

ISSN 1407-7493

COMPUTER SCIENCE

2009-7493

DATORZINĀTNE

TECHNOLOGIES OF COMPUTER
CONTROL

DATORVADĪBAS TEHNOLOĢIJAS

**USAGE OF AGENT TECHNOLOGIES IN COMPUTER NETWORKS AND IN DECISION
SUPPORT SYSTEMS**

**AĢENTU TENNOLOĢIJU LIETOŠANA DATORTĪKLOS UN LĒMUMU ATBALSTA
SISTĒMĀS**

Andrejs Ermuiza, Dr. sc. comp., docent

Riga Technical University, Faculty of Computer Science and Computer Engineering,

Institute of Electronics and Computer Science,

Address: 1/3 Meza str., Riga, LV-1048, Latvia

E-mail: ermuiza@edi.lv

Atslēgas vārdi: daudzāģentu sistēmas, aģentu tehnoloģijas, semantiskā tīmekļa pakalpojumi, mobilie aģenti, personālie aģenti, lēmumu atbalsta sistēmas, kritēriji un ierobežojumi

Ievads

Pēdējo gadu laikā strauji pieaugusi daudzāģentu sistēmu un uz tās balstīto aģentu tehnoloģiju, lietošana datortīklu starpprogrammatūrā, kā arī interneta intelektuālos lietojumos. Tam ir vairāki iemesli. Pirmkārt, par datortīklu gala iekārtām arvien biežāk izmanto ne tikai datorus, bet arī dažādas bezvadu mobilās ierīces, ko lieto arī neapmācīti lietotāji. Platjoslas tehnoloģijas dod iespējas izmantot reālā laika lietojumus. Līdz ar to pieaug prasības tīkla programmatūrai pēc viegli sprotamiem lietojumiem, kā arī pēc ērtas grafiskās saskarnes ar tiem. Otrkārt, paplašinās to interneta lietojumu loks, kas prasa uzticības apliecinājumus darījumiem un arī lietotāju personalizāciju. Treškārt, pieaug dažādu sensoru izmantošana automātiskai datu ieguvei, kas prasa veikt uz vietas to pirmapstrādi un automātisku izvērtēšanu. Un, beidzot, arvien plašāk tiek lietotas lēmumu atbalsta sistēmas, kas darbojas interaktīvi un lēmumu pieņemšanai prasa dažādu veidu datu un modeļu integrāciju. Visas šīs iespējas arvien vairāk realizējas. Tādēļ ir izplatīts uzskats, ka datortīklu un to lietojumu attīstība sasniegusi tādu pakāpi, ka tos var uzskatīt par visuresošiem (ubiquitous) izkliedētā intelekta tīkliem [1, 2]. Tos projektējot ņem vērā stingrākas prasības tīkla starpprogrammatūrai (middleware), ko bieži projektē uz aģentu tehnoloģiju bāzes, jo tā ir piemērotākā izkliedēto sistēmu pārvaldei [3]. Darba mērķis ir izvērtēt daudzāģentu sistēmu lietojumus datortīklos, īpaši uzsverot to lietošanu dažādās lēmumu atbalsta sistēmās (LAS) un analizējot to iespējas.

2. Daudzāģentu sistēmas un to īpašības

Daudzāģentu sistēmu (DAS) teoriju [4, 5] pašlaik uzskata par vienu no perspektīvākajiem virzieniem datortīklu pastāvīgas klātbūtnes (ubiquity) attīstībai. Uz šo teoriju balstās datortīklu lietojumu integrācija un tīmekļa (web) pakalpojumu jaunāko versiju (piem., semantiskais tīmeklis Web 3.0) attīstība. Lai gan aģentu lietošana pēdējos gados ir plaši izvērsusies, vēl nav ieviesies viennozīmīgs uzskats par to definīciju. Pašlaik dominē divi uzskati:

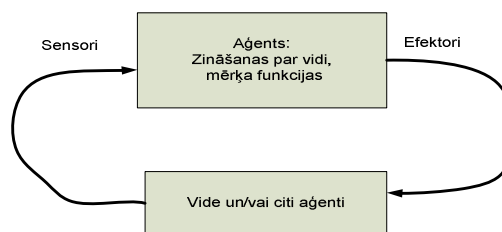
Mākslīgā intelekta (stingrais) uzskats:

- Aģenti ir proaktīvi, intelektuāli objekti, kas var līdzvērtīgi (P2P) sazināties aizstājot klient/servera tehnoloģiju.

Programmatūras tehnoloģijas (vājais) uzskats:

- Aģents ir programmatūras komponents ar iekšējiem reaktīviem vai proaktīviem izpildes pavedieniem (threads), ko var iesaistīt sarežģītos DT protokolos.

Aģenta/vides sadarbības modelis parādīts 1. attēlā.



1. att. Aģenta-vides sadarbības modelis.

Fig. 1. Agent-environment Interaction model

Aģenta-vides sadarbību apraksta pieņemot, ka:

vide var būt kādā no galīgās kopas E stāvokļiem: $E = \{e, e', \dots\}$ un aģents veic iespējamās darbības: $A = \{\alpha, \alpha', \dots\}$.

Tad aģenta uzvedība vidē r būs no darbībām atkarīga vides stāvokļu secība:

$$r: e_0 \xrightarrow{\alpha_0} e_1 \xrightarrow{\alpha_1} e_2 \xrightarrow{\alpha_2} \dots$$

Reaģējot uz vides un/vai citu aģentu darbībām autonomais aģents izmanto savu zināšanu bāzi KB (viedokli par pasauli), balstoties uz kuras likumiem pieņem lēmumus [6] par savām darbībām līdzīgi teorēmu pierādījumiem:

$$KB \vdash \beta$$

Tātad no savas zināšanu bāzes KB aģents secina, ka izteiksme β ir patiesa tikai tad, ja β ir patiesa visās pasaulēs, kur KB ir patiesa. Modālajā loģikā pieņemts operēt jēdzieniem *modeļi*, kas formāli nozīmē strukturētas pasaules, kuru patiesumu var izvērtēt ar tajās ietvertu izteiksmju pierādījumiem. Tad var apgalvot, ka:

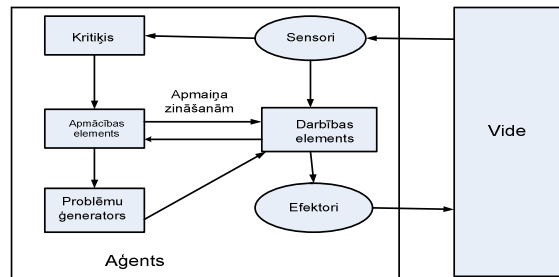
- m ir izteiksmes β modelis, ja β ir patiess iekš m un
- $M(\beta)$ ir visu α modeļu kopa,
- tad $KB \vdash \beta$, ja $M(KB) \subseteq M(\beta)$.

$KB \vdash \beta$ nozīmē, ka izteiksmi β var atvasināt no KB ar procedūras i palīdzību, kas ir aģentam.

Aģentus parasti apvieno daudzāģentu sistēmās, jo atsevišķam aģentam ir sekojoši trūkumi:

- tas pilnīgi atkarīgs tikai no tā, ko tajā ielicis programmētājs,
- tam nav paredzētas iespējas sadarboties ar citiem aģentiem,
- tas nav spējīgs patstāvīgi papildināt savas zināšanas (piemēri: kafijas automāts, ekspertsistēma).

Lai dalītās (distributed) sistēmas pārvaldītu elastīgāk, tajās lieto daudzāģentu sistēmas (DAS). Tajās aģenti savstarpēji apmainās ar informāciju, papildina viens otra zināšanu bāzi, sadarbojas risinot kopējus uzdevumus.



2. att. Galvenie aģenta komponenti

Fig. 2. Main components of an agent

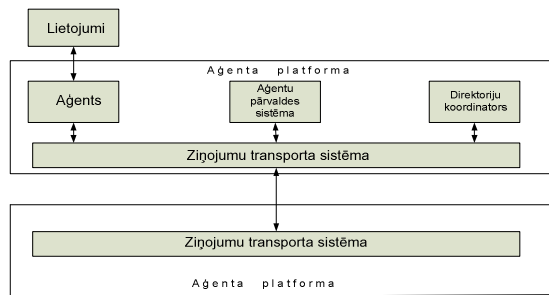
2. attēlā parādīti aģenta galvenie komponenti un to sadarbība, kas nodrošina tam autonomu lēmumu pieņemšanu.

3. Daudzāģentu sistēmu standartizācija

Uz DAS teoriju balstītās izstrādes tiek realizētas ar speciālu starpprogrammatūras aprīkojumu (toolkit), piem., JADE, JACK, u. c. palīdzību, kas darbojas kā starpprogrammatūra. Lai nodrošinātu jebkādu aģentu sadarbību, līdzīgi kā saskarnes datorīklu arhitektūrā, tiek standartizēti aģentu realizācijas, pārvaldes un informācijas apmaiņas noteikumi (piem., aģentu komunikācijas valoda – ACL), balstoties uz FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) standartiem [7]. ACL realizācijām noteicošā nozīme ir *domēna ontoloģijai* – formālam kādas nozares jēdzienu un to savstarpējo attiecību kopu priekšstatam, ko izmanto spriežot par šīs nozares īpašībām.

Uz aģentu bāzes standartizēto FIPA ontoloģiju arhitektūra ļauj veikt to integrāciju *datu struktūru* līmenī, nodrošinot efektīvu sadarbojošos procesu semantisku savietojamību, kas nepieciešams decentralizēto sistēmu pārvaldībai. Standartizācijai tiek pakļauti sekojošie DAS komponenti:

- abstraktā arhitektūra,
- lietojumi,
- aģentu sazināšanās valoda,
- aģentu pārvaldības modulis,
- aģentu direktoriju koordinators,
- aģentu ziņojumu transports.



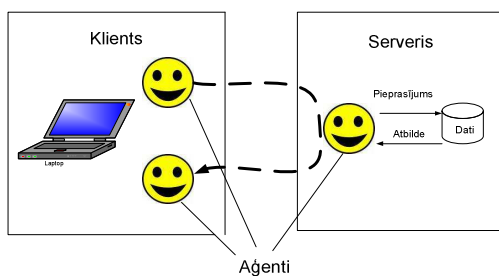
3. att. DAS standartizētais etalonmodelis [7]
Fig. 3. Reference model of MAS [7]

3. attēlā dots DAS etalonmodelis, kur attēloti aģentu starpprogrammatūras komponenti vienā datora platformā un starpplatformu sadarbība.

4. Aģentu tehnoloģiju funkcijas datortīklos

Datortīklos aģentu tehnoloģijas parasti lieto kā elastīgu starpprogrammatūru, kas būtiski palielina lietojumu iespējas un kuras lietošana aptver sekojošas funkcijas:

- **Tīklu pārvaldība** balstās uz iekārtās esošo aģentu sazināšanos ar pārvaldības datu bāzi.
- **Maršrutēšanā un servisa kvalitātes (QoS) nodrošināšanā** mobilie aģenti pārvietojas tīklā un pārnes parametru vērtības.
- **Klient/servera sadarbība** tiek pilnveidota izmantojot mobilos aģentus (4. att.).

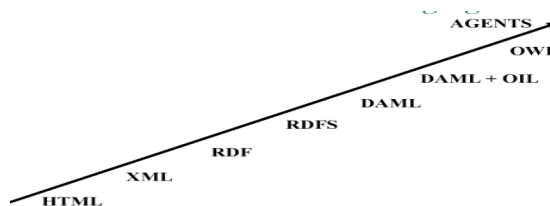


4. att. Mobilie aģenti klient/servera tīklā
Fig. 4. Mobile agents in the client/server network

- **Semantiskā tīmekļa** attīstība un lietošana.
- **Personālo aģentu** izmantošana informācijas ieguvei un lēmumu pieņemšanas atbalstam.
- **Lēmumu atbalsta sistēmas**, kas tieši saistītas ar lietojumiem.

5. Aģentu tehnoloģijas semantiskajā tīmeklī

Semantiskā tīmekļa (Semantic Web) koncepciju, kas balstās kā uz tīmekļa ontoloģiju valodu OWL, tā arī uz DAML+OIL, t. i., DARPA aģentu iezīmju valodas (DARPA Agent Markup Language – DAML) tā uz ontoloģiju izvedumu valodas (Ontology Inference Language – OIL) koplietošanu, uzskata par vienu no galveniem izaicinājumiem interneta straujākai attīstībai [8]. DAML+OIL pielietošana dod iespēju interpretēt domēnu ontoloģiju objektu semantiskās attiecības mašīnlasāmā veidā, kā arī paplašināt un savietot dažādu domēnu ontoloģijas. Tīmekļa objektu iezīmēšana ļauj DAML lietojošiem aģentiem sasaistīt tīkla resursus (piemēram, vietnes, datu bāzes, modeļus, sensorus u. c.), kas aprakstīti resursu apraksta formātā RDF, tādā veidā integrējot zināšanas. Semantiskā tīmekļa valodu un tehnoloģiju evolūcija dota 5. attēlā [8].



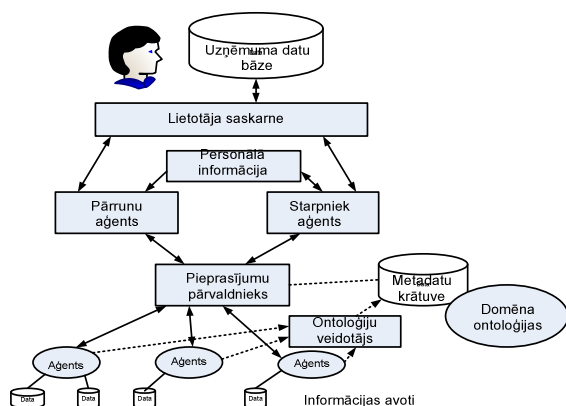
5. att. Semantiskā tīmekļa evolūcija [8]
Fig. 5. Evolution of semantic web [8]

6. Personālie aģenti

Personālos aģentus izmanto, lai atrastu un uzkrātu informāciju, kas nepieciešama personai – lietotājam. Pieņemts, ka:

- Katrai personai ir sava prioritāšu kopa {P} attiecībā uz pieejamo informāciju.
- {P} noteic lietotāja personālā aģenta profilu informācijai, kā arī tās izmantošanu lēmumu pieņemšanai.

Personālie aģenti var sastāvēt no vairāku aģentu grupas, kas seko personas darbībām tīklā, tās atceras un veic attiecīgās darbības, palīdzot lēmumu pieņemšanā, kā arī veido prioritāšu kopu {P}. Personālo aģentu darbība datortīklā redzama 6. attēlā [9].



6. att. Personas sadarbības ar tīklu [9]
Fig. 6. Person and network interaction [9]

Pēdējā laikā īpaša uzmanība tiek veltīta pētījumiem par mobilo aģentu lietošanu personu mobilajās iekārtās [10] personu aģentu lomā ar tīmekļa pakalpojumu izmantošanu, kas raksturīga visuresošajiem tīkliem.

7. Lēmuma atbalsta sistēmas

Lēmumu atbalsta sistēmas (LAS) ir interaktīvas informācijas sistēmas, kas ietver zināšanu bāzes un citas lēmumu pieņemšanai nepieciešamās aktivitātes, tai skaitā attiecīgus modeļus un scenārijus. LAS palīdz lēmumu pieņēmējam izmantot informācijas un komunikācijas tehnoloģijas, datus, dokumentus, zināšanas un/vai modeļus, lai sekmīgi izpildītu lēmuma pieņemšanas procesa uzdevumus. Tipiskā informācija, ko izmanto lēmuma atbalsta lietojumi, var būt: a) informācijas resursi, kas iekļauti datu bāzēs; b) salīdzinošas skaitliskās vērtības; c) paredzamie vērtējumi izejot no jauniem datiem vai pieņēmumiem; d) dažādu alternatīvu lēmumu sekas. LAS tiek izmantotas visdažādākās nozarēs, tai skaitā biznesa procesu pārvaldībā, medicīnā, lauksaimniecībā un citur. Pēdējā laikā, sakarā ar interneta lietojumu attīstību, lēmumu pieņemšanai arvien biežāk tiek izmantoti resursi un pakalpojumi (servisi), kas pieejami tīmeklī (web). Tādēļ tiek pētītas un izstrādātas LAS, kas izmanto tīmekļa pakalpojumus un aģentu tehnoloģiju [10, 11]. Lietojot daudzāģentu sistēmas LAS ietvaros aģenti var:

a) glabāt un/vai atrast lēmumu pieņemšanas procesam nepieciešamo informāciju, b) sazināties ar lietotāju un vidi (piem., sensoru dati vai informācija no interneta), lai interpretētu datus un sasniegtu lēmuma pieņemšanas uzdevuma mērķi, reaģējot uz vides izmaiņām.

Katrai LAS darbības funkcijai var piesaistīt atsevišķu aģentu vai to grupu, kurā aģentiem var būt dažādas lomas.

Jāņem vērā to, ka lēmumu atbalsta sistēmas var iedalīt gan personīgi lietojamās, kur pieņemamā lēmuma lietderīgums attiecināms tikai uz vienu personu, gan tādās, kur lēmuma lietderīgums var skart arī citas personas. Pēdējā gadījumā ir iespējama konflikta situācija, ja nevar konstatēt, vai pieņemtais lēmums nav balstīts uz personas savtīgiem apsvērumiem. Viens no risinājumiem, ka to novērst, var būt visas lēmumu pieņemšanas procedūras dokumentēšana.

Izejot no literatūras apskata par lēmumu atbalsta sistēmām var secināt, ka:

- LAS (DSS) – ir izplatīts lietojums visdažādākās nozarēs.
- LAS ietver: datus, metodes, modeļus, zināšanas, rīkus u. c.
- Vienkāršākās LAS bieži balstās uz alternatīvu vērtēšanu un salīdzināšanu konkurējošu alternatīvu kopā $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ pēc izmaksu kritērijiem.
- Alternatīvu vērtēšana var notikt vairākos etapos, balstoties uz papildus informācijas ieguvu, piem., lietojot Web-servisus un atbilstošas ontoloģijas, kā arī personālos aģentus.
- Vienkāršākajās LAS alternatīvas salīdzina aprēķinot katrai tikai lietderības funkcijas vērtību, piem., izmaksas.
- Paplašinātās LAS alternatīvas salīdzina ņemot vērā vairākus kritērijus un ierobežojumus. Šeit perspektīva ir DAS lietošana.

8. Paplašinātās lēmumu atbalsta sistēmas piemērs

Uz literatūras apskata pamata par lēmumu atbalsta sistēmām tika izveidots LAS arhitektūras modelis, kas attiecīgajā ontoloģijā ņem vērā sekojošus kritērijus un ierobežojumus (KI):

- mērķa sasniegšanas (lietderības) funkcijas,

- apdraudējumus (riskus),
- iespējas (tai skaitā personīgās),
- vājās vietas un papildus resursu piesaistes un ierobežojumu perspektīvas.

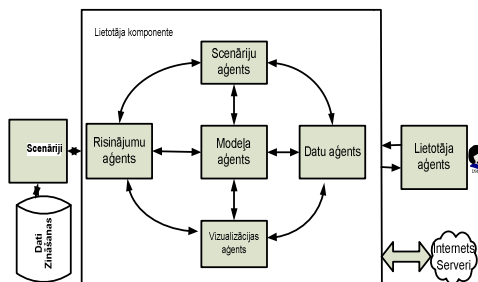
Tika izvirzīti sekojoši pieņēmumi:

- Lēmumu pieņemšanas process (LPP) sastāv no vairākiem alternatīvu kopas $\{A\}$ salīdzināšanas etapiem, kuru izpildes gaitā var tikt iegūta jauna informācija. Tas var izraisīt jaunus scenārijus un modificēt $\{A\}$.

Katrā etapā iespējams:

- Savstarpēji salīdzināt $\{A\}$ atbilstoši KI un izvērtēt to atbilstību gala mērķim,
- iegūt papildu informāciju/resursus (scenārijus) un koriģēt alternatīvu kopu $\{A\}$ uz tā pamata.
- KI noteic pēc LPP domēna/domēnu ontoloģijas.

Ja secīgu LPP rezultātā tiek izveidota etapu secība, tad to var uzskatīt par darbplūsmu (workflow) un izmantot tās konstruēšanai atbilstošās metodes un rīkus (piem., WADE [12]). Piemēra LAS arhitektūra dota 7. attēlā.



7. att. Piemēra LAS arhitektūra
Fig. 7. Architecture of DSS example

Aplūkosim sekojošu šādas LAS lietošanas hipotētisku piemēru:

Tālbraucējam autovadītājam jānogādā krava no punkta *A* uz punktu *D* laikā, kas nepārsniedz *T* pēc iespējas minimizējot maršruta izmaksas. Šajā gadījumā kā paplašinājumu navigācijas iekārtai var lietot LAS, un lēmumu alternatīvu kopas $\{A\}$ būs posmu izvēles varianti katrā etapā.

Saņemot jaunu informāciju var rasties jauni scenāriji, kas var prasīt korekcijas.

Šajā gadījumā KI var sastāvēt no:

- lietderības funkcija - degvielas izmaksas,

- iespējas – ceļa kvalitāte, sastrēgumi,
- apdraudējumi – automašīnas tehniskais stāvoklis, kravas drošība.

Secinājumi

1. Aģentu tehnoloģijas arvien vairāk kļūst par datortīklu un tīmekļa attīstības galveno dzinēju.
2. Lēmumu atbalsta sistēmas, izmantojot semantiskā tīmekļa pakalpojumus, kļūst par atvērtām sistēmām, tāpēc nepieciešama arī to datu aizsardzība.
3. Personālo aģentu iekļaušana LAS sastāvā palielina to darbības efektivitāti, bet var novest arī pie interešu konflikta, ko iespējams novērst dokumentējot lēmumu pieņemšanas procesu.
4. Lēmumu alternatīvo variantu ģenerēšana bieži balstās uz darbplūsmu izmantošanu.
5. Alternatīvo variantu izvērtēšanas perspektīva stratēģija ir vairāku kritēriju un ierobežojumu izmantošana izejot no risku un iespēju (resursu) analīzes.

Literatūra

1. Saracco R. Toward a Software Infrastructure for Ubiquitous Disappearing Computing// The Handbook of Mobile Middleware – Auerbach Publications, 2007, pp. 3-26.
2. Mangina E., Carbo J., Molina J. M. Agent-Based Ubiquitous Computing. Atlantis Press/World Scientific, 2009 – 196 p.
3. Jennings N. An Agent-Based Approach for Building Complex Software Systems. // Communications of the ACM, april 2001, vol.44, No. 4, pp. 35-41.
4. Ferber J. Multi-Agent Systems. – Harlow, England: Addison-Wesley Longman. 1999. - 508 p.
5. Woodridge M. An Introduction to Multiagent Systems.–John Wiley & Sons, Ltd. – 2006 – 348 p.
6. Das S. Foundations of Decision-Making Agents: Logic, Probability and Modality. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. -2008 – 366 p.

7. Laamanen H. Agent Standards. http://www.cs.uta.fi/kurssit/agents/FIPA@TU_presentation_14112001.pdf. Resurss aprakstīts 2009. g. 10.okt.
8. Enhancing Decision and Negotiation Support in Enterprise Networks Through Semantic Web Technologies / Schoop M., Becks A., Quix C., Burwick T., Engels C., Jarke M., 2002, - <http://www.sewasie.org/documents/xsw2002.pdf> - Resurss aprakstīts 2009. g. 10.okt.
9. Policy based Ontology Framework for Mobile Agents / Sadik S., Ali A., Farooq A., Suguri H. 2007. - <http://www.computer.org/portal/web/csd/doi/10.1109/ICIS.2007.149> - Resurss aprakstīts 2009. g. 10.okt.
10. DONG J., LOO G. Flexible Web-Based Decision Support System Generator (FWDSSG) Utilising Software Agents. - <http://www.computer.org/portal/web/csd/doi/10.1109/DEXA.2001.953168> - Resurss aprakstīts 2009. g. 10.okt.
11. Zhang J., Pu P., Faltings B. Agile Decision Agent for Service-Oriented E-Commerce Systems - 2006 - <http://infoscience.epfl.ch/record/115279?ln=en&of=HD>
12. WADE TUTORIAL DEFINING AGENT TASKS AS WORKFLOWS - 2009 - <http://jade.tilab.com/wade/doc/tutorial/WADE-Tutorial.pdf>

Ermuiža A. Daudzaģentu tehnoloģiju lietošana datortīklos un lēmuma atbalsta sistēmās

Dots ieskats par datortīklu un aģentu tehnoloģiju savstarpējo iespaidu to attīstībā un izvērtēta to loma lēmuma atbalsta sistēmu pilnveidošanā. Datortīklu tehnoloģiju attīstība, kas balstās uz platjoslu un bezvadu tehnoloģijām, stimulē tīmekļa tehnoloģiju pilnveidošanu. Savukārt aģentu tehnoloģija, kas balstās uz daudzaģentu sistēmu teoriju, stimulē gan datortīklu tehnoloģiju, gan tīmekļa tehnoloģijas.

Datortīklu mobilo iekārtu attīstība un mobilo aģentu iekļaušana tajās dod iespējas izstrādāt visuresošos tīklus, kas balstās uz semantisko tīmekli un tā pakalpojumiem. Tas, savukārt, dod iespējas attīstīt vairumam lietotāju piemērotus personālos aģentus un lēmumu atbalsta sistēmas. Tiek analizētas personālo aģentu un lēmumu atbalsta sistēmu koplietošanas iespējas zināšanu pieauguma apstākļos un piedāvāta uz iespēju/risku vērtējumiem balstīta lēmumu pieņemšanas stratēģija. Aplūkots arī hipotētisks piemērs, kā autovadītājs var izvērtēt maršruta variantus vispusīgi izvērtējot alternatīvas.

Ermuiža A. Usage of multi-agent technologies in computer networks and decision support systems

It is given a view upon interaction of computer networks and agent technologies and evaluated their roles in improvement of decision support systems. The evolution of computer networks based on wideband and wireless technologies make possible to improve web technologies. In its turn agent technology based on the theory of multi-agent systems stimulate computer network and web technologies as well. Development of mobile devices of computer networks with enclosed mobile agents gives facilities for development ubiquitous networks based on services of semantic web, personal agents and such decision support systems suitable for majority of users. There is analysed possibilities of common use personal agents and decision support systems under conditions of accumulative knowledge and proposed the extended strategy of decision support based on simultaneous evaluation risks and possibilities. It is considered an hypotheticalal example how car driver may use such method

Эрмуижа А. Применение мульти-агентных технологий в вычислительных сетях и в системах поддержки решений

Дан взгляд на взаимное влияние развития вычислительных сетей и агентных технологий и оценивается их влияние на усовершенствование систем поддержки решений. Развитие технологий вычислительных сетей на базе широкополосных и беспроводных технологиях стимулирует как совершенствование вычислительных сетей так и веб-технологий (паутины). Развитие мобильных сетевых конечных устройств и внедрение в них мобильных агентов дает возможность разрабатывать вездесущие сети, опирающиеся на семантическую паутину и ее сервисы. А это, в свою очередь, дает возможность разрабатывать персональные агентные системы поддержки решений, пригодные для большинства

пользователей. Анализируются возможности совместного использования персональных агентов и системы поддержки решений в условиях прироста знаний и предлагается стратегия принятия решений, основанная на совместном оценивании возможностей и рисков. Рассмотрен гипотетический пример оценивания вариантов маршрутов автоводителем на этой основе.