

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Dzelzceļa transporta institūts

Nadežda KUŅICINA

Transporta datorvadības, informācijas un elektroniskās sistēmas programmas doktorante
(doktor, apl. Nr. 951RDB303)

PROGRAMMU AĢENTU MODELĒŠANAS METOŽU
IZSTRĀDE ELEKTROPIEGĀDES UN TRANSPORTA
LOĢISTIKAS SISTĒMĀS

Prnmcijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs:
Dr.sc.ing., asoc. profesors
A.ĻEVČENKOVŠ

RTU
Izdevniecība
Rīga 2004

1. Darba vispārējais apraksts

1.1. Tēmas aktualitāte. Līdz šim brīdim Latvijas un pasaules zinātnieku pētījumi bija saistīti ar lēmumu pieņemšanas uzdevumu izpēti enerģētikas ražošanas, projektēšanas un ekspluatācijas jomās. Pamata uzdevumu risināšanas paņēmieni tika noformulēti šādu Latvijas zinātnieku darbos: L. Ribickis, A. Sauhats, Z. Krišāns, V. Dāle, O. Paegle, I. Oleinikova un šādu: R. Kini, L. Raifa, P. Fishburn, T. L. Saaci, P. Humphreys, O. Laričevs, M-J. Aracil, J-I. Castillo, L. Lopez - Valpuesta, T. Witting, ārvalstu zinātnieku publikācijās. Tai skaitā arī elektropiegādes un transporta loģistikas uzdevumu izpēti, kuru risināšanai tika piemērotas operāciju pētīšanas metodes un lēmumu pieņemšanas metode riska un nenoteiktības apstākļos, kuri Jauj iegūt rekomendācijas optimālās (zināmā mērā) alternatīvas izvēlei. Daudzkritēriju optimizācijas metodes ļāva analizēt un veikt optimālo alternatīvu izvēli sarežģīta uzdevumu risināšanai, kad tiek izskatīta alternatīvu kopa ar pretrunīgām īpašībām.

Tiek aktualizēts tādu metožu pielietošanas jautājums, kas atspoguļo elektroenerģijas patērētāju noteiktās prioritātes. Daudzkritēriju optimizācijas procedūru pielietošanas metožu izstrādi patērētāju un piegādātāju mērķu izpildi liberalizētā tirgus apstākļos nodrošinošo programmu aģentu funkcionālo un operāciju īpaību un struktūras projektēšana. Netiek izpētīti programmu aģentu funkcionālās mijiedarbības jautājumi ar daudzkritēriju optimizācijas metodēm, lēmumu pieņemšanas metodēm, kā arī ar sarakstu teorijas metodēm.

Programmu nodrošinājuma funkcionēšanas efektivitāte globālos tīklos pašreiz ir lielā mērā atkarīga no elektroenerģijas patērētāju pieejas datu bāzēm, pēc tos interesējošiem jautājumiem, uzdevumu risināšanas operativitātes globālajā tīklā. Patērētāju prioritāšu attēlošanas pakāpes datu bāzes vērtību virknē globālajā tīklā lielākoties nav atspoguļotas.

Tiek aktualizēts programmu aģentu, sarakstu teorijas metožu, daudzkritēriju optimizācijas teorijas metožu un matemātiskās statistikas metožu pielietošanas problēma elektropiegādes uzdevuma risināšanai liberalizētā tirgū datu bāžu eksistēšanas gadījumā globālajā tīklā. Kas, savukārt, izraisa metodoloģisko norādījumu izstrādes problēmu globālo tīklu sistēmu tehnikiem un matemātiskā nodrošinājuma projektētājiem optimālo risinājumu meklēšanai elektropiegādes uzdevumos gan atsevišķā patērētāja, gan atsevišķās valsts, gan reģionu mērogā.

1.2. Darba mērķis. Promocijas darba mērķis ir elektropiegādes uzdevumu risinājuma modeļu uzbūves metožu izstrāde liberalizētā tirgū, ņemot vērā šādas īpatnības: globālo tīklu esamība ar lielu objektu skaitu, tai skaitā: serveri, piegādātāju un patērētāju datori; daudzkriteriālo objektu esamība; sarežģīto dinamisko topoloģiju esamība; piegādātāju un patērētāju norīkošana riska apstākļos; patērētāju prioritāšu esamība un to mainīgums laikā; dinamiska procesa vadības esamība, ar ietekmējošo iedarbību; nepietiekamo statistisko datu esamība modelēšanai.

1.3. Pētījuma metodes. Promocijas darbā tika izmantotas šādas teorētiskās un praktiskās metodes: sistēmu analīzes metodes; modernās loģistikas teorijas metodes; kopu teorijas metodes; moderna lēmumu pieņemšanas teorija; grāfu teorija; plūsmu teorija; moderna mērījumu teorija; daudzkritēriju optimizācijas metodes; sarakstu teorija; matemātiskās statistikas metodes.

1.4. Zinātniska novitāte. Darba zinātnisko novitāti apliecina šādi promocijas darba aspekti: tika formulēts programmu aģentu modelēšanas metožu izstrādes uzdevums elektropiegādes un transporta loģistikas sistēmām globālo tīklu esamības situācijā; tika izstrādātas daudzkritēriju programmu aģentu darbības metodes un procedūras riska apstākļos; tika izstrādātas Supra aģentu formalizēto mērķu modeļu novērtēšanas procedūras: patērētāju profila izvēles, izejvielu piegādes sarakstu sastādīšanas, ekspertu komisijas sastādīšanas uzdevumiem un tos sadarbībai ar Supra aģentu.

1.5. Galvenie rezultāti. Darbā iegūti šādi galvenie rezultāti:

- Elektroapgādes un transporta loģistikas uzdevums tika formulēts kā formalizētais modeļu pētīšanas uzdevums.

- Elektroapgādes un transporta loģistikas programmu aģentu modeļu uzbūvei un izpētei promociju darbā ir analizēts savstarpēji saskaņotu deviņu modeļu komplekss: izejvielu piegādes sistēmas funkcionēšanas modelis - Sum ; transporta sistēmas funkcionēšanas modelis izejvielu piegādei energosistēmām - Stm ; elektroenerģijas piegādes sistēmas modelis patērētājiem - Sem ; elektroenerģijas patērētāju uzvedības modelis liberalizēta elektroenerģijas tirgus apstākļos - Spm ; programmu aģentu modelis, kuri mijiedarbība ar izejvielu piegādes sistēmas modeli risina optimālo izejvielu piegādes uzdevumu energosistēmām - A'' ; programmu aģentu modelis, kuri mijiedarbība ar transporta sistēmas modeli risina optimālo izejvielu piegādes uzdevumu energosistēmām - A' ; programmu aģentu modelis, kas risina elektroenerģijas piegādes uzdevumu patērētājiem - A^e ; patērētāju programmu aģentu modelis, kas ņem vērā elektroenerģijas patērētāju prioritātes riska apstākļos, sasniedzot reālu ekspertu grupu mērķus - A^p ; ekspertu grupas Supra programmu aģenta modelis, kas ņem vērā ekspertu grupu mērķus, nodrošinot patērētāju mērķu realizācijas koordināciju nepārtrauktā režīmā - A^s .

- Tika analizēts programmu aģentu, Supra programmu aģenta mijiedarbība modeļu izpētei ar elektroenerģijas patērētāju prioritāšu un pasūtījumu datu bāzēm, ar energosistēmām un elektroenerģijas ražotāju izejvielu piegādātāju datu bāzēm. Elektroenerģijas piegādes uzdevumam tika definēti elektroenerģijas patēriņa daudzuma prognozēšanas modeļi nākamam laika momentam, elektroenerģijas piegādātāju norīkošanas modelis elektroenerģijas patērētājiem, elektroenerģijas piegādes ceļa noteikšanas modelis. Loģistikas transporta uzdevumam tika formulēti izejvielu piegādātāju norīkošanas modelis energosistēmām, izejvielu piegādes modelis energosistēmām, izejvielu piegādes saraksta sastādīšanas modelis energosistēmām.

- Elektroenerģijas piegādes un loģistikas transporta uzdevumu risināšanai tika izskatīti un izanalizēti dažādi algoritmi un piedāvāts elektroapgādes uzdevuma risināšanai izmantot prognozēšanas metodes, Pseido Kēninga metodi, modificētās plūsmu teorijas metodes, transporta loģistikas uzdevuma risināšanai tika piedāvāts izmantot modificēto Kēninga metodi modificēto Littla algoritmu, sarakstu teorijas modificēto metodi pirmais ienāk pirmais tiek apkalpots.

- Izstrādāto metožu pielietošanas rezultātā tiek doti programmu aģentu elektroapgādes modelēšanas uzdevuma raksturojumi Baltijas reģionā Ir izskatīta elektroenerģijas piegādes profila raksturīpašību izvēle ar programmu aģentu palīdzību Latvijas elektroenerģijas patērētājiem. Tiek izskatīts izstrādāto metožu praktiskās pielietošanas piemērs piegādātāju izvēles, profila izvēles, ekspertu komisijas sastādīšanas un elektroenerģijas izejvielu piegāžu uzdevumiem.

1.6. Darba praktiskais pielietojums. Promocijas darbā piedāvātā metodika nodrošina lēmuma pieņemšanas procedūras organizāciju elektroapgādes un transporta loģistikas uzdevumu risināšanas gaitā liberalizētā tirgus apstākļos Baltijas reģionā, izmantojot programmu aģentu matemātiskos modeļus. Realizējot izstrādātās metodes globālajā tīklā, tiek nodrošināta iespēja veikt elektroapgādes loģistikas uzdevumu ar lielu piegādātāju un patērētāju skaitu, risinājuma analīzi.

Strukturālo elementu adaptācijas algoritms ļauj pielāgoties reālām piegādes sistēmām un risināt jaunus uzdevumus bez papildus izmaksām. Promocijas darbam tika izstrādāta pieliekamo programmu vienkāršota informācijas sistēma, kura realizē programmu aģentu funkcijas elektroenerģijas patērētāju septiņām prognozēšanas metodēm, Rīgas pilsētai ar apakšstaciju parametriem Latvijas teritorijā un informāciju par citu Baltijas reģionu valstu elektroenerģijas piegādātājiem.

Promocijas darba praktiskie eksperimenti tika veikti ar globāla tīkla datu bāzi serverī, pielietojot programmu aģentus prognozēšanai elektroenerģijas piegādes uzdevumos. Izstrādātie matemātiskie modeļi, procedūras, algoritmi un metodes var būt pielietoti VAS Latvenergo, VAS Latvijas Dzelzceļš, kā arī Latvijas Zinātnes padomes zinātniskā projektā Nr: 04-1182 ar nosaukumu "Multiāģentu sistēmu attīstība enerģētikas sadalē".

1.7. Darba aprobācija. Darba rezultāti prezentēti un apspriesti šādas starptautiskās zinātniskās konferencēs:

- "Industrial Simulation Conference 2003", June 9-11, Valencija, Spain, 2003.
- "The International Workshop on Harbour, Maritime and Multimodal Logistics Modelling & Simulation - HMS 2003" September 18-20, Riga, Latvia, 2003.
- 44nd International Scientific Conference, Riga Technical University, October 9-11, Riga, Latvia, 2003.
- 18 th international conference on CAD/CAM, robotics and factories of the future - CARS& FOF2002, July 3-5, Porto, Portugal, 2002.
- 43nd International Scientific Conference, Riga Technical University, October 11 - 14, Riga, Latvia, 2002.
- 15th European Simulation Multiconference, June 6-9, CTU Prague, Czech. Republic, 2001
- 42nd International Scientific Conference, Riga Technical University, October 11-13, Riga, Latvia, 2001.
- 15th International conference on multiple criteria decision making, Middle east Technical university, July 11-14, Ankara, Turkey, 2000.
- Nordic-Baltic Transport Research Conference, 13 -14 April, Riga, Latvia, 2000.

Darbs tika apspriests RTU semināros (Dzelzceļa transporta institūtā un Imitācijās modelēšanas katedrā), ir veiktas pārrunas ar VAS Latvenego un VAS Latvijas Dzelzceļā pārstāvjiem par darba praktiskā pielietojuma iespējām. Promocijas darbs tika apspriests Latvijas Zinātņu akadēmijas Fizikālas enerģētikas institūta EMM laboratorijas zinātniskā seminārā. Promocijas darbs tika prezentēts L2A FEI Zinātniskās Padomes sēdē.

1.8. Publikācijas. Darba rezultāti tika atspoguļoti 11 autora publikācijās starptautiskos konferenču materiālos:

- N. Kunicina, A. Levchenkovs, L. Ribickis "Algorithm for Software agents to power supply modeling in Baltic region" EPE - PEMC, 11 th International power electronics and motion control conference, Rīga, 2004., 6 lpp. (iespiešanā).
- N. Kunicina, "Software agents algorithm for logistics models of power supply companies with adaptation" RTU zinātniskie raksti, Rīga, 2004., 8 lpp. (iespiešanā).
- N. Kunicina, A. Levchenkovs, "Scheduling and program agents algorithms for e - logistics" "Industrial Simulation Conference 2003", Valencia, Spain, 2003., 243-256. lpp.
- N. Kunicina, "Software agents modelling for power energy company" RTU zinātniskie raksti, Scientific proceedings of Riga Technical University, "Computer Science Information Technology and Management Science" Rīga, 2003., 179-183.lpp.
- N. Kunicina, A. Levchenkovs, L. Ribickis "The use of software agents in power energy logistics" "The International Workshop on Harbour, Maritime and Multimodal Logistics Modelling & Simulation - HMS 2003" Rīga, 2003., 367-371. lpp.
- N. Kunicina, "Sarakstu programmu agentu pielietošana loģistikas uzdevumu risināšanai" RTU zinātniskie raksti, Scientific proceedings of Riga Technical University, "Mašīnzinātne un transports", sērija 6., sējums 12., Rīga, 2003., 149 - 153.lpp
- N. Kunicina, A. Levchenkovs "The use of Program agents to choose supplier for multicriterial problems" RTU zinātniskie raksti, Scientific proceedings of Riga Technical University, "Mašīnzinātne un transports", sērija 6., sējums 12., Rīga, 2003., 141 - 148.lpp

- A. Levchenkovs, V. Jansons, N. Kunicina, "Coordination between programs agents for e-commerce", Scientific proceedings of 18 th international conference on CAD/CAM, robotics and factories of the future - CARS& FOF2002, Porto, Portugal, 2002., 661-667 p.
- N. Kunicina, A. Levchenkovs, V. Jansons "Intelligent agents for information transport systems" RTU zinātniskie raksti, Scientific proceedings of Riga Technical University "Maslzinātne un transports" sērija 6., sējums 4., Rīga, 2001., 102-107 lpp.
- N. Kunicina, A. Levchenkovs, "Modelling of Multicriterial Group Decision Making in Transportation Logistics Systems", "Modelling and Simulation 2001", 15th European Simulation Multiconference, CTU Prague, 2001., 892 - 894 lpp.
- Kunicina N., Levchenkov, A., "Logistics Decisions Systems for Railway's Intermodality Traffic Management" - Nordic-Baltic Transport Research Conference, Conference Proceedings, Volume II, 2000., Rīga, 5p.

1.9. Promocijas darba struktūra un apjoms. Darbs satur 29 attēlus, 13 tabulas, kopā 113 lpp. Literatūras sarakstā ir 56 nosaukumi.

2. Promocijas darba saturs

Ievads satur īsu apskatu par tārba tematu, tā aktualitāti, mērķiem, darba zinātnisko novitāti, pētījuma metodi, galvenajiem rezultātiem un autora publikācijām, kā arī par darba aprobāciju.

Pirmā nodaļa ir veltīta metožu apskatei, nodaļā tiek analizēta modeļu kompleksa struktūra elektroenerģijas piegādei globālajā tīklā. Ir izskatītas programmu aģentu sistēmu raksturīpašības. Tiek parādīta formalizēta modeļu pētīšanas uzdevuma nostādne. Tiek parādīts, kā programmu aģentu modelēšanas uzdevuma risināšanai ir nepieciešams izstrādāt mērķi vadības procesiem, kā arī daudzkritēriālā novērtējuma modeļus. Elektroenerģijas un transporta loģistikas programmu aģentu modeļu izbūvei un izpētei promociju darbā ir analizēts savstarpēji saskaņotu deviņu modeļu komplekss:

- Izejvielu piegādes sistēmas funkcionēšanas modelis - Sum ;
- Transporta sistēmas funkcionēšanas modelis izejvielu piegādei energosistēmām - Stm ;
- Elektroenerģijas piegādes sistēmas modelis patērētājiem - Sem ;
- Elektroenerģijas patērētāju uzvedības modelis liberalizēta elektroenerģijas tirgus apstākļos - Spm ;
- Programmu aģentu modelis, kuri mijiedarbība ar izejvielu piegādes sistēmas modeli risina optimālo izejvielu piegādes uzdevumu energosistēmām - A^u ;
- Programmu aģentu modelis, kuri mijiedarbība ar transporta sistēmas modeli risina optimālo izejvielu piegādes uzdevumu energosistēmām - A^t ;
- Programmu aģentu modelis, kas risina elektroenerģijas piegādes uzdevumu patērētājiem - A^e ;
- Patērētāju programmu aģentu modelis, kas ņem vērā elektroenerģijas patērētāju prioritātes riska apstākļos, sasniedzot reālu ekspertu grupu mērķus - A^p ;
- Ekspertu grupas Supra programmu aģenta modelis, kas ņem vērā ekspertu grupu mērķus, nodrošinot patērētāju mērķu realizācijas koordināciju nepārtrauktā režīmā - A^s .

Elektroenerģijas patērētāju prioritāšu modelēšana riska apstākļos ir ļoti aktuāls uzdevums, ņemot vērā elektroenerģijas tirgus liberalizāciju tuvākajos gados. Promocijas darbā izanalizēts arī ekspertu grupu izvirzīto mērķu sasniegšanu modelēšana ar Supra programmu aģentu un citu programmu aģentu palīdzību elektroenerģijas un transporta loģistikas procesos.

Promocijas darbā tiek izmantoti šādi jēdzieni un apzīmējumi:

Programmu aģents A ir: izpildāma datu kopne datu cietas vai datu kopne datora operatīvajā atmiņā. Programmu aģenta galvenā īpašība ir saistīta ar to, ka programmu aģents izpilda definētu darbību, kura tiek noteikta saskaņā ar elektroenerģijas patērētāju uzdevumu bez pārtraukuma diennakts režīmā.

Programmu aģenta darba vide ir globāla tīkla serveris (atsevišķām darbībām lietotajā dator).

Programmu aģentu kopa tiek apzīmēta ar $A = \{A^i, i \in I, I = \{1, 2, \dots, n\}, A^i = \{A^k, k \in K\}$.

Supra programmu aģents A^s ir tāds programmu aģents, kas nodrošina citu programmu aģentu darbības secīgu koordināciju, izpildot pasūtītāja uzdevumu. Supra programmu aģentu kopa tiek apzīmēta ar $A^s = \{A^s, i \in I\}$, $I = \{1, 2, \dots, m\}$.

Izejvielu piegādes sistēma Su ir fiziska sistēmā, kas nodrošina izejvielu piegādi energosistēmām. Promocijas darbā izejvielu piegādes sistēma tiek apzīmēta šādi: $Su(t_i) = \{Su_i(t_i), i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}$. Izejvielu piegādes sistēma $Su(t_i)$ ir saistīta ar vidi $Sv(t_i)$. Izejvielu piegādes sistēmai $Su(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $Wu^1(t_i)$, kura nonāk transporta sistēmas $St(t_i)$ ieejā, no kuras var ienākt pretējā izeju ziņojumu kopa $Wu^{-1}(t_i)$. Izejvielu piegādes sistēmai $Su(t_i)$ ir noteikta ieejas ziņojumu kopa $Wu(t_i)$ un ieejas materiālo plūsmu kopa $Wuv(t_i)$ laika momentam $t_i \in T$, $T = \{t_i, i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}$, kura nāk no vides $Sv(t_i)$. Izejvielu piegādes sistēma $Su(t_i)$ var ietekmēt vidi $Wuv^{-1}(t_i)$. Izejvielu piegādes sistēmu $Su(t_{i+1})$ var ietekmēt izejvielu programmu aģentu modelis $A^u(t_{i+1})$.

Transporta sistēma St ir fiziska sistēma, kas nodrošina izejvielu transportēšanu no izejvielu piegādātājiem līdz energosistēmām. Promocijas darbā transporta sistēma tiek apzīmēta šādi: $St(t_i) = S(t_i)$, $i \in I = \{1, 2, \dots, s\}$. Transporta sistēma $St(t_i)$ ir saistīta ar izejvielu piegādes sistēmu $Su(t_i)$. Transporta sistēmai $St(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $Wt^1(t_i)$, kura nonāk energosistēmas $Se(t_i)$ ieejā, no kuras var ienākt pretējā izeju ziņojumu kopa $Wt^{-1}(t_i)$. Transporta sistēmai $St(t_i)$ ir noteikta ieejas ziņojumu kopa $Wt(t_i)$ un ieejas materiālo plūsmu kopa $Wtu(t_i)$ laika momentam $t_i \in T$, $T = \{t_i, i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}$, kura nāk no izejvielu piegādes sistēmas $Su(t_i)$. Transporta sistēma $St(t_i)$ var ietekmēt izejvielu piegādes sistēmu $Wtu^{-1}(t_i)$. Transporta sistēmu $St(t_{i+1})$ var ietekmēt transporta sistēmas programmu aģentu modelis $A^t(t_{i+1})$.

Energosistēma Se ir fiziska sistēma, kas nodrošina elektroenerģijas ražošanu un nogādāšanu patērētājam. Promocijas darbā energosistēma tiek apzīmēta šādi: $Se(t_i) = \{Se_i(t_i), i \in I, I = \{1, 2, \dots, sj\}$. Energosistēma $Se(t_i)$ ir saistīta ar transporta sistēmu $St(t_i)$. Energosistēma $Se(t_i)$ ir saistīta ar vidi $Sv(t_i)$. Energosistēmai $Se(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $We^1(t_i)$, kura nonāk patērētāju sistēmas $Sp(t_i)$ ieejā, no kuras var ienākt pretējā izeju ziņojumu kopa $We^{-1}(t_i)$. Energosistēmai $Se(t_i)$ ir noteikta ieejas ziņojumu kopa $We(t_i)$ un ieejas materiālo plūsmu kopa $Wet(t_i)$ laika momentam $t_i \in T$, $T = \{t_i, i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}$, kura nāk no transporta sistēmas $St(t_i)$. Energosistēma $Se(t_i)$ var ietekmēt transporta sistēmu $Wet^{-1}(t_i)$. Energosistēmu $Se(t_{i+1})$ var ietekmēt energosistēmas programmu aģentu modelis $A^e(t_{i+1})$.

Patērētāju sistēma Sp ir fiziska sistēma, kas patērē elektroenerģiju. Promocijas darbā patērētāju sistēma tiek apzīmēta šādi: $Sp(t_i) = \{Sp_i(t_i), i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}$. Patērētāju sistēma $Sp(t_i)$ ir saistīta ar energosistēmu $Se(t_i)$. Patērētāju sistēmai $Sp(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $Wp^1(t_i)$, kura nonāk vidē $Sv(t_i)$, no kuras var ienākt pretējā izeju ziņojumu kopa $Wp^{-1}(t_i)$. Patērētāju sistēmai $Sp(t_i)$ ir noteikta ieejas ziņojumu kopa $Wp(t_i)$ un ieejas materiālo plūsmu kopa $Wpe(t_i)$ laika momentam $t_i \in T$, $T = \{t_i, i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}$, kura nāk no energosistēmas $Se(t_i)$. Patērētāju sistēma $Sp(t_i)$ var ietekmēt energosistēmu $Wpe^{-1}(t_i)$. Patērētāju sistēmu $Sp(t_{i+1})$ var ietekmēt patērētāju sistēmas programmu aģentu modelis $A^p(t_{i+1})$.

Ekspertu komisijas sistēma Sk ir fiziska sistēma, kas nodrošina koordināciju starp visām loģistikas sistēmām Su, St, Se, Sp uzdevuma risināšanas gaitā. Promocijas darbā ekspertu komisijas sistēma tiek apzīmēta šādi: $Sk(t_i) = \{Ski(t_i), i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}$. Ekspertu komisijas sistēma $Sk(t_i)$ ir saistīta ar vidi $Sv(t_i)$. Ekspertu komisijas sistēmai Sk ir izeju ziņojumu kopa $Wk^1(t_i)$, kura nonāk Supra programmu aģentā A^s globālajā tīklā no kura var ienākt pretējā izeju ziņojumu kopa $Wk^{-1}(t_i)$. Ekspertu komisijas sistēmai $Sk(t_i)$ ir noteikta ieejas ziņojumu kopa $Wk(t_i)$ laika momentam $t_i \in T$, $T = \{t_i, i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}$. Ekspertu sistēmu $Sk(t_{i+1})$ var ietekmēt Supra programmu aģentu modelis $A^s(t_{i+1})$.

Izejvielu piegādes sistēmas modelis Sum ir fiziskas izejvielu piegādes sistēmas Su modelis. Promocijas darbā izejvielu piegādes sistēmas modelis $Sum(t_i)$ tiek apzīmēts šādi: $Sum(t_i) = \{Sum^1(t_i), i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}$. Izejvielu piegādes sistēmas modelim $Sum(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $Wu^2(t_i)$, kura nonāk izejvielu piegādes programmu aģentu modelī $A^u(t_i)$ globālajā tīklā. Izejvielu piegādes sistēmas modelim $Sum(t_i)$ ir noteikta ieejas ziņojumu kopa $Wu(t_i)$.

Transporta sistēmas modelis Stm ir fiziskas transporta sistēmas St modelis. Promocijas darba transporta sistēmas modelis Stm tiek apzīmēts šādi: $Stm(t_i) = \{Stm(t_i), i \in I\}$, $I = \{1, 2, \dots, s\}$. Transporta sistēmas modelim $Stm(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $Wr^2(t_i)$, kura nonāk transporta programmu aģentu modelī $A^l(t_i)$ globālajā tīklā. Transporta sistēmas modelim Stm ir noteikta ieejas ziņojumu kopa $Wt(t_i)$.

Energosistēmas modelis Sem ir fiziskas energosistēmas Se modelis. Promocijas darbā energosistēmas modelis Sem tiek apzīmēts šādi: $Sem(t_i) = \{Sem(t_i), i \in I\}$, $I = \{1, 2, \dots, s\}$. Energosistēmas modelim $Sem(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $We^2(t_i)$, kura nonāk energosistēmu programmu aģentu modelī $A^e(t_i)$ globālajā tīklā. Energosistēmas modelim Sem ir noteikta ieejas ziņojumu kopa $We(t_i)$.

Patērētāju sistēmas modelis Spm ir fiziskas patērētāju sistēmas Sp modelis. Promocijas darbā patērētāju sistēmas modelis Spm tiek apzīmēts šādi: $Spm(t_i) = \{Spm(t_i), i \in I\}$, $I = \{1, 2, \dots, s\}$. Patērētāju sistēmas modelim $Spm(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $Wp^2(t_i)$, kura nonāk patērētāju programmu aģentu modelī $A^p(t_i)$ globālajā tīklā. Patērētāju sistēmas modelim Sem ir noteikta ieejas ziņojumu kopa $Wp(t_i)$.

Ekspertu komisiju sistēmas modelis promocijas darba tiek nosaukts Supra programmu aģents A^s . Promocijas darbā ekspertu komisijas modelis tiek apzīmēts šādi: $A^s(t_i) = \{A(t_i), i \in I\}$, $I = \{1, 2, \dots, s\}$. Ekspertu komisijas sistēmas modelis $A^s(t_i)$ ir saistīts ar ekspertu komisijas sistēmu $Sk(t_i)$. Ekspertu sistēmas modelim $A^s(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $Ws^2(t_i) = \{Ws^2(t_i)_i, i \in I\}$, $I = \{1, 2, \dots, s\}$, kura koordinē loģistikas sistēmu programmu aģentu ($A^u(t_i)$, $A^l(t_i)$, $A^e(t_i)$, $A^p(t_i)$) darbību globālajā tīklā. Supra programmu aģenta $A^s(t_i)$ ieejā nonāk ekspertu komisijas ziņojumu kopa $Wk^l(t_i)$ un loģistikas sistēmu programmu aģentu $A^u(t_i)$, $A^l(t_i)$, $A^e(t_i)$, $A^p(t_i)$ ziņojumu kopas.

Izejvielu piegādes programmu aģentu modelis A^u , kas mijiedarbība ar izejvielu piegādes sistēmas modeli risina optimālo izejvielu piegādes uzdevumu energosistēmām, promocijas darbā tiek apzīmēts šādi - ($A^u(t_i)$, $A^u(t_i) = \{A^u_i(t_i), i \in I\}$, $I = \{1, 2, \dots, s\}$). Izejvielu piegādes programmu aģentu modelis $A^u(t_i)$ ir saistīts ar izejvielu piegādes sistēmas modeli $Sum(t_i)$. Izejvielu piegādes sistēmas programmu aģentu modelim $A^u(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $Wu^3(t_i)$, kura nonāk Supra programmu aģenta $A^s(t_i)$ ieejā globālajā tīklā, kā arī izejvielu piegādes sistēmas modelī $Sum(t_i)$. Izejvielu piegādes programmu aģentu modelim $A^u(t_i)$ ir noteiktas ieejas ziņojumu kopas $Wu(t_i)$ un $Wu^2(t_i)$ kā arī Supra programmu aģentu kopas $A^s(t_i)$ ietekmju kopa.

Transporta programmu aģentu modelis A^l kas mijiedarbība ar transporta sistēmas modeli risina optimālo izejvielu transportēšanas uzdevumu no izejvielu piegādātājiem līdz energosistēmām, promocijas darbā tiek apzīmēts šādi - ($A^l(t_i)$, $A^l(t_i) = \{A^l_i(t_i), i \in I\}$, $I = \{1, 2, \dots, s\}$). Transporta programmu aģentu modelis $A^l(t_i)$ ir saistīts ar transporta sistēmas modeli $Stm(t_i)$. Transporta sistēmas programmu aģentu modelim $A^l(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $W^3(t_i)$, kura nonāk Supra programmu aģenta $A^s(t_i)$ ieejā globālajā tīklā, kā arī transporta sistēmas modelī $Stm(t_i)$. Transporta programmu aģentu modelim $A^l(t_i)$ ir noteiktas ieejas ziņojumu kopas $Wt(t_i)$ un $Wr^2(t_i)$ kā arī Supra programmu aģentu kopas $A^s(t_i)$ ietekmju kopa.

Energosistēmu programmu aģentu modelis A^e , kas mijiedarbība ar energosistēmas modeli risina optimālo elektroenerģijas apjoma ražošanas un tās transportēšanas uzdevumu patērētājiem, promocijas darbā tiek apzīmēts šādi - ($A^e(t_i)$, $A^e(t_i) = \{A^e_i(t_i), i \in I\}$, $I = \{1, 2, \dots, s\}$). Energosistēmu programmu aģentu modelis $A^e(t_i)$ ir saistīts ar energosistēmas modeli $Sem(t_i)$. Energosistēmas programmu aģentu modelim $A^e(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $We^3(t_i)$, kura nonāk Supra programmu aģenta $A^s(t_i)$ ieejā globālajā tīklā, kā arī energosistēmas modelī $Sem(t_i)$. Energosistēmu programmu aģentu modelim $A^e(t_i)$ ir noteiktas ieejas ziņojumu kopas $We(t_i)$ un $We^2(t_i)$, kā arī Supra programmu aģentu kopas $A^s(t_i)$ ietekmju kopa.

Patērētāju programmu aģentu modelis $A^p(t_i)$ kas ņem vērā elektroenerģijas patērētāju prioritātes riska apstākļos, sasniedzot noteiktu ekspertu grupu mērķi, promocijas darba tiek apzīmēts šādi - ($A^p(t_i)$, $A^p(t_i) = \{A^p_i(t_i), i \in I\}$, $I = \{1, 2, \dots, s\}$). Patērētāju programmu aģentu modelis $A^p(t_i)$ ir saistīts ar patērētāju sistēmas modeli $Spm(t_i)$. Patērētāju sistēmas programmu aģentu modelim $A^p(t_i)$ ir izeju ziņojumu kopa $Wp^3(t_i)$, kura nonāk Supra programmu aģenta $A^s(t_i)$ ieejā globālajā tīklā, kā arī elektrostaciju sistēmas modelī $Spm(t_i)$. Patērētāju programmu aģentu modelim $A^p(t_i)$ ir noteiktas ieejas ziņojumu kopas $Wp(t_i)$ un $Wp^2(t_i)$, kā arī Supra programmu aģentu kopas $A^s(t_i)$ ietekmju kopa.

Ekspertu grupas Supra programmu aģenta modelis A^s promocijas darbā ir ekspertu komisiju sistēma.

Patērētāju mērķi G^p , promotijas darba tiek apzīmēti šādi - ($G^p(t_i), G^p(t_i) = \{G^p_i(t_i), i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}\}$). Patērētāju mērķi ir patērētāju noteikti elektroenerģijas piegādes nosacījumi.

Ekspertu komisijas mērķi G^k promotijas darbā tiek apzīmēti šādi - ($G^k(t_i), G^k(t_i) = \{G^k_i(t_i), i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}\}$). Ekspertu komisijas mērķi ir ekspertu noteikti elektroenerģijas piegādes nosacījumi ($G^k(t_i) = \{G^k_i(t_i), i \in I, I = \{1, 2, \dots, s\}\}$)

Patērētāju mērķi G^p un ekspertu komisijas mērķi G^k promotijas darba tiek apzīmēti ka mērķu kopa- ($G \{ G^p, G^k \}$).

O ir apmierinātības attieksme, kura nosaka sistēmu pieļaujamo stāvokļu virkni. O_w^i - sistēmu izeju dažādu attiecību kopa. D, B - sistēmas ar attiecībām.

Loģistikas sistēmas promotiju darbā tiek apzīmētas kā sistēmu kopas $S \{ Su, St, Se, Sp, Sk \}$ un ir saistītas ar sistēmu ieeju kopu $W \{ Wu, Wt, We, Wp, Ws \}$, sistēmu izeju kopu $W^l \{ Wu^l, Wt^l, We^l, Wp^l, Ws^l \}$, ar modeļu kopu $Sm \{ Sum, Stm, Sem, Spm, A^s \}$ ar programmu aģentu kopu $A \{ A^u, A^t, A^e, A^p \}$ un Supra programmu aģentu kopu $A^s = \{ A^s_i, i \in I \}$, $I = \{1, 2, \dots, n\}$.

Attiecību ξ sauc par *adekvātu* dotām sistēmās ar attieksmēm ($W, O_w^i, i \in I$), ($\Psi, O_\Psi^i, i \in I$), ja visiem $\sigma, \sigma' \in \Theta$ un $w_1, w_2, \dots, w_k \in W$ ir: $\xi(\sigma(w_1), \dots, \sigma'(w_k)) = \xi(\sigma(w_1), \dots, \sigma'(w_k))$.

Adekvātuma kritērijs. Attiecība ξ sistēmām ($W, O_w^i, i \in I$), ($\Psi, O_\Psi^i, i \in I$) ir adekvāta tad un tikai tad, ja fiksētam attēlojumam σ ir atbilstošs:

$$\overline{\Theta(W, \Psi)} = \Theta\{W, O_w^i, i \in I, \sigma_k^{-1}(\xi), (\Psi, O_\Psi^i, i \in I, \xi)\}.$$

Tādā veidā katra sistēmas ($W, O_w^i, i = 1, k$ homomorfīze sistēmā ($\Psi_w, O_\Psi^i, i = 1, k$), ir sistēmas ($W, O_w^i, i \in I$), papildinātu ar attiecību $\sigma_k^{-1}(\xi)$ horaoraorfīze sistēmā ar attiecībām ($\Psi_w, O_\Psi^i, i \in I$), papildinātu ar attiecību ξ .

Vadāmā procesa modeli V organizatoriski temļiskā sistēmā, kurš ir adekvāts attiecībai ξ no noteiktas sistēmas ar attiecībām ($W, O_w^i, i \in I, \sigma_k^{-1}(\xi)$), sauc par $\sigma \in \Theta$ homomorfīze sistēmā ar attieksmēm ($\Psi_w, O_\Psi^i, i \in I, \xi$)

Vadības mērķu modeļi Z organizatoriski tehniskā sistēmā, kurs ir adekvāts attieksmei ξ no noteiktas sistēmas ar attiecībām ($D, O_D^i, i \in I, \kappa^{-1}(\xi)$), sauc par $\rho \in \Gamma$ homomorfīzi sistēmā ar attiecībām ($\Psi_z, O_\Psi^i, i \in I, \xi$).

Vadības procesa kritēriju novērtējumu modeli Vm , kurs ir adekvāts attieksmei ξ no noteiktas sistēmas ar attiecībām ($B, O_B^i, i \in I, \nu_k^{-1}(\xi)$), sauc par $\nu \in \Phi$ homomorfīzi sistēmā ar attiecībām ($\Psi_B, O_\Psi^i, i \in I, \xi$), pie kam $Vm \cap W \neq \emptyset$.

Par Programmu aģenta A^e uzvedības modeli procesa V vadības laikā pie dotiem mērķu Z un alternatīvu L kopām, kurš būtu adekvāts attiecībai ξ sauc šīs sistēmas ar dotām attieksmēm ($L, O_L^i, i \in I, \Theta(\xi)$) krustojumu $K^* = \Theta \cap \Gamma \cap \Phi$ homomorfīzi sistēmā ar attieksmēm ($\Psi_B, O_\Psi^i, i \in I, \xi$).

Par Supra aģenta A^s uzvedības modeli procesa V vadības laikā pie dotiem mērķu Z un alternatīvu L kopām, kurš būtu adekvāts attiecībai ξ sauc šīs sistēmas ar dotām attieksmēm ($A^{La}, O_{Aa}^i, i \in I, \Theta^l(\xi)$) krustojumu $K^* = \Theta \cap \Gamma \cap \Phi$ homomorfīzi sistēmā ar attieksmēm ($\Psi_a, O_{\Psi_a}^i, i \in I, \xi$)

Ja kopa W sastāv no empīriskiem objektiem un attieksmes O_i uz W ir noteikta empīriski, tad sistēmu ($W, O_w^i, i \in I$) sauc par sistēmu ar *empīriskām attieksmēm*.

Par *H mēroga skalām* sauc empīrisko sistēmu homomorfīzes $\Theta, K^*, \Phi, \Gamma$ ar attiecībām: ($W, O_w^i, i \in I, \sigma^{-1}(\xi)$), ($Z, O_z^i, i \in I, \rho^{-1}(\xi)$), ($Vm, O_M^i, i \in I, \nu^{-1}(\xi)$), ($A^L, O_{AL}^i, i \in I, \Theta^l(\xi)$)

Par *H mēroga skaitliskās sistēmās* ar attiecībām: ($\Psi_w^H, O_\Psi^i, i \in I, \xi$), ($\Psi_z, O_\Psi^i, i \in I, \xi$), ($\Psi_{Vm}^H, O_\Psi^i, i \in I, \xi$), ($\Psi_L, O_L^i, i \in I, \xi$), kur Ψ - naturālo skaitļu kopa. $\Theta, \Gamma, \Phi, \sigma, \nu, \rho, \theta$ -homomorfīzes

Supra programmu aģenta A^s mijiedarbība ar modeļa strukturālām daļām problēmu risināšanas gaitā ir aprakstīta otrajā nodaļā.

Otrā nodaļa ir veltīta programmu aģentu A^e , A^p , Supra programmu aģenta A^s mijiedarbības modeļu izpētei ar elektroenerģijas patērētāju prioritāšu un pasūtījumu datu bāzēm, ar elektroenerģijas ražotāju un elektroenerģijas ražotāju izejvielu piegādātāju daļu bāzēm. Mijiedarbība notiek šādā secībā: tiek prognozēts nepieciešamais elektroenerģijas daudzums laika momentam t , Supra programmu aģents ar programmu aģentu palīdzību organizē piegādātāju norīkošanu patērētājiem atkarībā no patērētāju profila, piegādātāju cenas un attāluma starp viņiem. Pēc piegādātāju grupas izvēles tiek risināts optimālā ceļa atrašanas transporta loģistikas uzdevums, lai nodrošinātu elektrostaciju izejvielu krājuma atjaunošanu noteiktiem elektroenerģijas ražotājiem. Elektroenerģijas piegādes un transporta loģistikas uzdevumu risināšanas gaita, ir paredzēts izmantot ekspertu grupu, lai nodrošinātu Supra programmu aģenta nosacījumu maiņu un uzdevumu nosacījumu papildus definīciju, ja ir kardināli izmainījušies nosacījumi.

Promocijas darbā tiek pētītas programmu aģenta A^e_1 īpašības, kas realizē elektroenerģijas pieprasījuma prognozes procedūru tuvākam laika intervālam t_{i+1} , pēc funkcionāla $Wpe(t_{i+1}) = a_p + b_p \ln t_i$. Funkcionāls apraksta monotoni augošu attīstību, samazinoties absolūtajiem pieaugumiem.

Programmu aģenta A^e_2 īpašības, kas realizē elektroenerģijas pieprasījuma prognozes procedūru tuvākam laika intervālam pēc funkcionāla $Wpe(t_{i+1}) = a_p \cdot T_i^k$. Funkcionāls raksturo monotoni augošu attīstību ar absolūto pieaugumu palielināšanos ($b > 1$) vai samazināšanos ($0 < b < 1$), jeb monotoni dilstošu attīstību ($b < 0$). $Wpe(t_{i+1}) = a_p b^t$

Programmu aģenta A^e_3 īpašības, kas realizē elektroenerģijas pieprasījuma prognozes procedūru tuvākam laika intervālam pēc funkcionāla: $Wpe(t_{i+1}) = a + b/t$. Funkcionāls apraksta monotoni dilstošu ($b > 0$) jeb augošu ($b < 0$) attīstību. Horizontālā asimptote punktā $Wpe = a$.

Programmu aģenta A^e_4 īpašības, kura darbība tiek definēta ar funkcionālu $Wpe(tm) = 1/(a+bt)$. Funkcionāls parāda monotoni augošu ($b < 0$) jeb dilstošu ($b < 0$) attīstību. Vertikālā asimptote punkta $t = a/b$.

Programmu aģenta A^e_5 īpašības, kura darbība tiek definēta ar funkcionālu $Wpe(t_{i+1}) = 1/(a+bt)$. Funkcionāls raksturo monotoni augošu attīstību ar absolūto pieaugumu samazināšanos ($b > 0$) jeb palielināšanos ($b < 0$). Horizontālā asimptote punktā $Wpe = 1/b$. Vertikālā asimptote punktā $t = a/b$.

Programmu aģenta A^e_6 īpašības, kas realizē elektroenerģijas pieprasījuma prognozes procedūru tuvākam laika intervālam pēc funkcionāla $Wpe(t_{i+1}) = ab/(b+t)$. Funkcionāls apraksta monotoni augošu attīstību ar piesātinājumu punktā $Wpe = a$.

Ja ir Četru laika periodu t_{i+1} , t_{i+2} , t_{i+3} un t_{i+4} dati, tad prognozes procedūru veic Supra programmu aģents A^s izmantojot funkcionālu: $Wpe(t_{i+4}) = \lambda Wpe(t_{i+3}) + (1-\lambda) Wpe(t_{i+2}) + (1-\lambda)^2 Wpe(t_{i+1})$ (15), kur $Wpe(t_{i+3})$, $Wpe(t_{i+2})$, $Wpe(t_{i+1})$ un iepriekšējo periodu patēriņa vēstures dati. Prognozētā vērtība tiek atrasta izmantojot šos lielumus ar attiecīgiem koeficientiem λ un $(1-\lambda)$. Svara koeficientu X nosaka ekspertu komisija Sk , vadoties pēc tirgus situācijas un citiem nosacījumiem.

Darba arī tiek pētīta pilnveidota elektroenerģijas izejvielu piegādātāju norīkošanas procedūra elektroenerģijas ražotājiem kā arī norīkojot elektroenerģijas ražotājus, elektroenerģijas patērētājiem globālajā tīklā. Abu uzdevumu risināšana ir nodrošināta ar programmu aģentiem globālā tīklā: Ir m elektropiegādes pasūtījumu un m elektroenerģijas piegādātāju. Ir zināms Se , -piegādātāja izmaksas Sp_j - tā pasūtījumā Rep_{ij} ir nepieciešams tādā veidā norīkot piegādātājus elektropiegādes uzdevumu izpildei, lai kopējās izmaksas būtu minimālas. $Cep_{ij} = 1$, ja i - tais pretendents ir norīkots izpildīt elektropiegādes uzdevumu, 0 - ja nav norīkots, kur $i, j = 1, 2, \dots, m$. Ar Supra programmu aģenta palīdzību tiek realizēts šāds funkcionāls: $Z(c) = \{ \sum \sum Rep_{ij} Cep_{ij} ; i = 1, 2, \dots, k, j = 1, 2, \dots, n \}; \{ \sum Cep_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, k; \{ \sum Cep_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, m \}$. Detalizēti šī metode tiek aprakstīta [31]. Pilnveidota algoritma skaitliskie piemēri ir attēloti 4. nodaļā.

Darba tiek analizēta pilnveidota elektroenerģijas izejvielu piegādes metode no elektroenerģijas piegādātāja līdz elektroenerģijas patērētājam. Ir uzdota caurlaides spēja Wt_{ij} , attālums starp elektroenerģijas piegādātājiem un elektroenerģijas patērētājiem. Ir nepieciešams noteikt visīsāko ceļu no piegādātāja līdz patērētājam. Ceļš ir apzīmēts ar grafa Wt^g palīdzību. Atzīmēts sākumpunkts Wt^s un galapunkts Wt^l . Skaitļū virkni We_{ij} , kuri ir definēti ceļa posmos ($Wt^{si}, Wt^{sj} \in Wt^{sp}$, sauc par elektroenerģijas piegāžu plūsmu, ja

tiek izpildīti šādi nosacījumi: $Z(w) = \{\sum Wt_{ij}, i \in Wt^{sp}\} - \{\sum Wt_{ki}, k \in Wt^{l(sp)}\}$; $Z(w)=a$, ja $Wt^{si} = Wt^s$; $Z(w) = -a$, ja $Wt^{si} = Wt^l$; $Z(w)=0$, ja $Wt^{si} \neq Wt^s, Wt^l$; $We_{ij} \leq Wt_{ij}$ visiem $(Wt^{si}, Wt^{sj}) \in Wt^{sp}$. Elektroenerģijas piegādi var aprēķināt šādi: $max a = \{\sum Wt_{ij}, i \in Wt^{sp}\} - \{\sum Wt_{ki}, k \in Wt^{l(i)}\}$. Maksimālā plūsma no Wt^s uz Wt^l ir vienāda ar minimālo šķērsgrizumu ($R_m \rightarrow R'_m$), kas atdala Wt^s no Wt^l . Šķērsgrizums $R_0 \rightarrow R'_0$ atdala Wt^s uz Wt^l , ja $Wt^s \in R_0$ un $Wt^l \in R_0$. Šāda šķērsgrizuma vērtība ir visu loku no Wt caurlaides spēju summa, kuru sākotnējās virsotnes pieder R_0 , bet beigu virsotnes pieder R'_0 : minimālais šķērsgrizums ir tāds, kam $min a(R_0 \rightarrow R'_0) = \sum (Wt_{si} - Wt_{sj}) \in (R_0 \rightarrow R'_0) Wt_{ij}$. Minimālo izmaksu plūsmu nosaka programmu aģenti, izmantojot speciālo funkcionālu.

Pilnveidota elektroenerģijas izejvielu piegādes procedūra elektroenerģijas ražotājiem globālajā tīklā.

Ražotāju pasūtījumu kopa Se^l , katram no kuriem ir ilgums $\tau_i^s(Se^l) = 1$, transporta līdzekļu skaits $Sr_i^s \in Z^+$, $Se_i^l < Se_j^l$ kas nozīmē, ka uzdevumu Se_i^l jāpabeidz agrāk, nekā sāksies Se_j^l izpildīšana. Se^l un katram $Se^l \in Se$ direktīvais laiks $\tau(Se^l) \in Z^+$. Ir nepieciešams izstrādāt algoritmu Sr^s - transporta līdzekļiem sarakstam ar Se^s uzdevumiem no Se^l , kas apmierina priekšteces nosacījumiem un visus direktīvus laikus t.i: $\tau(Se^l) + \tau_i^s(Se^l) \leq \tau(Se^l)$, $[\tau_{ij}]$ - matrica ar izmēru $m \times n$, kuras elements $\tau_{ij} > 0$ ir uzdevuma Se_j^l izpildīšanas laiks ($1 \leq j \leq n$) ar transportu Se_i^l ($1 \leq i \leq m$). Tiek pieņemts, ka $\tau_{ij} = \infty$, ja Se_j^l nevar būt izpildīts uz Se_i^l un ka katram j ir vismaz viens i , kuram $\tau_{ij} = \infty$. Gadījumā, kad visi transporta līdzekļi ir identiski, τ_j apzīmē pasūtījuma Se_j^l izpildīšanas laiku ar jebkuru transporta līdzekli. Vidējais izpildīto pasūtījumu skaits $N(Se^l)$ intervālā $(0, \tau(Se^l))$, kur $\tau(Se^l) = 1 = \max \{f_i(Se^l)\}$ - saraksta garums

$$1 \leq i \leq n$$

jeb maksimālais pabeigšanas laiks, būs:

$$N(Se^l) = \frac{1}{\omega(s)} \int_0^{\omega(s)} N(\tau) dt, \quad \text{kur } N(\tau) - \text{neizpildīto pārvadājumu skaits laika momentā } \tau.$$

Trešā nodaļa ir veltīta izstrādātām procedūrām un algoritmiem, nodaļā tiek analizēta programmu aģentu koordinācija ar Supra programmu aģentu, ar elektroenerģijas patērētājiem, ekspertu komisiju, izejvielu piegādātājiem (elektroenerģijas ražotāju piegādātājiem), elektroenerģijas ražotājiem, iesaistītām sistēmām elektroenerģijas transportēšanā.

Ekspertu grupas vadības mērķu noteikšanas procedūra ar programmu aģentu kopas A^s palīdzību.

1.posms. Ekspertu grupas vadības mērķa nosaukuma definēšana; 1 .solis. Pieprasīt vadības mērķa Z_i nosaukumu; 2.solis. Ievadīt mērķa 2^* nosaukumi (teksts, ne garāks par gs simboliem); 2.posms. Objektu kopas B attēlošana; 3.solis. Pieprasīt kopu B ; 4.solis. Ievadīt $Z_i \in Z$; 5.solis. Pārbaudīt $Z_i \in Z_0$; Ja jā, pāriet pie 8. soļa; Ja nē pāriet pie 6. soļa; 6.solis. Paziņot par to, ka Z_i nav uztverts; 7.solis. Noteikt $i=i-1$. 8.solis. Ja kopa B ir ievadīta, tad pāriet pie 9. soļa; Ja nē, tad noteikt $i=i+1$ un pāriet pie 4. soļa; 3.posms Kopas W attēlošana; 9.solis. Pieprasīt kopu W ; 10.solis. Ievadīt $w_i \in W$; 11.solis. Pārbaudīt $w_i \in W_0$; Ja jā, pāriet pie 14. soļa; Ja nē pāriet pie 12. soļa; 12.solis. Paziņot par to, ka w_i nav atrasts; 13.solis. Noteikt $j=j-1$; 14.solis. Ja W ir ievadīts, pāriet pie 15. soļa; Ja nav, tad noteikt $j=j+1$ un pāriet pie 10. soļa; 15. solis. Algoritma darba beigas.

Izejvielu piegādātāju norīkošanas procedūra elektroenerģijas ražotājiem, ņemot vērā patērētāju prioritātes pēc Pseido - Kēniga metodes ar programmu aģentu kopas A^u palīdzību.

1.solis. Matricas Sum modeļa pārveidošana (vairāku kritēriju uzdevuma gadījumā ir vēl nepieciešama kritēriju pārveidošana); 2.solis. Nullu saturošo stabiņu izdalīšana; 3. solis. Pārbaude, vai i ir vienāds nullu skaitam, ja jā 4. solis, ja nē 5. solis; 4. solis. Beigas - optimālā norīkošana ir iegūta; 5.solis. Vai ir neizdalītas nulles, ja jā 7. solis, ja nē 6. solis; 6.solis. Ekvivalentās matricas uzbūve, kura satur neizdalītas nulles. 5. solis; 7.solis. Nulles iezīmēšana; 8.solis. Vai iezīmētā nulle ir rindiņa, kurā ir nulle? Ja

ja 10. solis, ja ne 9. solis; 9.solis. Nuļļu ķēdes uzbūve un nuļļu pārveidošana. Uz 2. soli; 10.solis. Iezīmētas nulles izdalīšana un nuļļu stabiņa iezīmēšanas noņemšana. 15.solis. Algoritma darba beigas.

Supra programmu aģenta sadarbības metode ar elektroenerģijas patērētājiem un programmu aģentiem A^s globālajā tīklā. Ir piedāvāts Supra programmu aģenta sadarbības algoritms ar citiem programmu aģentiem, kas ļauj iegūt daudzkritēriju uzdevumu risinājumu diennakts režīmā.

1.solis. Patērētājs Sp , izmantojot tā datoru ar saskarni Spr . sāk sastādīt elektroenerģijas pasūtījumu, izmantojot informācijas funkciju (procedūru) f_{SpSpr} - Ja no servera tiek saņemta atbilde (piedāvājums), patērētājs var pāriet pie nākamā soļa izpildes. Ja atbilde netiek saņemta, uzdevumam risinājums neeksistē; 2.solis. Serveris Srs sāk saņemt atbildi no datu bāzes Srd , izmantojot funkciju (procedūru) f_{SrsSrd} . 3.solis. Serveris Srs sāk sūtīt pasūtītāja uzdevuma risinājumu (piedāvājumu), serverim Srp , izmantojot funkciju (procedūru) f_{SrsSrs} . 4. solis. Serveris Srp sāk sūtīt patērētāja uzdevuma risinājumu Supra programmu aģentam A^s , kas veic rezultātu Z analīzi un piedāvā patērētājam labāko risinājumu, izmantojot funkciju f_{SrpAs} , 5.solis. Algoritma darba beigas.

Ceturtajā nodaļā ir izklāstīti izstrādāto metožu pielietošanas rezultāti, nodaļā tiek doti programmu aģentu elektropiegādes modelēšanas uzdevuma raksturojumi Baltijas reģionā. Ir izskatīts izstrādājamo metožu praktiskais pielietojums elektroenerģijas ražotāju (piegādātāju) atteikuma gadījumā.

Ir izskatīta elektroenerģijas piegādes profila raksturīpašību izvēle ar programmu aģentu palīdzību Latvijas elektroenerģijas patērētājiem. Tiek izskatīts izstrādāto metožu praktiskās pielietošanas piemērs piegādātāju izvēles, profila izvēles, ekspertu komisijas sastādīšanas un elektroenerģijas resursu piegāžu uzdevumiem.

Kā arī tiek izklāstīts sarakstu sastādīšanas izejvielu pārvadājumu uzdevums transporta sistēmām. Elektroenerģijas tirgus liberalizācijas apstākļos Baltijas reģionā tiek izskatīts elektroenerģijas piegādes pārtraukuma uzdevums. Tiek izskatīts tekoša gada u mēneša j dienas k intervālam elektroenerģijas piegādes pārtraukums Sp_1 patērētājam. Tiek analizēts nepietiekamās valsts v_3 jaudas gadījums, elektroenerģijas piegādei k patērētājam laika momentā t_a . Tiek izpētīta citu valstu v piegādātāju brīvo jaudu meklēšanas iespēja ($v \neq v_3$). Uzdevums tiek risināts divos etapos.

1 .etapā tiek prognozēts elektroenerģijas daudzums āim patērētājam, kas būs nepieciešams tuvākā laika periodā.

2.etapā n-1 faktora iestāšanās situācijā programmu aģenti algoritmiskā ceļā ar 2. nodaļa aprakstīto metodi, kura tika iegūta, modificējot literatūrā [56] aprakstīto metodi, atrod uzdevuma risinājuma variantu pēc kritērija x labāko variantu, kur n-k (k - no ierindas izgājušo ražotāju skaits).

Slēdzienā ir dots darba slēdziens, t.i., darba galveno rezultātu kopsavilkums un darba praktiskās vērtības raksturojums:

Analizējot programmu aģentu modelēšanas elektropiegādes un transporta loģistikas sistēmu stāvokli un attīstības tendences, tika iegūti šādi rezultāti: tiek dots elektropiegādes daudzkritēriju uzdevuma pamatojums un nostādne liberalizētā tirgū; tiek pamatota elektropiegādes vadības mērķu, vadības procesa, Supra aģenta darbības modeļu uzbūves nepieciešamība; tiek izskatīts elektropiegādes mērķu sasniegšanas pakāpes modelēšanas uzdevums; tiek analizēts elektropiegādes procesa modelēšanas uzdevums, ņemot vērā vadības mērķus un programmu aģentu iespējas.

Analizējot pielietojamās metodes un to matemātiskas struktūras, tika iegūti šādi rezultāti: tika izstrādātas un izpētītas modeļu raksturīpašības dažādu elektroenerģijas piegāžu topoloģijām dekompozīcijas ceļā; tika izstrādāti statistiskie objekta raksturojumi un modeļi statistiskām struktūrām; tika izstrādāts Supra programmu aģenta sadarbības algoritms ar citiem programmu aģentiem; tika izstrādāta daudzkritēriālo novērtējumu modelēšanas metode ar sarežģīto uzdevumu risināšanas procesa koordināciju.

Veicot elektropiegādes un transporta programmu aģentu modelēšanu globālajā tīklā, tika iegūti šādi rezultāti: tika izstrādāta elektroenerģijas piegādātāju norīkošanas metode elektroenerģijas patērētājiem ar programmu aģentu palīdzību; tika izstrādātas elektroenerģijas izejvielu piegāžu sarakstu sastādīšanas

procedūras programmu aģentiem; tika izstrādātas ekspertu grupu sastādīšanas procedūras; tika izstrādāta elektroenerģijas patēriņa prognozēšanas metode; tika izstrādātas adaptācijas procedūras.

Veicot programmu aģentu modelēšanas metožu eksperimentālo pārbaudi, tika paveikta izstrādāto uzdevumu risinājuma metožu un procedūru eksperimentālā pārbaude šādiem uzdevumiem: Baltijas reģiona elektroenerģijas piegādes uzdevumam, elektroenerģijas pārdales uzdevumam pēc elektroenerģijas pasūtītāju izvēlētā profila liberalizētā tirgū, izmantojot prognozi, elektroenerģijas izejvielu piegādes maršruta izvēles uzdevumam, ekspertu komisijas sastāva noteikšanas uzdevumam sarežģīto uzdevumu risināšanai. Iegūtie eksperimentālie rezultāti pilnībā apliecināja veikto teorētisko un praktisko secinājumu patiesumu.

Ir izstrādātas programmu aģentu pielietošanas procedūras elektroenerģijas patērētāju daudzkritēriālo pieprasījumu novērtēšanai, kas ļauj veikt praktisko patērētāju profilu variantu novērtēšanu, ņemot vērā patērētāju mērķu īpašās iezīmes un tirgus situāciju. Ir izstrādāta un eksperimentāli pārbaudīta ekspertu grupas sastādīšanas metode ar programmu aģentu palīdzību. Ekspertu grupu uzdevums ir nodrošināt elektroenerģijas piegādātāju novērtēšanu. Izstrādāta metode ļauj algoritmiskā ceļā veikt ekspertu grupu sastāva izvēli, ņemot vērā ekspertu kvalifikāciju un pieredzi noteikta apakšnozārē. Ir izstrādāta un eksperimentāli pārbaudīta programmu aģentu pielietošanas procedūra elektroenerģijas izejvielu piegādātāju transporta līdzekļu kustības sarakstu sastādīšanai.

Promocijas darba izpildes gaitā izstrādātie algoritmi var tikt izmantoti liela elektropiegādes un transporta loģistikas uzdevumu klāsta risināšanai. Izstrādātās metodes var tikt pielietotas šādu elektropiegādes un transporta loģistikas uzdevumu risināšanā: elektrisko tīklu optimizācijas koncepcija brīvā elektroenerģijas tirgū; elektrisko tīklu drošuma optimizācija brīvā elektroenerģijas tirgū; multiaģentu sistēmu attīstība elektroenerģijas sadalē; sadalīto enerģijas resursu izmantošana Eiropā; optimālo matemātisko struktūru izvēle elektropiegādes un transporta loģistikas uzdevumu risināšanai. Izstrādāto metožu pielietošana ļauj palielināt elektropiegādes un transporta loģistikas uzdevumu risināšanas efektivitāti un pamatotību. Ir izstrādāta un eksperimentāli pārbaudīta Supra aģentu sadarbības metode ar patērētājiem un programmu aģentiem.

3. Izmantotās literatūras saraksts

1. Ange'lica de Antonio, Ruth Aylett, Daniel Ballin, (eds.), Intelligent virtual agents// Third International Workshop, IVA 2001, Madrid, Spain, September 10-11: proceedings, Berlin: Springer, 2001, 243p.
2. АНИКИН Б. А., "Практикум по логистике" Москва, Инфра - М, 2002., 280 стр.
3. Aracil, M-J., Castillo, J-L, Lopez - Valpuesta, L., An aproach to matematical modelling the port of Seville // In Industrial Simulation Conference 2003 proceedings, Valencia, Spain, 2003., p. 442 - 445.
4. Axeleroid, R., The complexily of cooperation: agent - based models of competition and collaboration. New Jersey, Princeton, 1997., 232p.
5. Bielawski, L., Lewand, R-, Intelligent systems design: integrating expert systems, hypermedia, and database technologies. New York, John Wiley & Sons, 1991-, 302p.
6. Bigus, J., Bigus, J., Construcyng intelligent agents using JAVA. New York, Wiley, 2001., 408p.
7. Борисов, А. Н., Левченков, А. С., Методы интерактивной оценки решений, Зинатне, Рига, 1982, 139 стр.
8. Camarinha - Matos, L., Afsarmanesh, H., Marik, V., Intelligent systems for manufacturing: Multi - agent Systems and virtual organizations, proceedings of the BASYS'98 - 3th IEEE/IFIP International Conference of Information Technology for balanced automation sustems in manufacturing, Prague, Czech Republic, August 98: Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, 1998., 630p.
9. Ciancarini, P., Michael J. Wooldridge, M, J., (eds), Agent-oriented software engineering : first international workshop, AOSE 2000, Limerick, Ireland, June 10, 2000.: revised papers, 321p.

10. Дале В. А., Кришан З., Паэгле О. Г., "Динамические методы анализа развития сетей энергосистемы" Зинатне, Рига, 1979., 256 стр.
11. Дале В. А., Кришан З., Паэгле О. Г., "Динамическая оптимизация развития электрических сетей" Зинатне, Рига, 1990., 248 стр.
12. European Commission 6th Framework Programme for Research, Technological Development and demonstration, Topic: Large scale DER. Proposal n r 503516, EU - DEEP, SUSTDEV - 1.2.3, 2003.
13. Fishburn P., Fishburn P.C. Decision and Value Theory. New York, Wiley, 1964, 451 Ipp.
14. Guasch, T., Piera, M. A., Montero, J., Casanovas, J., Hybrid Real - Time simulation of an AGV fleet // In The International Workshop on Harbor, Maritime and Multimodal Logistics Modelling & Simulation (HMS 2003) proceedings, 2003., p. 117 - 121.
15. Humphreys P., Bannon L., McCosh A., Migliarese P., Pomeroy J., Implementing Systems for Supporting Management Decisions: Concept, Methods, and Experiences., London, 1996., 48p.
16. Institute of Electrical and Electronics Engineering (New York) IEEE Expert: Intelligent systems & their applications / Publ. Bimonth. By the IEEE Computer Soc. Los Alamitos (CA) 1986 - 1993 (1986, Vol.1, Nr.1,0, 1987, Vol.2, Nr. 2,0, 1988, Vol.3, Nr. 3,0, 1989, Vol.4, Nr. 4,0, 1990, Vol.5, Nr. 5,0, 1991, Vol.6, Nr. 6,0, 1993, Vol.8, Nr. 8,0).
17. Jackson, M.A., Principles of Program Design. London: Academic Press, 1975., 300p.
18. Jonker, C, Treur, J., Agent - based simulation of animal behaviour: Amsterdam, 1998, 26, 7p.
19. Khosla, R., Dillon T., Engineering intelligent hybrid multi-agent systems, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, 1997, 410p.
20. Kim, K., Roush, F., The theory; Ellis Horwood limited, England, 1987., 241p.
21. КИНИ Р., Размещение энергетических объектов: выбор решений, Энергоатомиздат, Москва, 1983., 320 p.
22. Kreil, E., Baltic Sea Region // Country Analysis Briefs in www.eia.doe.gov/emeu/cabs/baltics.html 12.2002. 14.p.
23. Krishans, Z., Oleinikova, I., Kutjuns, A., Network Reliability Optimization under Liberalized Electricity Market//In Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, Nr.5 2003.
24. Krishans, Z., Oleinikova, I., Mutule, A., New Technologies for Long - Term Management of Power Systems Nr.5 2003.
25. Laffont, T-J., Martimort, D., 1947 - The theory of incentives: the principal - agent model. Oxford: Princeton University Press, 2002., 421p.
26. Lakhmi C. Jain., Zhengxin Chen., Nikhil Ichalkaranje., Intelligent agents and their applications, eidelberg : Physica-Vlg, NY, 2002., 338p.
27. Ларичев О. И., "Объективные модели и субъективные решения" Москва, Наука, 1987., 140 стр.
28. "Latvenergo" VAS gada pārskats 2002. g. 66 p.
29. Linkevics O., Balodis M., Bockarjova M., Sauhats A, Chuvychin V., Svalova I., Will Distributed Energy Resources Make a Revolution in the Power Sector of Baltic States. EPE - PEMC, 11th International power electronics and motion control conference, 2004., 9.1pp.
30. Лукинский, В.С., Модели и методы теории логистики -СПб.: Питер, 2003., 176 стр.
31. Leontjevs L., Plaudis A., "Inženierekonomisko aprēķinu matemātiskās metodes" Zvaigzne, Rīga, 1976., 452 Ipp.
32. Mestel, A., Intelligent systems: architecture, design, and control / Alexander M. Mestel, James S. Albus. New York, Wiley - Interscience, 2002., 696 p.
33. Миротин, Л. Б., Ташибаев, Б. Э., Системный анализ в логистике. Экзамен, Москва, 2002., 479стрю
34. Motornijs, O., Procesoru secīgo sarakstu ar buferi modelēšana loģistikas uzdevumos, RTU, Rīga, Latvija B.sc. ing thesis, 2003., 58p.

35. Nazarko, J., Jurczuk, A., Load curve shaping using DSM options // In Technology evolution for Future European Electricity Markets Discussion forum proceedings, London, The Publisher house N'Ergo, 2003, p. 109-127
36. Patel, M., Honavar, V., Balakrishnan, K., (edit.). Advances in the evolutionary synthesis of intelligent agents, Cambridge, Mass. MIT Press., London., 2001., 480p.
37. Pfanzagl J. Theory of Measurement. Physica-Verlag. Wurrzburg-Wien, 1971, 24S p.
38. Praca, I., Ramos, C, Valte, Z., Modelling and simulation of electricity markets game theory to improve decision support // In p. 419 - 421.
39. Praude, V., Belcikovs, J., Loģistika. Rīga, Vaidelote, 2003., 541 p.
40. Растрингин, Л, А., Системы экстремального управления. Наука, Москва, 1974., 630 стр
41. Растрингин, Л, А., Современные принципы управления сложными объектами, Советское радио, Москва, 1980., 232 стр.
42. Ribickis L., Galkin I., Direct Frequency Converters for Induction Motor Drives //ISIE '99 - Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 12-16 July, 1999, Bled, Slovenia, 1999, Vol.1, p.26-30.
43. Romanovs, A., Development of the optimal travel choice decision making suport model // In Scientific proceedings of Riga Technical university Computer science 5. sērija 14. sējums. Rīga: Izdevniecība "RTU", 2003., p. 97 - 103.
44. Russel, S., Norvig, P., Artificial Intelligence A Modern Approach, Prentice Hall, London, 1995., 853p.
45. Saaty, T. L, Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh, PA, 1990.
46. Sauhats A., Bockarjova M., Dolgicers A., Silarajs M., New method for complicated automation systems simulation test EPE - PEMC, 11 th International power electronics and motion control conference, 2004., 5.1pp.
47. Shabarova, E., Some aspects of the transportation business in scope of logistics // In Scientific proceedings of Riga Technical university Transport and engineering 6. sērija 12.sējums. Rīga: Izdevniecība "RTU", 2003., p. 129 - 134.
48. Shen, W., Norrie, D., Barthes, J-P., Multi - Agent Systems for Concurrent Intelligent Design and Manufacturing. Taylor & Francis, London, 2001., 383p.
49. Soe-Tsyr Yuan, Makoto Yokoo, (eds.), Intelligent agents : specification, modeling, and applications: 4th Pacific Rim International Workshop on Multi-Agents, PRIMA 2001, Taipei, Taiwan, July 28 - 29, Springer, 2001: proceedings, 236p.
50. Sprancmanis N., Transporta pakalpojumu ekonomika un organizācija, RTU, Riga, Latvija, 2001, 283p.
51. Sprancmanis, N., Biznesa loģistika, Rīga, Vaidelote, 2003., 359 p.
52. Štāls R., Personnel formation and simulation in logistics (in Latvian), RTU, Riga, Latvija, B.sc. ing thesis, 2003, 45 p.
53. Warner, J.,D., Logical Construction of Programs. Paris: Les Editions d'Organisation, 1974., 221p.
54. Witting, T., ARCHON: an architecture for multi agent sustems; Ellis Hordwood limited, England, 1992., 135p .
55. Williams, E., Harp, V., Improving logistical procedure within a hospital inpatient pharmacy // In The International Workshop on Harbor, Maritime and Multimodal Logistics Modelling & Simulation (HMS 2003) proceedings, 2003., p. 137 -141.
56. Zālītis, R., 2002, Algoritma izstrādes tehnoloģija optimālā piegādātājā izvēlei serverī", Rīga, RTU, Latvija