016/0048-7333(85)
2. Aizstrauta, D., Ginters, E. (2017). Using Market Data of Technologies to Build a Dynamic Integrated Acceptance and Sustainability Assessment Model. *Procedia Computer Science*, 104, 501-508. DOI: 10.1016/j.procs.2017.01.165
3. Aizstrauta, D., Celmina, A., Ginters, E., Mazza, R. (2013). Validation of Integrated Acceptance and Sustainability Assessment Methodology. *Procedia Computer Science*, 26, 33-40, Elsevier. DOI: 10.1016/j.procs.2013.12.005
4. Aizstrauta, D., Ginters, E. (2015). Integrated Acceptance and Sustainability Assessment Model Transformations into Executable System Dynamics Model. *ICTE in Regional Development*, 77, 92-97. DOI: 10.1016/j.procs.2015.12.364
5. Aizstrauta, D., Ginters, E. (2017). Sociotechnical Systems Acceptance and Sustainability Assessment using Dynamic Simulation Model IASAM3. 29th European Modeling and Simulation Symposium, EMSS 2017, Held at the International Multidisciplinary Modeling and Simulation Multiconference
6. Aizstrauta, D., Ginters, E., Piera Eroles, M.A. (2015). Applying Theory of Diffusion of Innovations to Evaluate Technology Acceptance and Sustainability. *Procedia Computer Science*, 43, 69-77. DOI: 10.1016/j.procs.2014.12.010
7. Aizstrauta, D., Ginters, E. (2013). Introducing Integrated Acceptance and Sustainability Assessment of Technologies: A Model Based on System Dynamics Simulation. In: Fernández-Izquierdo M.Á., Muñoz-Torres M.J., León R. (Eds.) *Modeling and Simulation in Engineering, Economics, and Management*. Lecture Notes in Business Information Processing, 145, 23-30, Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-38279-6_3
8. Aizstrauts, A., Aizstrauta, D., Ginters, E. (2015). Simulators Sustainability Assessment. In: Affenzeller, M., Bruzzone, G.-A., Jimenez, E., Longo, F., Merkuryev, Y., Zhang, L. (Eds.), *Proceedings of 27th European Modelling & Simulation Symposium* (EMSS 2015) 21-23 September, Bergeggi: Italy, 36-46.
9. Al-Ahmad, W., Fagih, K., Khanfar, K., Alsmara, K. (2009). A Taxonomy of an IT Project Failure: Root Causes. *International Management Review*, 5(1), 93-104.
10. Arhipova, I., Bāliņa, S. (2006). *Statistika ekonomikā un biznesā*. Rīga:

Datorzinību Centrs
11. Aunger, R. (2010). Types of Technology. <i>Technological Forecasting & Social Change</i> , 77-5, 762-782. DOI: 10.1016/j.techfore.2010.01.008
12. Badham, R., Clegg, C., Wall, T. (2000). Socio-technical Theory. In Karwowski W. (Ed.) <i>Handbook of Ergonomics</i> . New York: John Wiley
13. Baker, E.W., Al-Gahtani, S., Hubona, G.S. (2010). Cultural Impacts on Acceptance and Adoption of Information Technology in a Developing Country. <i>Journal of Global Information Management</i> , 18, 35-58. DOI: 10.4018/jgim.2010070102
14. Baller, S., Dutta, S., Lanvin, B. (2016). The Global Information Technology Report, World Economic Forum. Pieejams http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf (skatīts 10.11.2017.)
15. Barbati, M., Bruno G., Genovese, A. (2012). Applications of Agent-Based Models for Optimization Problems: A Literature Review. <i>Expert Systems with Applications</i> , 39, 6020–6028. DOI: 10.1016/j.eswa.2011.12.015
16. Barlas, Y. (2002). System Dynamics: Systemic Feedback Modeling for Policy Analysis. Pieejams http://web.boun.edu.tr/ali.saysel/ESc59M/BarlasEOLSS.pdf (skatīts 24.03.2015.)
17. Barlund, K. (2004). Sustainable Development – Concept and Action. United Nations Economic Commission for Europe. Pieejams http://www.unece.org/oes/nutshell/2004-2005/focus_sustainable_development.html (skatīts 28.03.2016.)
18. Baxter, G., Sommerville, I. (2011). Socio-technical Systems: From Design Methods to Systems Engineering. <i>Interacting with Computers</i> , 23, 4-17. DOI: 10.1016/j.intcom.2010.07.003
19. Beck, D.F. (2013). <i>Technology Development Life Cycle Processes</i> . California: Sandia National Laboratories
20. Bellis, M. (2017). History of Pagers and Beepers. Pieejams https://www.thoughtco.com/history-of-pagers-and-beepers-1992315 (skatīts 01.09.2017.)
21. Birolini, A. (2014). <i>Reliability Engineering: Theory and Practice. 7th edition</i> . Berlin: Springer Verlag. DOI: 10.1007/978-3-662-05409-3

22. Blonigen, B.A., Knittel, Ch.R., Soderbery, A. (2017). Keeping it fresh: Strategic product redesigns and welfare. <i>International Journal of Industrial Organization</i> , 53, 170-214. DOI: 10.1016/j.ijindorg.2017.04.003
23. Bracetti, A. (2012). The 90 Best Gadgets of the 90's. Pieejams http://www.complex.com/pop-culture/2012/04/the-90-best-gadgets-of-the-90s/ (skatīts 3.09.2017)
24. Browser Statistics. Pieejams http://www.w3schools.com/browsers/browsers_stats.asp (skatīts 11.04.2015).
25. Bruzzone, A., Verbraeck, A., Ginters, E. et.al. (2002). <i>Logistics Information Systems</i> , Part 1-2. – Rīga: Jumis
26. Cherns, A. (1976). The Principles of Sociotechnical Design. <i>Human Relations</i> , 29/8, 783-789. DOI: 10.1177/001872677602900806
27. Cisco (2017). Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016-2021. Pieejams https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html (skatīts 10.01.2018.)
28. Croasmun, J., T., Ostrom, L. (2011). Using Likert-Type Scales in the Social Sciences, <i>Journal of Adult Education</i> , 40/1, 19-22
29. Crossan, M.M., Apaydin, M. (2010). A Multi-Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature. <i>Journal of Management Studies</i> , 47:6, 1154-1191. DOI: 10.1111/j.1467-6486.2009.00880.x
30. Davis, F. D. (1986). A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-user Information Systems: Theory and Results. Doctoral dissertation, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology
31. Davis, F.D., Bagozzi, R.P., Warshaw, P.R., (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. <i>Management Science</i> , 35(8), 982—1003
32. Dawes, J. (2008). Do Data Characteristics Change According to the Number of Scale Points Used? An Experiment Using 5 Point, 7 Point and 10 Point Scales. <i>International Journal of Market Research</i> , 50 (1), 61-77. DOI: 10.1177/147078530805000106
33. Day, M. (2016). Skype's evolution at Microsoft could hint at plans for LinkedIn. Pieejams https://www.seattletimes.com/business/microsoft/skypes-evolution-at-

microsoft-could-hint-at-plans-for-linkedin/ (skatīts 22.08.2017.)
34. Dekkers, R. (2015). <i>Applied Systems Theory</i> . Switzerland: Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-10846-9
35. Delone, W.H., McLean, E.R. (2003). The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. <i>Journal of Management Information Systems</i> , 19(4), 9-30. DOI: 10.1080/07421222.2003.11045748
36. Dusek, V. (2006). <i>Philosophy of Technology. An Introduction</i> . Blackwell Publishing.
37. Dwivedi, Y.K., Rana, N.P., Jeyaraj, A. (2017). Re-examining the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT): Towards a Revised Theoretical Model. <i>Information Systems Frontiers</i> , 1-16. DOI: 10.1007/s10796-017-9774-y
38. Eadicicco L., Peckham M., Fitzpatrick A., et al (2016). The 50 Most Influential Gadgets of All Time. Pieejams http://time.com/4309573/most-influential-gadgets/ (skatīts 2.09.2017.)
39. Eason, K. (2008). Sociotechnical systems theory in the 21st century: another half-filled glass? Sense in Social Science: A collection of essays in honour of Dr. L. Klein, Graves, D. (Ed.), 123-134. Pieejams http://www.bayswaterinst.org/storage/Sociotechnical%20systems%20theory%20in%20the%2021st%20Century.pdf (skatīts 19.05.2013)
40. EC 7th Framework ICT-2009-5 Project <i>Large Scale Choreographies for the Future Internet</i> (CHOReOS) No. 257178 (2010-2013) Working Package 10. Technical and Socio-technical Assessment & Exploitation. (http://www.choreos.eu)
41. Edison, H., Ali, N., Torkar, R. (2013). Towards Innovation Measurement in the Software Industry. <i>The Journal of Systems and Software</i> , 86, 1390–1407. DOI: 10.1016/j.jss.2013.01.013
42. European Comission (1995). Green Paper on Innovation. http://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com95_688_en.pdf (skatīts 20.06.2018)
43. Fishbein, M., Ajzen, I. (2010). <i>Predicting and Changing Behavior: The Reasoned Action Approach</i> . New York: Psychology Press, Tylor & Francis Group, 538. DOI: 10.4324/9780203838020
44. Florentine, S. (2017). IT Project Succes Finally Improving. Pieejams

https://www.cio.com/article/3174516/project-management/it-project-success-rates-finally-improving.html (skatīts 14.08.2017.)
45. Forrester, J. W. (2007b). System Dynamics – the next fifty years. <i>System Dynamics Review</i>, 23 (2- 3), 359–370. DOI: 10.1002/sdr.381
46. Franzen, C. (2014). The History of the Walkman: 35 Years of Iconic Music Players. Pieejams https://www.theverge.com/2014/7/1/5861062/sony-walkman-at-35 (skatīts 2.09.2017.)
47. Gartner, Inc., (2017). Methodologies: Gartner Hype Cycle. Pieejams https://www.gartner.com/technology/research/methodologies/hype-cycle.jsp (skatīts 21.08.2017.)
48. Gilbert, R., Stevenson, D., Girardet, H. Stern, R. (Eds.) (1996). <i>Making Cities Work: The Role of Local Authorities in the Urban Environment</i>, Earthscan Publications. DOI: 10.4324/9781315066431
49. Ginters, E., Aizstrauta, D. (2012). Socio-technical Assessment Report (D10.4)// EC 7th Framework ICT -2009-5 Project CHOReOS No. 257178 (2010-2013)
50. Ginters, E., Aizstrauta, D. (2018). Technologies Sustainability Modeling. In: Rocha, Á., Adeli, H., Reis, L.P., Costanzo, S. (Eds.) <i>Trends and Advances in Information Systems and Technologies</i>. 746, 659-668, Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-77712-2_61
51. Ginters, E., Aizstrauts, A., Aguilar-Chinea, R.-M. (2014). Sociotechnical Aspects of Policy Simulation. In: Sonntagbauer, P., Nazemi, K., Sonntagbauer, S., Prister, G., Burkhardt, D. (Eds.) <i>Handbook of Research on Advanced ICT Integration for Governance and Policy Modeling</i>. 113-128. DOI: 10.4018/978-1-4666-6236-0.ch007
52. Ginters, E., Aizstrauts, A., Aizstrauta, D. (2015). Fupol Policy Simulators Maintenance and Integration (D4.8.)/ EC 7th Framework granta projekts FUPOL Nr. 287119
53. Ginters, E., Barkane, Z., Vincent, H. (2010). System Dynamics Use for Technology Assessment. In: <i>Proceedings of the 22th European Modeling & Simulation Symposium (EMSS)</i>. October 13-15, Fes, Morocco
54. Ginters, E., Merkuryev, Y., Grabis, J., Straujums, U., Bicevskis, J. (2017). Requirements Model of Sociotechnical Systems Simulator Architecture. In: Rocha, Á., Correia, A., Adeli, H., Reis, L., Costanzo, S. (Eds.) <i>Recent Advances in</i>

<i>Information Systems and Technologies</i> . 569, 797-806, Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-56535-4_78
55. Glor, E. (2001). Key Factors Influencing Innovation in Government. <i>The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal</i> , 6 (2)
56. Gudbrod, R., Wiele, Ch. (2012). <i>The Software Dilemma: Balancing Creativity and Control on the Path to Sustainable Software</i> . Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 281. DOI: 10.1007/978-3-642-27236-3
57. Haavik, T.K. (2011). On Components and Relations in Sociotechnical Systems. <i>Journal of Contingencies and Crisis Management</i> , 9 (2), 99-109. DOI: 10.1111/j.1468-5973.2011.00638.x
58. Hameed, M.A, Counsell, S., Swift, S. (2012). A Conceptual Model for the Process of IT Innovation Adoption in Organizations. <i>Journal of Engineering and Technology Management</i> , 29, 358-390. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2012.03.007
59. Heath, S.K., Brailsford, S.C., Buss, A., Macal, C.M. (2011). Cross-paradigm Simulation Modeling: Challenges and Successes. <i>Proceedings of the Simulation Conference (WSC)</i> , 2783-2797. DOI: 10.1109/WSC.2011.6147983
60. Ho, J.C., Lee, C.S. (2015). A Typology of Technological Change: Technological Paradigm Theory with Validation and Generalization from Case Studies. <i>Technological Forecasting & Social Change</i> , 97, 128-139. DOI: 10.1016/j.techfore.2014.05.015
61. Iomega Corporation Annual Report (2003). Pieejams http://media.corporate-ir.net/media_files/NYS/iom/reports/Iomega_Corporation_2003_Annual_Report.pdf (skatīts 11.04.2015)
62. Johnson, D.G., Wetmore, J.M. (2009). <i>Technology and Society: Building Our Sociotechnical Future</i> . The MIT Press, 648
63. Karakaya, E., Hidalgo A., Nuur, C. (2014). Diffusion of Eco-innovations: A Review. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> , 33, 392-399. DOI: 10.1016/j.rser.2014.01.083
64. Karnon, J., Stahl, J., Brennan, A., Caro, J.J., Mar, J., Möller, J. (2012). Modeling Using Discrete Event Simulation: A Report of the ISPOR-SMDM Modeling Good Research Practices. <i>Value in Health</i> , 15(6), 821-827. DOI: 10.1016/j.jval.2012.04.013
65. Kerzner, H. (2009). <i>Project Management: a Systems Approach to Planning</i> ,

<i>Scheduling and Controlling</i> . Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons
66. Krastiņš, O. (1998). <i>Statistika un ekonometrija</i> . Rīga: Centrālā Statistikas pārvalde
67. Kukafka, R., Johnson, S.B., Linfante, A., Allegrante, J.P. (2003). Grounding a New Information Technology Implementation Framework in Behavioral Science: a Systematic Analysis of the Literature on IT Use. <i>Journal of Biomedical Informatics</i> , 36, 218-227. DOI: 10.1016/j.jbi.2003.09.002
68. Lee, C., Kim, J., Kwon, O., Woo, H.G. (2016). Stochastic Technology Life Cycle Analysis Using Multiple Patent Indicators. <i>Technological Forecasting & Social Change</i> , 106, 53-64. DOI: 10.1016/j.techfore.2016.01.024
69. Lin, C.P., Anol, B. (2008). Learning online social support: An investigation of network information technology. <i>CyberPsychology & Behavior</i> , 11(3), 268–272. DOI: 10.1089/cpb.2007.0057
70. Little, A.D. (1981). <i>The Strategic Management of Technology</i> . European Management Forum, Davos, Switzerland
71. Lovell, H. (2007). The Governance of Innovation in Socio-technical Systems: the Difficulties of Strategic Niche Management in Practice. <i>Science and Public Policy</i> , 34 (1), 35-44. DOI: 10.3152/030234207X190540
72. Lyytinen, K., Hirschheim, R. (1987). Information Failures – a Survey and Classification of the Empirical Literature. In: Zorkoczy, P. (Ed.) <i>Oxford Surveys in Information Technology</i> , Oxford University Press, Inc
73. Macal, Ch.M., North M.J. (2013). Agent-based Modeling and Simulation: Introductory Tutorial. <i>Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference: Simulation: Making Decisions in a Complex World</i> , 362-376. DOI: 10.1109/WSC.2014.7019874
74. MacVaugh, J., Schiavone, F. (2010). Limits to the Diffusion of Innovation. A Literature Review and Integrative Model. <i>European Journal of Innovation Management</i> , 13 (2), 197-221. DOI: 10.1108/14601061011040258
75. Malik, O. (2012). Happy birthday Skype. In 9 years you changed telecom. Pieejams https://gigaom.com/2012/09/03/happy-birthday-skype-in-9-years-you-changed-telecom/ (skatīts 22.08.2017.)
76. Mate, J.L., Silva, A. (2005). <i>Requirements Engineering for Sociotechnical Systems</i> . London: Information Science Publishing. DOI: 10.4018/978-1-59140-506-1

77. Matthews, I., (2003). Commodore 64 – The Best Selling Computer in History. Pieejams http://www.commodore.ca/commodore-products/commodore-64-the-best-selling-computer-in-history/ (skatīts 01.09.2017.)
78. Microsoft rokasgrāmata. Linest funkcija https://support.office.com/lv-lv/article/LINEST-funkcija-LINEST-84d7d0d9-6e50-4101-977a-fa7abf772b6d (skatīts 03.09.2017.)
79. Morecroft, J. (2010). System Dynamics. 2nd chapter, 22-85. In: Reynolds, M., Holwell, S. (Eds.) <i>Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide</i> , London: Springer-Verlag. DOI: 10.1007/978-1-84882-809-4_2
80. Morgan, J.S., Howick S., Belton V. (2017). A Toolkit of Designs for Mixing Discrete Event Simulation and System Dynamics. <i>European Journal of Operational Research</i> , 257(3), 907-918. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.08.016
81. Morris, A. (2009). Sociotechnical Systems in ICT: A Comprehensive Survey. Technical Report. Trento (Italy): University of Trento. Pieejams http://eprints.biblio.unitn.it/1670/1/054.pdf (skatīts 5.02.2018.)
82. Mozilla Corporation. History of the Mozilla Project. https://www.mozilla.org/en-US/about/history/details/
83. Nicholas, J.M., Steyn, H. (2017). <i>Project Management for Engineering, Business and Technology</i> . Fifth Edition. New York: Routledge
84. Nielsen, S., Nielsen, E.H. (2015). The Balanced Scorecard and the Strategic Learning Poces: A system dynamics modeling approach. <i>Advances in Decision Sciences</i> . DOI: 10.1155/2015/213758
85. Nintendo Wii and Wii console sales http://www.statista.com/statistics/349078/nintendo-wii-and-wii-u-console-sales/
86. OECD (2016). OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016, OECD Publishing, Paris. DOI: 10.1787/25186167
87. Olson, P. (2014). Microsoft Unveils Near-Real Time Language Translation for Skype. Pieejams https://www.forbes.com/sites/parmyolson/2014/05/28/microsoft-unveils-near-real-time-language-translation-for-skype/#7049319e27a7 (skatīts 22.08.2017.)
88. Paging service revenue in the U.S. from 1983 to 2011 (in million U.S. dollars) https://www.statista.com/statistics/214235/us-paging-service-revenue-since-1983/
89. Panetta, K. (2017). Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging

Technologies. Pieejams https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/ (skatīts 21.08.2017.)
90. Park, H.W., Sung, E.E., Kim, S.G. (2015). Strategic Implications of Technology Life Cycle on Technology Commercialization. <i>International Association for Management of Technology (IAMOT) Conference Proceedings</i> , Cape Town: Graduate School of Technonlogy Management University of Pretoria South Africa, 2736-2748
91. Perez, S. (2012). End Of An Era: Windows Live Messenger To Be Retired, Users Transitioned To Skype. Pieejams https://techcrunch.com/2012/11/06/end-of-an-era-windows-live-messenger-to-be-retired-users-transitioned-to-skype/ (skatīts 22.08.2017.)
92. Prakash, I.S., Sinha, D.K. (2008). Technological Change: Random Shock or Conscious Choice? <i>Journal of High Technology Management Research</i> , 19 (1), 1-10. DOI: 10.1016/j.hitech.2008.06.004
93. Pruyt, E. (2013). <i>Small System Dynamics Models for Big Issues: Triple Jump towards Real-World Dynamic Complexity</i> . Delft: TU Delft Library
94. Rao, B., Angelov B., Nov, O. (2006). Fusion of Disruptive Technologies: Lessons from Skype Case. <i>European Management Journal</i> , 24 (2-3), 174-188. DOI: 10.1016/j.emj.2006.03.007
95. Reymondet, L. (2016). A Framework for Sense-making of Complex Sociotechnical Systems. Master Thesis, Massachusetts Institute of Technology. Pieejams http://seari.mit.edu/documents/theses/SM_REYMONDET.pdf (skatīts 06.02.2018.)
96. Rip, A., Kemp, R. (1998). Technological Change. In: Rayner, S., Malone, E.L. (Eds.) <i>Human Choice and Climate Change</i> , 2-6, 327-399.
97. Rogers, E.M. (2003). <i>Diffusion of Innovations</i> . 5th Edition, New York: Simon and Schuster
98. Saine, T. (2015). Throwback Thursday: The History of Pagers. Pieejams http://www.spok.com/blog/throwback-thursday-history-pagers (skatīts 01.09.2017.)
99. Schatzberg, E. (2006). Technik comes to America. Changing meanings of technology before 1930. Society for the History of Technology. Pieejams http://muse.jhu.edu/journals/technology_and_culture (skatīts 16.06.2018.)

100.	Skype (2009). Skype Press Conference Mobile World Congress 2009, February 17, 2009 https://www.slideshare.net/SkypePresentations/mwc-press-conf-deck-final (skatīts 2.09.2017.)
101.	Smith, M.J. (2014). Statistical Analysis Handbook. A web-based Statistics Resource. Pieejams http://www.statsref.com/HTML/index.html (skatīts 13.09.2017)
102.	Sokolowski, J.A., Banks, Ch.M. (2009). <i>Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach</i> . Hoboken US: John Wiley and Sons Ltd
103.	Sommerville, I. (2004). <i>Software Engineering</i> . 7th edition. Addison-Wesley.
104.	Sony (1999). Sony Celebrates Walkman(R) 20th Anniversary Pieejams https://www.sony.net/SonyInfo/News/Press_Archive/199907/99-059/ (skatīts 2.09.2017.)
105.	Steil, M. (2011). How many Commodore 64 computers were really sold? Pieejams http://www.pagetable.com/?p=547 (skatīts 2.09.2017.)
106.	Sterman, J.D. (2000). <i>Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World</i> . McGraw-Hill, Boston
107.	Straub, E.T. (2009). Understanding Technology Adoption: Theory and Future Directions for Informal Learning. <i>Review of Educational Research</i> , 79(2), 625-649. DOI: 10.3102/0034654308325896
108.	Susmann, J.M. (2013). Understanding and Designing Complex Sociotechnical Systems. MIT SDM Systems thinking Webinar Series. Available: https://sdm.mit.edu/news/news_articles/webinar_040813/sussman_040813.pdf
109.	Sykes, T. A., Venkatesh, V., Gosain, S. (2009). Model of acceptance with peer support: A social network perspective to understand employees' system use. <i>MIS Quarterly</i> , 33(2), 371–393. DOI: 10.2307/20650296
110.	System Dynamics Society, http://www.systemdynamics.org/what-is-s/ . (skatīts 24.03.2015.)
111.	Taherdoost, H. (2018). A review of technology acceptance and adoption models and theories. <i>Procedia Manufacturing</i> , 22, 960-967. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.03.137
112.	Telegraph, Technology Intelligence (2017). Most important inventions of the 21st Century: in pictures 2017. Pieejams

http://www.telegraph.co.uk/technology/2016/03/09/most-important-inventions-of-the-21st-century-in-pictures/firefox/ (skatīts 4.09.2017.)
113. Trist, E. (1981). The Evolution of Socio-technical Systems. A Conceptual Framework and an Action Research Program. Pieejams http://sistemas-humano-computacionais.wdfiles.com/local--files/capitulo%3Aredes-socio-tecnicas/Evolution_of_socio_technical_systems.pdf (skatīts 08.01.2012.)
114. Turner, M., Kitchenham, B., Brereton, P., Charters, S., Budgen, D. (2010). Does the Technology Acceptance Model Predict Actual Usage? A Systematic Literature Review. <i>Information and Software Technology</i>, 52, 463-479. DOI: 10.1016/j.infsof.2009.11.005
115. Tushman, M.L., Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational Environments. <i>Administrative Science Quarterly</i>, 31, 439-465. DOI: 10.2307/2392832
116. United Nations (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Pieejams www.un-documents.net/wced-ocf.htm (skatīts 18.02.2018.)
117. Venkatesh, V., Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. <i>Management Science</i>, 46 (2): 186-204. DOI: 10.1287/mnsc.46.2.186.11926
118. Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G.B., Davis, F.D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. <i>MIS Quarterly</i>, 27 (3), 425-478. DOI: 10.2307/30036540
119. Walker, G.H., Stanton, N.A., Salmon, P.M., Jenkins, D.P. (2008). A Review of Sociotechnical Systems Theory: a Classic Concept for New Command and Control Paradigms. <i>Theoretical Issues in Ergonomics Science</i>, 9 (6), 479-499. DOI: 10.1080/14639220701635470
120. Wallop, H. (2009). Walkman Named Top Music Invention of Last 50 Years. Pieejams http://www.telegraph.co.uk/technology/sony/5734021/Walkman-named-top-music-invention-of-last-50-years.html (skatīts 2.09.2017.)
121. Wang, Y.S., Wu, M.C., Wang, H.Y. (2009). Investigating the Determinants and Age and Gender Differences in the Acceptance of Mobile Learning. <i>British Journal of Educational Technology</i>, 40 (1), 92-118. DI: 10.1111/j.1467-8535.2007.00809.x

122.	Waters, K., Most IT project fail. Will yours? Pieejams https://www.projectsmart.co.uk/most-it-projects-fail-will-yours.php (skatīts 14.08.2017.)
123.	Weijters, B., Cabooter, E., Schillewaert, N. (2010). The Effect of Rating Scale Format on Response Styles: The Number of Response Categories and Response Category Labels. Working Paper. Universiteit Gent: Faculteit Economie En Bedrijfskunde http://www.academia.edu/450194/The_effect_of_rating_scale_format_on_response_styles_The_number_of_response_categories_and_response_category_labels (skatīts 8.03.2012.)
124.	Wheeler, S., Beatley, T. (2004). <i>The sustainable urban development reader</i> . 3rd edition. New York: Routledge
125.	Whitney, K.M., Daniels C. B. (2013). The Root Cause of Failure in Complex IT Projects: Complexity Itself. <i>Procedia Computer Science</i> , 20, 325– 330. DOI: 10.1016/j.procs.2013.09.280
126.	Wicks, A. M., & Roethlein, C. J. (2009). A Satisfaction-Based Definition of Quality. <i>Journal of Business & Economic Studies</i> , 15(1), 82-97.
127.	Wiener, J. B. (2004). The Regulation of Technology, and the Technology of Regulation. <i>Technology and Society</i> , 26, 483-500. DOI: 10.1016/j.techsoc.2004.01.033
128.	Xue, C., Xu, Y. (2017). Influence Factor Analysis of Enterprise IT Innovation Capacity Based on System Dynamics. <i>Procedia Engineering</i> , 174, 232-239. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.01.125