
INTELEKTUALUS DUOMENŲ ANALIZĖS METODAS VIRTUALAUS KOMANDINIO DARBO VERTINIMUI

Sandra Strigūnaitė

Vilniaus universitetas, Lietuva, sandra.strigunaite@vukhf.lt

Dalia Krikščiūnienė

Vilniaus universitetas, Lietuva, dalia.kriksciuniene@vukhf.lt

Abstraktas

Tikslas – straipsnio tikslas yra pagrįsti poreikį ir pasiūlyti intelektualų duomenų analizės metodą, skirtą virtualios projektinės komandos darbui vertinti. Šiuo metodu siekiama atkartoti intelektualios žmogiškosios analizės procesą, kuriam būdingas žinių taikymas, sprendimo paieška neapibrėžtomis sąlygomis, trūkstamos informacijos papildymas ekspertinėmis žiniomis.

Metodologija – pasirinkta metodologija: virtualaus darbo vertinimo problemų, siejamų su e. lyderyste bei virtualių projektų valdymu, mokslinėje literatūroje apžvalga, virtualiam bendradarbiavimui skirtų sistemų funkcijų lyginamoji analizė, duomenų apdorojimui taikytinų neraiškios logikos metodų analizė, koncepcinio vertinimo modelio, paremto neraiškia analize, kūrimas bei modelio praktinio taikymo pagrindimas.

Rezultatai – virtualios komandos bendradarbiavimo vertinimui pasiūlytas intelektualus, neraiškia logika grindžiamas, duomenų analizės metodas. Siūlomo metodo esmė – žmogiškojo mąstymo bei ekspertinių žinių panaudojimas, sistemose kaupiamų virtualaus bendra-

darbiavimo duomenų analizei pritaikant neraiškiają logiką: neraiškes aibes (ang. fuzzy sets), hierarchinių neraiškiųjų kintamųjų struktūras (ang. fuzzy signatures) bei neraiškiųjų taisyklių sistemas (ang. fuzzy rules).

Metode naudojamos neraiškios aibės leidžia vertinimo kintamųjų pradines skaitines reikšmes transformuoti į žmogiškąjį mąstymą atspindinčius lingvistinius terminus ir pritaikyti juos neraiškiųjų taisyklių sudarymui.

Hierarchinės neraiškiųjų kintamųjų struktūros panaudojimas supaprastina galutinio vertinimo gavimą, išskaidant neraiškiųjų kintamųjų apskaičiavimą į etapus ir įgalina sprendimą ar vertinimo išvadą gauti taikant tokią informacijos apdorojimo eigą, kuri būdinga ekspertiniam vertinimui.

Praktinė reikšmė – siūlomas metodas skirtas taikyti virtualiam darbo programiniuose sprendimuose kaip realaus laiko virtualaus komandinio darbo vertinimo įrankis. Metodo tyrimai rodo, kad duomenų analizei taikant neraiškios logikos metodus bei ekspertinių žinių pagrindu suformuotas neraiškias taisykles, galima gauti sisteminės virtualaus darbo vertinimo priemones, kurių veikimas prilygtų ekspertinių išvalgų generavimo procesui.

Originalumas / vertingumas – straipsnyje pateikiamas originalus virtualiam komandiniam bendradarbiavimui vertinti skirtas metodas, kurio pagrindu gali būti kuriama virtualaus darbo programinės įrangos posistemė, skirta realaus laiko duomenų analizei ir vertinimams. Metodas apima duomenų, apibūdinančių virtualias komandas, užduotis bei komandos narių bendradarbiavimo veiklas, vertinimą.

Siūloma virtualaus bendradarbiavimo duomenų analizė nuo kitų analizės priemonių skiriasi tuo, kad naudoja neraiškiają logiką bei hierarchinę vertinamų parametrų struktūrą.

Raktiniai žodžiai: neraiški logika, virtualaus darbo vertinimas, bendradarbiavimo duomenų analizė.

Tyrimo tipas: požiūrio ir koncepcijų pristatymas.

1. Įvadas

Vis dažnesnis organizacijų sprendimas darbų įgyvendinimui pasirinkti globalius bei virtualius darbų organizavimo modelius be geografinių ar kitų ribojimų skatina efektyvių virtualaus darbo analizės ir vertinimo metodų paieškas. Virtualaus komandinio darbo valdymas, virtualiųjų veiklų koordinavimas yra sudėtingesnis lyginant su tradiciniu valdymu. Virtualūs vadovai neturi galimybės stebėti, kaip vyksta visi komandiniai darbai, kaip komandos nariai bendrauja, dalinasi informacija, diskutuoja ar sprendžia problemas, tad projekto vadovo galimybės daryti įtaką komandos elgesiui yra ribotos.

Virtualiam darbui skirtų programinių sprendimų yra įvairių, o juos naudojant gali būti sukuriamos puikios virtualiam darbui būtinos sąlygos. Sistemos siūlo įvairiausias funkcines galimybes komandiniam darbui, planavimui bei koordinavimui, tačiau sistemoje vykdomų veiklų stebėjimo bei veiklų analizės priemonės yra gan neišvystytos.

Virtualių projektų vadovai vertindami virtualios komandos darbą vadovaujasi ataskaitomis, kuriose sistema įvairiais duomenų pjūviais pateikia sistemose saugomą informaciją. Projektų vadovai turėdami šias ataskaitas generuoja projekto komandos darbo vertinimo įžvalgą, kurios paremtos subjektyviomis žiniomis. Ataskaitose pateikiami statistine analize ar žiniomis paremti duomenų pjūviai nerodo komandos bendradarbiavimo ar individualaus nario pastangų vykdant užduotis, mat dažnai komandos bendradarbiavimo informacija nėra akcentuojama ir saugoma sistemose.

Šio straipsnio tikslas – pagrįsti ir pasiūlyti intelektualų duomenų analizės metodą, skirtą virtualios projektinės komandos bendradarbiavimo veikloms vertinti. Metodu siekiama atkartoti intelektualios žmogiškosios analizės procesą, kuriam būdingas žinių taikymas, sprendimo paieška neapibrėžtomis sąlygomis, priežasčių nustatymas, išvadų ar įžvalgų sudarymas. Siekiant šio tikslo straipsnyje nagrinėjamas virtualaus komandinio darbo vertinimo pobūdis, kuris galėtų naudoti ir transformuoti virtualaus darbo aplinkoje kaupiamus komandos, užduočių bei komandos veiklų duomenis taip, kad apskaičiuotų ir pateiktų projekto vadovui ar lyderiui virtualios komandos užduočių vykdymo situacijų, pastangų ir bendradarbiavimo įvertinimus. Straipsnio tyrimo objektas yra metodai ir įrankiai, skirti virtualiam komandiniam darbui vertinti.

Straipsnyje taikomas virtualaus darbo vertinimo priemonių, siejamų su e. lyderyste bei virtualių projektų valdymu, mokslinėje literatūroje apžvalga, virtualiam bendradarbiavimui skirtų sistemų funkcijų lyginamoji analizė, duomenų apdorojimui taikytinų neraiškios logikos metodų analizė, koncepcinio vertinimo modelio, paremto intelektualia duomenų analize, kūrimas bei modelio taikymo empirinis pagrindimas.

Mokslinės literatūros, nagrinėjančios virtualaus komandinio darbo vertinimo priemonės naudojant sistemose sukauptus duomenis, nėra daug. Pagrindiniai šios srities tyrėjai yra Babič (2010) ir Paralič (2011), kurie savo darbuose nagrinėja virtualaus komandinio darbo vizualizavimo galimybes pagal sistemose sukauptus duomenis.

2. Mokslinės literatūros apžvalga

2.1. Virtualaus darbo vertinimo problema ir informacijos poreikiai

Teigiama, kad virtualaus projektinio darbo valdymas ir vertinimas yra sudėtingesnis lyginant su tradiciniu projekto valdymu. Priežasčių teiginiui pagrįsti yra įvairių, t. y. geografiniai bei kultūriniai skirtumai, pasitikėjimas, valdymo bei vertinimo metodų tinkamumas. Šiame straipsnyje akcentuojama informacijos bei analizės priemonių, būtinų virtualaus komandinio darbo vertinimui, trūkumas bei kaip to padarinys atsirandantys ribojimai efektyviau valdyti bei veikti virtualų komandinį darbą.

Virtualaus projektinio darbo efektyvumą veikia vadovo kaip lyderio (e. lyderio) vaidmuo komandoje. Viena pagrindinių e. lyderio funkcijų yra komandos narių tarpusavio bendravimo stebėjimas, o tai virtualiame projekte nenaudojant specialių įrankių tampa sudėtinga. Virtualioje aplinkoje geriausia stebėti komandą bei komandos narius aktyviai dalyvaujant komandinėse projektinėse veiklose, tačiau to projekto vadovas ne-

gali atlikti. Tokia situacija skatina virtualios komandos veiklų stebėjimo ir vertinimo priemonių paieškas, kurios padėtų virtualių projektų vadovams geriau „matyti komandą“, padėtų vertinti komandos bendradarbiavimą ir pasiektus rezultatus. Galimybės „matyti“ komandos bendradarbiavimą turi įtakos vadovo kaip lyderio pozicijai komandoje. Situacijų lyderystės teorija (Hersey ir Blanchard, 1969) išskiria keturias situacijas, kurias identifikavus vadovams rekomenduojama taikyti skirtingas lyderystės technikas. Virtualiose projektinėse komandose situacijų lyderystės teorijoje apibrėžtų situacijų identifikavimas bei atitinkamų technikų taikymas yra ne toks veiksmingas kaip įprasto projektinio darbo aplinkoje (Lee, 2010). Dažnu atveju virtualios komandos lyderiais (e. lyderiais) įvardijami aktyviausi ar daugiausia veiklų atliekantys komandos nariai, kurių komandoje gali būti ne vienas, o keli (Pierre Balthazard et al., 2004). Teigiama, kad e. lyderystė virtualiuose projektuose yra neištyrinėta sritis ir tikėtina, kad efektyviai e. lyderystei būtini nauji požiūriai (Konradt ir Hoch, 2007).

Užduočių vykdymo vertinimui bei atliktų darbų pažangos matavimui naudojamas atlikto darbo procentinės dalies žymėjimas. Tačiau šis darbų pažangos matavimo būdas nėra tikslus ir dažnu atveju neparodo realios užduoties vykdymo progreso situacijos. Procentinio užduočių pažangos matavimo taikymas kritikuotinas, kai užduočių rezultatai nėra tiksliai apibrėžiami, o įvardijami kaip pastangos, komunikacija ar darbas su informacija. Tokiais atvejais daug svarbesnės yra vadovų įžvalgos, gautos stebint užduoties vykdymo procesą, komandos komunikacijos eigą (Strigūnaitė ir Krikščiūnienė, 2011 a).

Komandos narių tarpusavio bendravimas yra fundamentalus pagrindas bet kokio tipo organizacijose, bet yra daug svarbesnis virtualiose komandose (Monge ir DeSanctis, 1998). Kai bendravimas vyksta tik virtualia elektronine forma, komandos narių pasitikėjimas vienas kitu įgauna labai didelę reikšmę (Jarvenpaa ir Leidner, 1998). Pasitikėjimas komandos nariais gali būti stiprinamas skatinant bei vertinant virtualios komandos narių „pastangas bei aktyvumą“. Virtualiam komandiniam darbui naudojamos įvairios bendradarbiavimui skirtos priemonės: el. paštas, pokalbių kambariai, forumai, vaizdo ir garso konferencijos, susitikimo kambariai, projekto valdymo įrankiai, duomenų saugojimo įrankiai. Esant gausiam virtualaus darbo organizavimo, sistemų bei jų funkcijų naudojimo priemonių pasirinkimui, itin svarbios tampa komunikacijos ir darbo taisyklės. Tačiau nepaisant visų taisyklių, virtualaus komandinio darbo eigos vertinimų informacija sistemose yra „neregistruojama“ arba „išsibarsto“ ir niekur nėra matoma. Virtualios komandos veiklų ir komandos bendradarbiavimo informacija, nors ir sukaupta sistemose kaip duomenų įrašai, tačiau nepritaikius duomenų analizės priemonių yra nedaug ko verta.

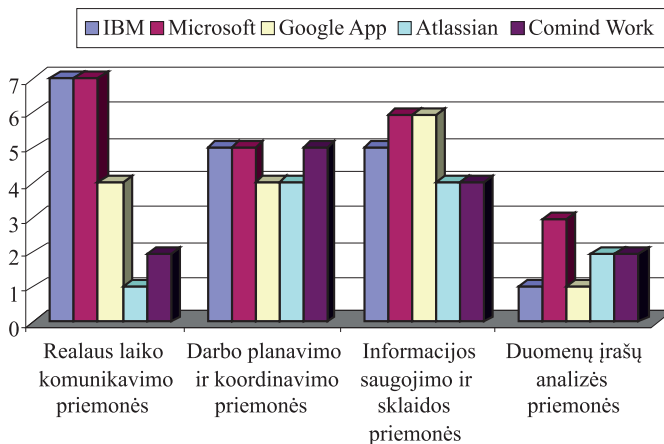
Mokslinėje literatūroje nėra gausu tyrimų, kurie būtų skirti virtualaus komandinio darbo duomenų nuskaitomumo (ang. *extraction*) bei jų pritaikomumo intelektualioms analizėms paieškoms. Babič (2010) ir Paralič (2011) pristatinėjo programinius sprendimus, kurie geba iš skirtingų virtualiam kolaboravimui skirtų sistemų ištraukti duomenis ir juos vizualizuoti akcentuojant komandos bendravimo įvykių seką. Šių tyrėjų sprendimai iš dalies pagrindžia teiginį, kad duomenų analizei gali būti naudojama įvairiausia informacija, kurią tik galima ištraukti iš sistemų. Problema šiuo atveju siejama su

„nežinojimu“, kokiems duomenis, kokias analizės technikas reikia taikyti, norint gauti vertingą informaciją.

2.2. Virtualaus bendradarbiavimo sistemos ir aptariamų jų pateikiami duomenų įrašų kintamieji

Virtualiam bendradarbiavimui skirtų sistemų (VBS) yra daug ir įvairių. VBS sistemos grupuojamos pagal įvairias kategorijas. Pagal bendradarbiavimo lygį VBS grupuojamos į komunikavimo, konferencijų bei koordinavimo sistemas (Lotus, 1995). Pagal naudojimo sferą VBS klasifikuojamos į žinių valdymo, žinių kūrimo, informacijos skaidos bei projektų valdymo įrankius. VBS sistemos gali būti priskirtos vienai arba keliomis šių grupių.

Palyginus tokių gamintojų kaip Microsoft, IBM, Atlassian, Google bei ComindWork virtualiam bendradarbiavimui skirtų sistemų sprendimus pagal jų funkcionalumo kategorijas: *Realaus laiko komunikavimas*, *Informacijos saugojimas ir sklaida*, *Darbo planavimo ir koordinavimo* bei *Duomenų analizė*, pasakytina, kad visos sistemos turi visiškai išpildytą darbo planavimui, koordinavimui skitą funkcionalumą bei turi pakankamą pritaikymą informacijos saugojimui bei sklaidai, tačiau funkcijų, skirtų duomenų analizei, yra nedaug (1 pav.), o komandos veiklų ir bendradarbiavimo duomenų analizei skirtų priemonių neturi nė vienas sprendimas.



1 pav. Populiariausių VBS gamintojų sprendimų funkcionalumo pasiskirstymas pagal kategorijas

Virtualių projektų vadovai vertindami komandinį ar individualų darbą vadovaujasi įvairiose virtualaus bendradarbiavimo sistemose sukaupta informacija. Analizuojant virtualios komandos bendravimą bei sistemose sukaupią informaciją identifikuojami įvairūs vertinimo kintamieji (1 lentelė).

1 lentelė. Virtualios komandos bendradarbiavimo informacijos pobūdis, naudojamas vertinimams

Analizuojama informacija susijusi su komanda ir kolaboravimo veiklomis	Informacijos pateikimas įvairiose sistemose
Virtuali komanda ir komandos narių informacija	Komanda (kaip sisteminis objektas) [<i>Team ID</i>] ir nariai [<i>Actor ID</i>], priklausantys komandai
Rolės ir atsakomybės projekte	Komandos nario vaidmuo projekte [<i>Role ID</i>], dalyvavimo projektuose patirtis ar atliekant tam tikras užduotis; atsakomybės projekte ar atliekant konkrečią užduotį
Užduoties informacija	Užduotis ar užduočių paketas [<i>Task ID</i>]; Užduoties rezultato tipas; Užduoties pradžia, pabaiga; Susijusios užduotys; Užduoties įvykdymo procentas
Susitikimo informacija	Susitikimui naudoti virtualaus kolaboravimo įrankiai [<i>MeetingToolID</i>]; Susitikimo tematika [<i>MeetingTypeID</i>], tikslas [<i>MeetingResult ID</i>]; Komandos narys, organizuojantis susitikimą [<i>Meetingowner</i>], ir susitikime dalyvavusių narių skaičius [<i>ParticipantNumber</i>] bei dalyviai [<i>Actor ID</i>]; Susitikimo pradžios laikas [<i>MStartTime</i>], susitikimo pabaigos laikas [<i>MEndTime</i>]; Susitikimo trukmė [<i>Mduration</i>] ir rezultatas
Bendra susitikimų analizė	Susitikimų skaičius [<i>MeetingNum</i>] vykdant konkrečią užduotį; Susitikimų skaičius pagal temą [<i>MTypeNum</i>] ir tikslą [<i>MResultNum</i>]; Susitikimams naudoti virtualaus kolaboravimo įrankiai [<i>MeetingToolID</i>].
Klausimo, problemos informacija	Tematika [<i>QTtopic</i>], kuriai priskirtas klausimas [<i>QT ID</i>]; Klausimo pateikimo laikas [<i>QTtime</i>]; Komandos narys, uždavęs klausimą ar iškėlęs problemą [<i>QTowner</i>]
Atsakymų į klausimus ar problemą informacija	Atsakymo į klausimą [<i>QT ID</i>] faktas [<i>AW ID</i>]; Atsakymo laikas [<i>AWtime</i>]; Komandos nario, atsakiusio į klausimą, informacija [<i>AWowner</i>]; Iš viso atsakymų skaičius [<i>AWnumber</i>]
Bendra klausimų-atsakymų ar identifikuo-tų problemų ir jų sprendimo analizė	Klausimų ar problemų grupės [<i>QTGroupID</i>], joms priklausančios tematikos grupės [<i>QTtopicID</i>] bei klausimų skaičius grupėje pagal šią tematiką [<i>QT-number</i>]; Reakcijos į klausimus ar problemas bei sprendimų laikas [<i>Reactime</i>]. Klausimams naudojamas virtualus kolaboravimo įrankis [<i>QTtoolID</i>]
Turimos informacijos ir jos kokybės analizė	Informacijos tematika [<i>SHtopicID</i>]; Informacijos pateikimo laikas [<i>SHtime</i>]; Komandos nario, įkėlusio informaciją id [<i>SHowner</i>]; Palankių/nepalankių komentarų prie pasidalintos informacijos skaičius [<i>SHncommN</i>]/[<i>SHpcommN</i>].
Bendras turimos informacijos ir veiklų su informacija analizė	Informacijos dalinimosi grupės id [<i>SHGroupID</i>]; Informacijai dalintis naudojamas virtualaus kolaboravimo įrankis [<i>SHtoolID</i>]; Informacijos apimtis tematikoje

Priklausomai nuo projekto specifikos bei naudojamų virtualiam bendradarbiavimui programų, projektų vadovai ar komandų lyderis išvalgoms generuoti gali naudoti ir dau-

giau sistemose sukauptų įrašų. Dėl virtualiam bendradarbiavimui skirtų sprendimų įvairovės virtualios komandos narių veiklas parodanti informacija išsibarsto, o išsibarsčiusių duomenų įrašų *post factum* analizė nenaudojant specialių priemonių yra sudėtinga, paini bei imli laikui. Tad įgalinus virtualiam bendradarbiavimui skirtas sistemas stebėti bei išrinkti reikiamus duomenis bei pagal juos realiu laiku įvertinti projekto komandos narių veiklų vykdymą, būtų sukuriamos galimybės komandos narių veiklų bei pastangų matymui bei intelektualių vertinimo priemonių taikymui. Kadangi virtualios komandos veiklų vertinimo duomenys yra neapibrėžti, tyrimui pasirinkta neraiški logika, dar vadinama „fuzzy“ logika.

2.3. Neraiškios logikos samprata

Apibūdinimas „*intelektualus*“ dažnai yra siejamas su žmonėmis. Pastaruoju metu technologiniai sprendimai taip pat vadinami „*intelektualiais*“. Intelektualumas tiesiogiai siejamas su gebėjimu nustatyti priežastis ar priimti sprendimus. Neraiški logika, apibūdinama kaip matematinių skaičiavimų formalizmas, kuris turi „*intelektui*“ būdingas savybes. Neraiškios logikos matematinių skaičiavimo principai geba susidoroti su neapibrėžtumu, kuris siejamas su intelektualiu mąstymu.

Straipsnyje naudojama neraiškios logikos samprata apima neraiškių aibių (*fuzzy aibių*), neraiškių taisyklių (*fuzzy taisyklių*), hierarchinės neraiškių kintamų struktūrų (*fuzzy signatūros*) aiškinimus. Toliau pateikiama detalesnė informacija apie kiekvieną jų atskirai.

Neraiškios aibės

Neraiškių aibių logika (ang. *Fuzzy Set*) pirmą kartą buvo paminėtos 1965 metais profesoriaus L. A. Zadeh. Neraiškių aibių logika, kitaip nei griežtos priklausomybės dvejetainė logika, remiasi elemento dalinės priklausomybės aibei principu (Zadeh, 1965).

Neraiški aibė gali būti suprantama kaip klasikinė aibė, kurios kiekvienas elementas įvertinamas priklausymo aibei laipsniu. Tarkim, kad X yra aibė, kurioje yra n skaičius elementų x , o A yra aibės X neraiškus poaibis – *neraiški aibė*.

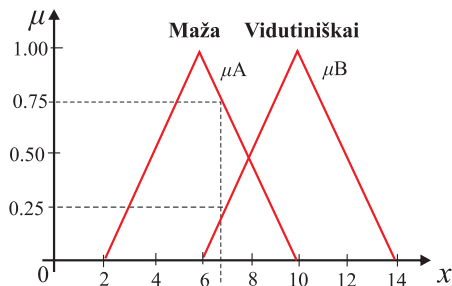
Neraiški aibė A aprašoma, naudojant x bei $\mu_A(x)$ reikšmes, taip:

$$A = \{(x, \mu_A(x))\}. \quad (1)$$

Išraiška $\mu_A(x)$ yra elemento x priklausymo neraiškiai aibei funkcija, dar vadinamas narystės funkcija (ang. *membership function*). Narystės funkcija $\mu_A(x)$ parodo elemento x (iš aibės X) priklausomybės neraiškiai aibei A laipsnį. Narystės funkcijos reikšmės gali būti nuo 0 iki 1, tai yra:

$$\mu_A(x) : x \rightarrow [0, 1]. \quad (2)$$

Aibėje X gali būti kelios neraiškios aibės (pvz., A ir B), o pačios neraiškios aibės gali turėti bendrų taškų. Tokiu atveju yra galimybė, jog elementas x priklausys abiem A ir B neraiškioms aibėms, su atitinkamomis narystės funkcijos kiekvienoje aibėje reikšmėmis: $\mu_A(x)$ – aibėje A ir $\mu_B(x)$ – aibėje B . Narystės funkcijų $\mu_A(x)$ ir $\mu_B(x)$ grafinis atvaizdavimas pateikiamas (2, pav.).



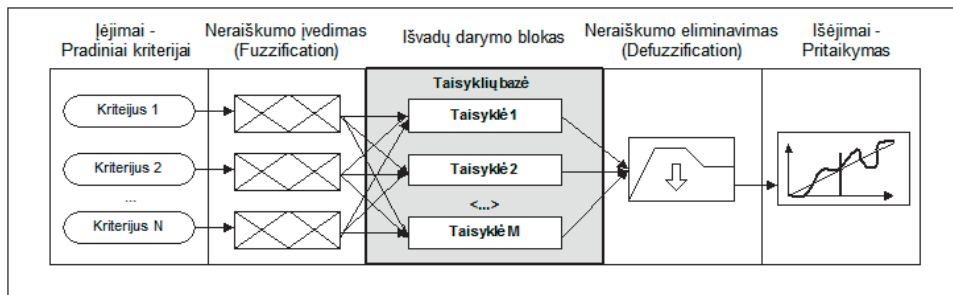
2 pav. Narystės funkcijų $\mu_A(x)$ ir $\mu_B(x)$ grafikas

Kiekviena neraiški aibė gali būti įvardijama lingvistiniu terminu („Mažai“ – aibė A , „Vidutiniškai“ – aibė B), kuris neraiškioje logikoje vadinamas lingvistiniu kintamuoju ir naudojamas sudarant neraiškias taisykles.

Neraiškios taisyklės ir neraiškių taisyklių sistemos

Neraiškios taisyklės sudaromos naudojant lingvistinius kintamuosius, kurie leidžia sistemose naudoti žmogiškojo mąstymo principą, samprotavimus apie turimus faktus. Neraiškių taisyklių sistemų pagrindas yra sprendimų, išvadų darymo mechanizmas, formuojamas neraiškiais taisyklėmis. Visos taisyklės sudaro neraiškių taisyklių bazę. Kiekviena neraiški taisyklė aprašo galimą išvadą pagal įvesties kintamųjų reikšmes.

Neraiškios logikos sprendimų valdymo sistemos schema pateikiama paveiksle (3 pav.), kurią sudaro: įėjimo kintamųjų, neraiškumo įvedimo (ang. *fuzzification*), išvadų darymo (ang. *inference engine*), neraiškumo eliminavimo (ang. *defuzzification*) bei išėjimo – pritaikymo blokai.



3 pav. Neraiškios logikos sprendimų valdymo sistemos schema

Esminė sistemos dalis yra išvadų darymo mechanizmas, kurio pagrindas yra neraiškios taisyklės. Neraiškios taisyklės formuluojamos pagal paprastą loginę struktūrą: „*JEI...* , *TAI...*“, kur „*JEI...*“ dalis vadinama taisyklės sąlygomis, o „*TAI...*“ dalis – taisyklės išvada. Sąlygų dalyje gali būti naudojama daug įvesties kintamųjų x , o išvados dalyje dažniausiai yra tik vienas išvesties kintamasis y . Bendruoju atveju neraiški taisyklė apibrėžiama taip:

$$R: \text{JEI } S\text{ąlyga } \{x\}, \text{ TAI } I\text{švada } \{y\}. \quad (3)$$

Sąlyga gali būti apibūdinama viena ar keliomis neraiškiomis aibėmis (pvz., A ir B), aprašomomis lingvistiniu terminu bei narystės funkcija. Išvada taip pat gali būti apibrėžiama lingvistiniu terminu bei narystės funkcija.

Hierarchinės neraiškių aibių struktūros

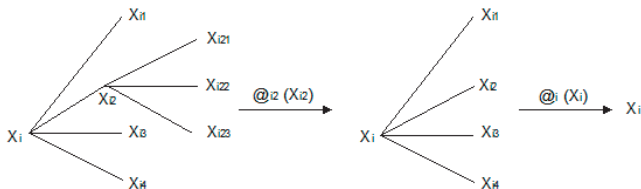
Taikant neraiškių aibių logiką, susiduriama su problema, kad daugėjant lingvistinių terminų skaičiui, kuriais išreiškiami įvesties kintamieji, neraiškių taisyklių skaičius auga eksponentiškai, dėl to rezultato reikšmės skaičiavimas tampa sudėtingas.

Kintamųjų ir taisyklių skaičiaus mažinimo problemai spręsti padeda hierarchinės neraiškių aibių struktūros – Fuzzy Signatūros (FS). FS buvo apibrėžtos kaip apibendrinta vektorinės neraiškios aibės forma, kurioje kiekviena elementui x priskirto vektoriaus komponentė gali taip pat būti vektoriumi, įdiegtu pirminio vektoriaus struktūroje (Koczy 1999). Toks apibendrintas vaizdavimas gali būti atliktas formuojant norimo gylio struktūrą. FS gali būti apibrėžta formule:

$$A: x \rightarrow [a_i]_{i=1}^k \equiv \prod_{i=1}^k a_i, \quad a_i = \begin{cases} [a_j]_{j=1}^{k_i} \\ [0,1] \end{cases} \quad a_j = \begin{cases} [a_{ijl}]_{l=1}^{k_y} \\ [0,1] \end{cases} \quad \forall x \in X. \quad (4)$$

FS gali būti interpretuojamos kaip specifiniai daugiamačiai neraiškūs duomenys, kurių dalis komponentių yra susiję tarpusavyje tokiu būdu, kad atskirų kintamųjų pogrupiai leidžia nustatyti aukštesniojo lygio kintamąjį. Pasitelkiant šią sampratą galima ne tik sudaryti tiriamų kintamųjų rinkinius, bet ir išsaugoti papildomą informaciją apie šių kintamųjų tarpusavio sąryšius ir kompleksiskumą, suformavus jų struktūrą.

FS aukštesnio lygmens kintamųjų reikšmės apskaičiuojamos atliekant reikšmių sujungimą. Aukštesniojo hierarchinio lygmens neraiškios reikšmės apskaičiavimas iš žemesniojo lygmens kintamųjų vykdomas pritaikius numatytus agregavimo operatorius (simbolis @) (4 pav.). Pagrindiniai galimi agregavimo operatoriai yra maksimumas, minimumas ir aritmetinio vidurkio skaičiavimas.



4 pav. Sujungimo procedūra žemesniojo lygmens kintamiesiems eliminuoti pritaikius agregavimo operatorių

Naudojant FS sprendžiamos problemos esmė gali būti išreikšta kaip hierarchinė sistema (Wong 2003), ši išraiška yra labai panaši į žmonių – ekspertų – mąstymo modelį. Taigi FS gali būti panaudotos modeliuojant sprendimų priėmimo sistemas, kuriose specialistams, priimantiems sprendimus, tenka atsižvelgti į daugelį duomenų komponentų.

3. Siūlomo metodo aprašymas

Siūlomas intelektualus, neraiškia logika grindžiamas, virtualaus komandinio darbo vertinimo metodas skirtas identifikuoti užduoties vykdymo situaciją, pagal eksperto įvertinimus bei virtualioje bendradarbiavimo aplinkoje sukauptus duomenis. Metodas skirtas analizuoti duomenis apie stebimą komandą, vykdomas užduotis bei komandos bendradarbiavimo veiklas, užfiksuotas per užduoties vykdymo laiką. Metodo pritaikymas programiniuose sprendimuose pavaizduotas koncepciniu modeliu. Toliau šiame skyriuje pateikiamas siūlomo metodo koncepcinis modelis, metodo taikymui naudojamų vertinimo kintamųjų struktūros bei metodo taikymo pavyzdys.

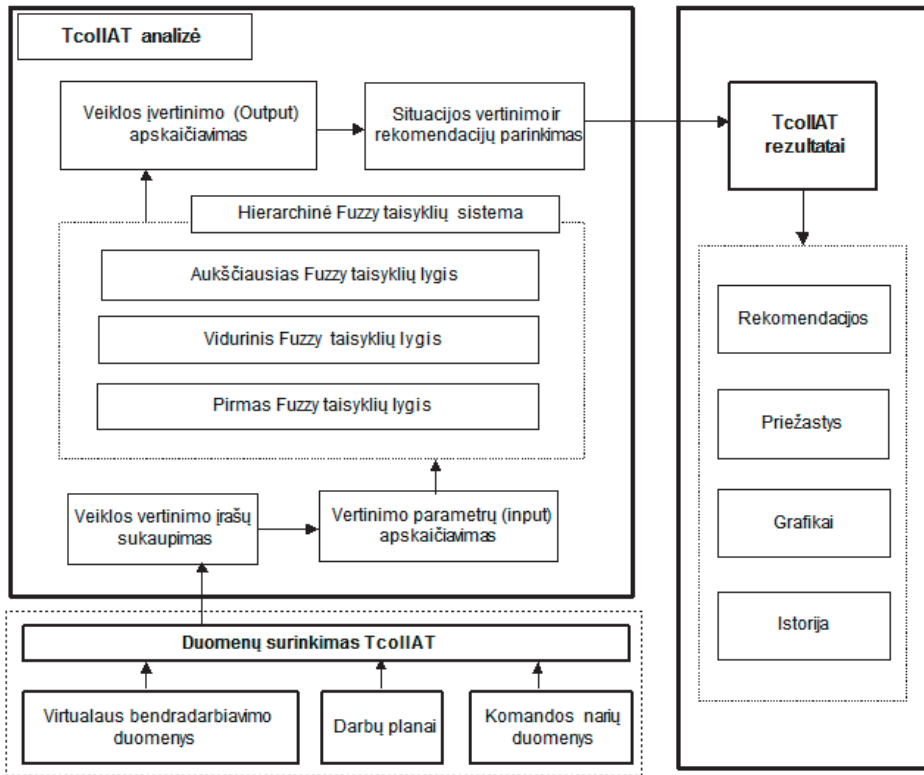
3.1 Koncepcinio modelio struktūra

Intelektualus, neraiškia logika grindžiamas, virtualaus komandinio darbo vertinimo metodo koncepcinis modelis pateikiamas paveiksle (5 pav.). Modelyje skiriamos trys pagrindinės dalys: duomenų surinkimo, analizės ir rezultatų.

Duomenų surinkimas skirtas informacijos apie virtualią komandą, jos narius, komandos vykdomus projektus bei užduotis gavimui, taip pat informacijos apie virtualios komandos bendradarbiavimo veiklas iš įvairių sistemų ištraukimui. Informacija duomenų įrašų pavidalu, kuri naudojama analizei, gali būti surenkama iš vienos ar skirtingų virtualiam darbui naudojamų sistemų. Duomenų analizė apima siūlomo neraiškia logika grindžiamo virtualaus komandinio darbo vertinimo metodą. Rezultatų dalis skirta virtualaus komandinio darbo vertinimų pateikimui, kurie gali būti pateikti skirtingomis formomis.

Toliau pateikiamas siūlomo intelektualaus, neraiškia logika grindžiamo, virtualaus komandinio darbo duomenų analizės ir vertinimo metodo vykdymo aprašymas: (1) Ver-

tinimo parametrų ir jų neraiškių reikšmių variacijos; (2) Neraiškių kintamųjų hierarchinė struktūra; (3) Metodo taikymas ir rezultatų interpretavimas.



5 pav. Intelektualus, neraiškia logika grindžiamas, virtualaus komandinio darbo vertinimo metodo koncepcinis modelis

3.2. Vertinimo parametrų struktūra ir kintamųjų neraiškios reikšmės

Intelektualaus, neraiškia logika grindžiamo, virtualaus darbo proceso vertinimo metodo baziniai parametrai buvo įvardinti atlikus ekspertinį tyrimą (Strigūnaitė ir Krikščiūnienė, 2011 b). Tyrimo metu buvo išskirtos trys parametrų grupės, kurios apibūdina komandą (kaip objektą), užduotis bei komandos interakcijų schemas. Iš viso išskirta dvylika bazinių parametrų, kurie priklauso vienai iš anksčiau minėtų grupių. Baziniai parametrai yra neraiškių taisyklių sistemos pirminiai informacijos šaltiniai. Bazinių parametrų sąrašas pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė. Hierarchinė vertinimo parametrų struktūra bei parametrų neraiškių reikšmių pavadinimai

Baziniai parametrai (pirmas hierarchinis lygis)	Išvestiniai parametrai (antras hierarchinis lygis)	Parametrų grupės (trečias hierarchinis lygis)
C111 – Komandos dydis {Mažas; Didelis}	C11 – Komandos organizacinis lygis {Silpnas; Sudėtingas; Vidutinis; Stiprus}	C1 – Komanda {Silpna; Auganti; Patyrusi; Stipri}
C112 – Rolių įvairovė {Maža; Didelė}		
C113 – Komandos hierarchijos lygis {Žemas; Aukštas}		
C121 – Charakterių vertinimas {Žemas; Aukštas}		
C122 – Patirtis {Žema; Vidutinė; Aukšta}		
C211 – Projekto (užduočių paketų) etapas {Pradžia; Vidurys; Pabaiga}	C21 – Užduoties sudėtingumas {Žemas; Vidutinis; Aukštas}	C2 – Užduoties vykdymo interakcijų tikimybės lygis {Žemas; Vidutinis; Aukštas}
C212 – Rezultatų aiškumas {Žemas; Aukštas}		
C22 – Užduoties intelektinis lygis {Žemas; Aukštas}		
C311 – Susitikimų lygis {Žemas; Aukštas}	C31 – Aktyvumo lygis {Labai žemas – Labai aukštas}	C3 – Interakcijų lygis {Intensyvus; <...>; Mažai intensyvus}
C312 – Klausinėjimo lygis {Žemas; Aukštas}		
C313 – Informacijos dalinimosi lygis {Žemas; Aukštas}		
C32 – Punktualumo lygis {Žemas; Aukštas}		

Bazinių parametrų pradinės reikšmės gali būti gaunamos dvejopai. Komandą bei užduotis apibūdinančių parametrų reikšmės gali būti gaunamos ekspertinio vertinimo būdu, o interakcijų grupės parametrų reikšmės yra statistinė informacija, gaunama iš virtualios kolaboravimo sistemos.

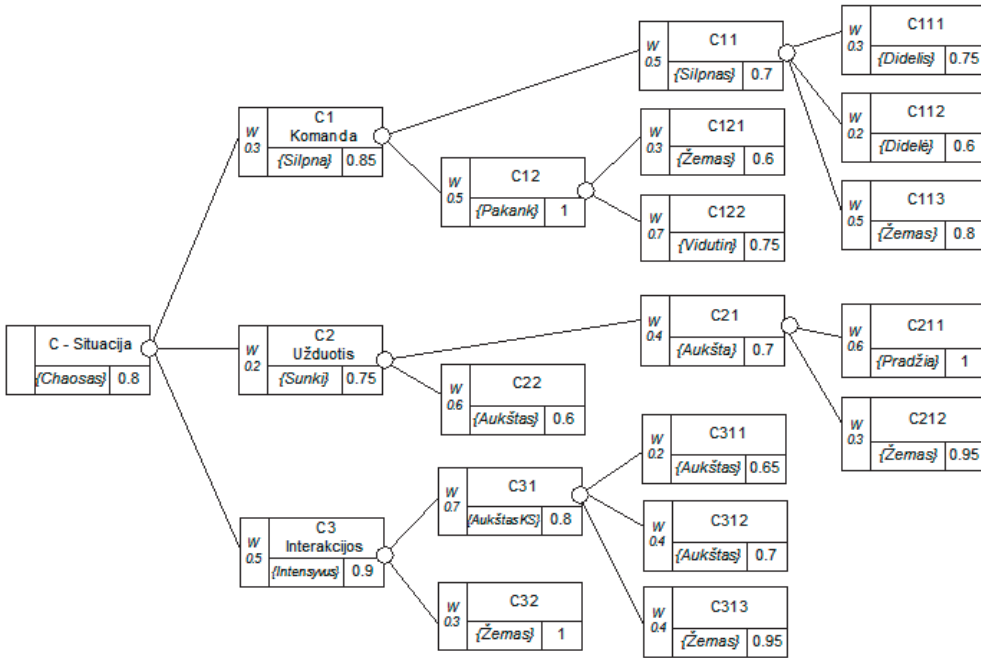
Visų bazinių vertinimo parametrų vertės išreiškiamos neraiškiais aišmėmis (lingvistiniais termiais ir priklausomybės narystės funkcijai reikšmėmis), kurios naudojamos tolesniuose vertinimo metodo eigos žingsniuose.

3.3. Neraiškių kintamųjų hierarchinė struktūra

Intelektualaus, *fuzzy* logika grindžiamo, virtualaus darbo vertinimo metodo struktūra yra hierarchinė trijų lygių neraiškių taisyklių sistema Neraiškių kintamųjų hierarchinė struktūra paremta galimybe sprendimą ar išvadą gauti taikant informacijos apdorojimo eigą, kuri būdinga žmonių mąstymui, loginių problemų sprendimų eigai, t. y. sprendimų priėmimui naudojama kelių lygių sąlyginė (jei-tai) informacija. Siūlomo metodo trijų lygių vertinimo parametrų struktūra bei parametrų neraiškių aišių lingvistiniai termai pateikiami 2 lentelėje.

Neraiškių kintamųjų reikšmių apskaičiavimui pritaikomas *FS* duomenų apdorojimo principas. Neraiškių kintamųjų hierarchinė struktūra primena medžio struktūros grafiką, kuriame žemiausio lygmens parametrai vadinami lapais, viduriniai šakomis (Mendis

2008). Aukštesnio lygmens parametų „šakos“ reikšmės yra gaunamos įvertinus jo subparametrus, pavyzdžiui pagal pateiktą pavyzdį (6 pav.) parametras *C1* yra gaunamas įvertinus ir sujungus jo subparametrų *C11* ir *C12* vertes. Subparametrų reikšmių sujungimui naudojamos neraiškių taisyklių sistemos arba paprastos agregavimo operacijos.



6 pav. Neraiškių kintamųjų hierarchinė struktūra su svoriais ir pavyzdinėmis reikšmėmis

Kiekvienas parametras „lapas“ ar „šaka“ vykdant skaičiavimus gali turėti savo svorius. Parametrų svoriais keičiamas parametro įtakingumo lygis rezultatui. Svoriai gali būti nustatomi taikant įvairius metodus, atitinkamai pagal aplinkybes ar patirtį. Neraiškių kintamųjų hierarchinėje struktūroje (6 pav.) parametrų svoriai žymimi simboliu w .

Kiekviename hierarchinės struktūros kriterijų sujungimo taške (6 pav.), taikomi neraiškių taisyklių rinkiniai ir agregavimo operacijos, pradedant nuo žemiausių parametų ir baigiant aukščiausiais. Aukščiausia hierarchinės struktūros parametro reikšmė yra gaunama atlikus visų lygių neraiškių taisyklių operacijas.

3.4. Metodo taikymas ir rezultatų generavimas

Intelektualaus virtualaus komandinio darbo duomenų analizės metodo tyrimas parodo, kad vertinimo parametrų tikslias skaitines reikšmes išreiškus neraiškių aibių lingvistiniais termiais, o jų apdorojimui pritaikius hierarchinį FS principą, galima vertinti užduočių vykdymą pritaikant ekspertiniams vertinimams būdingą logiką.

Metodo taikymą galima pavaizduoti pavyzdžiu. Pagal komandos bei užduoties ekspertinius įvertinimus bei iš sistemos gautus komandos interakcijų duomenis, gaunamos dvylikos bazinių vertinimo parametrų skaitinės reikšmės, kurios įvertinamos neraiškių aibių lingvistiniais termiais ir priklausomybės narystės funkcijomis reikšmėmis.

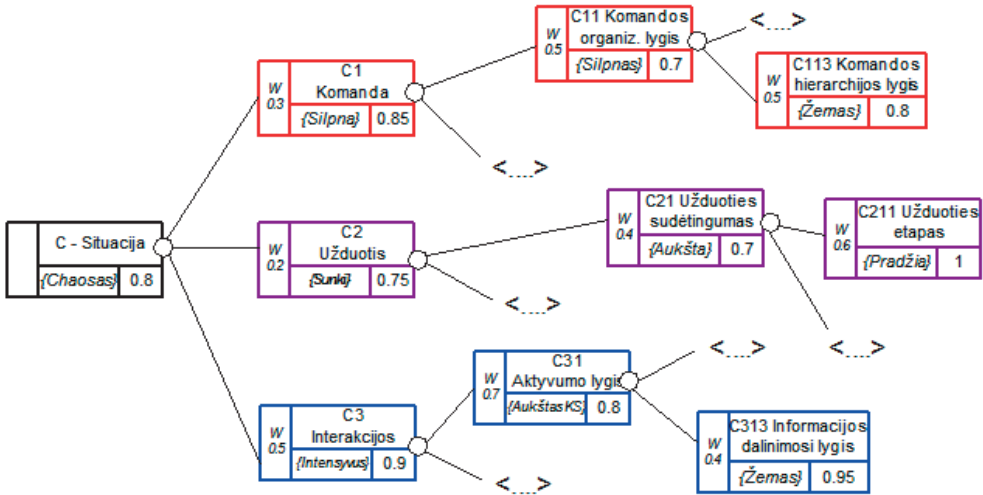
Naudojant neraiškių kintamųjų hierarchinę struktūrą, kiekvieno bazinio parametro reikšmės bei pritaikius neraiškių taisyklių sistemas gaunamos antro ir trečio lygio parametrų reikšmės (6 pav.). Neraiškių taisyklių sistemose sukaupiamos paprastą loginę struktūrą turinčios taisyklės, pvz.: JEI *C111 (Komandos dydis)* yra {*Didelis*} IR *C112 (Rolių įvairovė)* yra {*Didelė*} IR *C113 (Komandos hierarchijos lygis)* yra {*Žemas*}, *TADA C11 (Komandos organizacinis lygis)* yra {*Silpnas*}.

Pagal gautas antro lygio parametrų reikšmes apskaičiuojamos trečiojo lygio parametrų reikšmės, pvz., parametro *C1 Komanda* įvertinimas gaunamas apdorojus parametrų *C11 Komandos organizacijos lygis* ir *C12 Komandos brandumas* reikšmių kombinaciją. Toks bazinių parametrų ir vėliau antro bei trečio lygio parametrų sujungimas turi būti pritaikytas visai hierarchinei parametrų struktūrai, kol gaunamas galutinio parametro *C Situacija* įvertinimas.

Dėl hierarchinio vertinimo principo taikant neraiškią logiką galima išvelgti tokį privalumą – aukščiausio lygio vertinimo parametrai gaunami apibendrinant žemesniojo lygio parametrų vertes, kurių reikšmės gali būti apskaičiuojamos iš sistemos duomenų įrašų, taip pat kiekvieno parametro įvertinimas turi aiškią istoriją, o parametro įvertinimui įtakos turintys kriterijai ir jų reikšmės gali būti paprastai identifikuojami.

Siūlomo metodo pateikiamas įvertinimas – parametro *C Situacija* lingvistinė reikšmė, turėtų visą reikšmės skaičiavimo istoriją, pagal kurią, atitinkamai, galima atsekti, kokios tarpinių (išvestinių) parametrų reikšmės (antro bei trečio lygmens) bei kokių bazinių parametrų reikšmės suformuoja tokį galutinį rezultatą. Taip pat, atitinkamai, pagal parametrų svorius w galima įvertinti, kurie parametrai su priskirtomis reikšmėmis labiausiai turi įtakos gaunamiems rezultatams. Paveiksle (7 pav.) pateikiami nagrinėjamo pavyzdžio parametro *C Situacija* reikšmei labiausiai įtakos turintys skirtingų lygių parametrai.

Turint įtakingiausius parametrus galima formuoti įžvalgų rekomendacijas. Pagal siūlomą hierarchinę vertinimo parametrų struktūrą, vienos bazinių parametrų reikšmės realiose užduočių vykdymo situacijose gali būti statinės, dinaminės arba interaktyvios. Statinės parametrų reikšmės suprantamos kaip reikšmės, kurios negali būti pakeistos (pvz., Užduoties etapas), dinaminės – reikšmės, kurios gali būti koreguojamos (pvz., Komandos hierarchija), o interaktyvios – tai reikšmės, kurių įvertinimui galima daryti įtaką, bet ne keisti. Tad formuojant rekomendacijas atsižvelgiama į vertinimo parametrų tipus, išrenkami ir pateikiami tie parametrai, kurių reikšmės tiesiogiai priklauso nuo vadovų, pvz., Komandos hierarchijos lygis.



7 pav. Metodo pateikiamų rezultatų interpretavimo galimybių pavyzdys

4. Išvados

Virtualios komandos bendradarbiavimo vertinimui pasiūlytas intelektualus, neraiškia logika grindžiamas, duomenų analizės metodas. Siūlomo metodo esmė – intelektualaus mąstymo bei ekspertinių žinių atkartojimas, sistemose kaupiamų virtualaus bendradarbiavimo duomenų analizei pritaikant neraiškia logiką.

Siūlomo metodo akcentai: vertinimo parametrų hierarchinė struktūra bei neraiškia logika paremtas duomenų apdorojimas. Vertinimo parametrų hierarchinė struktūra sudaryta remiantis ekspertiniu tyrimu. Hierarchinė struktūra turi tris lygius bei tris vertinamųjų parametrų kategorijas. Neraiškia logika paremtas duomenų apdorojimas apima neraiškių aibių, neraiškių taisyklių bei hierarchinių neraiškių kintamųjų struktūrų naudojimą.

Siūlomo metodo privalumai dėl neraiškios logikos taikymo:

- neraiškių aibių taikymas leidžia turimus kintamuosius vertinti ne skaitinėmis reikšmėmis, o suteikti jiems lingvistines išraiškas;
- lingvistinius termų naudojimas neraiškiose taisyklėse leidžia sudaryti ekspertinėmis žiniomis paremtas vertinamųjų kintamųjų variacijas;
- hierarchinės neraiškių kintamųjų struktūros panaudojimas įgalina sprendimą ar vertinimo išvadą gauti taikant tokią informacijos apdorojimo eigą, kuri būdinga ekspertiniam vertinimui.

Siūlomas metodas gali būti pritaikomas virtualiam darbui skirtuose programiniuose sprendimuose kaip realaus laiko virtualaus komandinio darbo vertinimo įrankis. Intelektualus, neraiškia logika grindžiamas, virtualaus komandinio darbo vertinimo metodas turi pagrindą būti tiriamas ir tobulinamas ateityje.

 Literatūra

- Balthazard, P.; Waldman, D.; Howell, J.; Atwater L. 2004. *Shared Leadership And Group Interaction Styles*. Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences.
- Broninski, K. H. 2005. *The Philosophy of Human Interaction Management* [Žiūrėta 2011 m. spalio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.bpm.com/the-philosophy-of-human-interaction-management.html>.
- Cynthia, J. C. 2007. *Evaluating teameffectiveness: examination of the team assesment tool*. Ph.D Dissertation. University of North Caroline, USA.
- Babič, F.; Wagner, J.; Jadlovská, S.; Leško, P. 2010. *A logging mechanism for acquisition of real data from different collaborative systems for analytical purposes*. 8th IEEE International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics.
- Hersey, P.; Blanchard, K. H. (1969). *Life cycle theory of leadership*. Training and Development Journal, 23 (5), 26–34.
- Jarvenpaa, S. L.; Ives, B.; Pearlson, K. (1995). *Global customer service for the computer and communications industry*. In P. C.Palvia, S. C.Palvia, and E. M. Roche, (Eds.), *Global information technology and systems management* Harrisburg, PA : Ivy League Publishing.
- Koczy, L. T.; Vamos, T.; Biro, G. 1999. *Fuzzy Signatares*. Proceedings of Eurofuse-SIC99, pp. 210-217.
- Konradt, U.; Hoch, J. 2007. *A work roles and leadership functions of managers in virtual teams*. International Journal of E-Collaboration, pp. 16-35.
- Lee, M. R. 2010. *E-leadership for project managers: A study of situational leadership and virtual project success*, Ph.D. Dissertation, Capella University, USA.
- Lotus Development Corporation 1995. *Groupware: Communication, Collaboration and Coordination*. Žiūrėta 2010 sausio 20 d. Prieiga per internetą <http://www.intranetjournal.com/faq/lotusbible.html>.
- Mendis B.S.U. 2008. *Fuzzy Signatures: Hierarchical Fuzzy Systems and Applications*. Ph. D Dissertation, Australian National University. Australia.
- Monge, P.; DeSanctis, G. 1998. *Communication Processes for Virtual Organizations*. Journal of Computer-Mediated Communication. Vol. 3, Issue 4.
- Paralič, J.; Richter, C.; Babič, F. Wagner, J.; Raček, M. 2011. *Mirroring of Knowledge Practices based on User-defined Patterns*. Journal of Universal Computer Science, vol. 17, no. 10 (2011), 1474–1491.
- Strigunaite, S.; Kriksciuniene, D. 2011 (b). *Virtual Team Tasks Performance Evaluation Based on Multi-level Fuzzy Comprehensive Method*. The Third International Conference on Future Computational Technologies and Applications. pp. 20-25. IARIA, 2011. ISBN: 978-1-61208-154-0.
- Strigunaite, S.; Kriksciuniene, D. 2011 (a). *Multi-level Fuzzy Rules-Based Analysis of Virtual Team Performance*. T. Skersys et al. (Eds.): I3E 2011, IFIP AICT 353, Lecture Notes in Computer Science p. 305-318, 2011. IFIP International Federation for Informatikon Processing.
- Tamas, K.; Koczy, L. T. 2008. *Inference in fuzzy signature based methods*. Vol. 1, No. 3, Series inteligentia computorica, Acta Technica Jaurinenis.
- Wong, K. W.; Chong, A.; Gedeon, T. D.; Koczy, L. T.; Vamos, T. 2003. *Hierarchical fuzzy signatures structure for complex structured data*, Proceedings of the International Sympsiom on Compiutational Intelligence and Intelligent Informatics, Nabeul, Tunisia, pp. 105–109.
- Zadeh, L. 1996 *On fuzzy algorithms*. Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems: Selected Papers, 39(71-C):0255.
-

INTELLECTUAL DATA ANALYSIS METHOD FOR EVALUATION OF VIRTUAL TEAMS

Sandra Strigūnaitė

Vilnius University, Lithuania, sandra.strigunaite@vukhf.lt

Dalia Krikščiūnienė

Vilnius University, Lithuania, dalia.kriksciuniene@vukhf.lt

Summary. *The purpose of the article is to present a method for virtual team performance evaluation based on intelligent team member collaboration data analysis. The motivation for the research is based on the ability to create an evaluation method that is similar to ambiguous expert evaluations. The concept of the hierarchical fuzzy rule based method aims to evaluate the data from virtual team interaction instances related to implementation of project tasks.*

The suggested method is designed for project managers or virtual team leaders to help in virtual teamwork evaluation that is based on captured data analysis. The main point of the method is the ability to repeat human thinking and expert valuation process for data analysis by applying fuzzy logic: fuzzy sets, fuzzy signatures and fuzzy rules.

The fuzzy set principle used in the method allows evaluation criteria numerical values to transform into linguistic terms and use it in constructing fuzzy rules. Using a fuzzy signature is possible in constructing a hierarchical criteria structure. This structure helps to solve the problem of exponential increase of fuzzy rules including more input variables.

The suggested method is aimed to be applied in the virtual collaboration software as a real time teamwork evaluation tool. The research shows that by applying fuzzy logic for team collaboration data analysis it is possible to get evaluations equal to expert insights. The method includes virtual team, project task and team collaboration data analysis.

The advantage of the suggested method is the possibility to use variables gained from virtual collaboration systems as fuzzy rules inputs. Information on fuzzy logic based virtual teamwork collaboration evaluation has evidence that can be investigated in the future. Also the method can be seen as the next virtual collaboration software development step.

Keywords: *fuzzy logic, virtual teamwork evaluation, teamwork collaboration data analysis*