



PRIETAISAI IR ŽINIOMIS PAREMTOS INTELEKTINĖS GYVENAMOSIOS APLINKOS DAUGIAVARIANTĖ SPRENDIMŲ PARAMOS ELEKTRONINĖ SISTEMA

Jurga Naimavičienė¹, Artūras Kaklauskas², Andrius Gulbinas³

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva
El. paštas: ¹Jurga.Naimaviciene@st.vgtu.lt; ²Arturas.Kaklauskas@st.vgtu.lt; ³Andrius.Gulbinas@st.vgtu.lt

Įteikta 2007 09 11; priimta 2007 12 17

Santrauka. Intelektinis būstas Lietuvoje kol kas naujovė, dar nėra populiarus. Automatikos specialistų teigimu, tam įtakos turi ne tik menkos žmonių žinios, bet ir klaidingas supratimas, kas yra intelektinis būstas (dauguma mano, kad jei jau turi, pavyzdžiui, nuotoliniu būdu valdomus garažo vartus, tai ir yra intelektinis būstas). Tik neseniai žmonių būstuose savo vietą pradėjo atrasti intelektiniai pagalbininkai. Autorių sukurtas intelektinės gyvenimui palankios aplinkos modelis, padedantis įvertinti intelektinę gyvenimui palankią aplinką. Jame nagrinėjami socialiniai, kultūriniai, politiniai, teisiniai, ekonominiai, technologiniai ir gamtiniai veiksniai. Taikant šį modelį, įvertinus intelektinės gyventi palankios aplinkos paklausą ir pasiūlą, įvairius kriterijus, buvo sukurta sistema, išrenkanti geriausius intelektinių prietaisų variantus, atsižvelgdama į individualius kiekvienos šeimos poreikius. Nagrinėjant atskiras esamo būsto dalis galima išskirti mūsų nagrinėjamus intelektinius prietaisus, t. y. intelektinę spyną, intelektinį valymo robotą, intelektinį kūdikių stebėjimo monitorių, intelektinį apsaugos robotą, intelektinę klaviatūrą. Intelektinių prietaisų vartotojai – jaunos šeimos, norinčios sutaupyti laiko, vertinančios patogumą ir naujoves. Nagrinėjami jaunos šeimos pasirinktų intelektinių prietaisų privalumai ir nauda. Siekiant maksimaliai užtikrinti intelektinių prietaisų variantų racionalų pasirinkimą, sprendimai turi būti priimami remiantis intelektinių prietaisų variantus apibūdinančia kriterijų sistema, sprendimų paramos sistema privalo kuo geriau perteikti vartotojo reikalavimus, joje pateikiami duomenys turi būti realūs ir nesunkiai atnaujinami. Šiam tikslui pasiekti yra derinamos kompiuterinės ir internetinės technologijos, daugiavariantio vertinimo metodai, gyventi palankios aplinkos principai ir reikalavimai.

Reikšminiai žodžiai: intelektinis būsto modelis, intelektinis būstas, intelektiniai prietaisai, sprendimų parama, daugiavariantė analizė, variantinis projektavimas.

MULTI-VARIANT DECISION SUPPORT E-SYSTEM FOR DEVICE AND KNOWLEDGE BASED INTELLIGENT RESIDENTIAL ENVIRONMENT

Jurga Naimavičienė¹, Artūras Kaklauskas², Andrius Gulbinas³

Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al.11, LT-10223 Vilnius, Lithuania
E-mail: ¹Jurga.Naimaviciene@st.vgtu.lt; ²Arturas.Kaklauskas@st.vgtu.lt; ³Andrius.Gulbinas@st.vgtu.lt

Received 11 Sept 2007; accepted 17 Dec 2007

Abstract. Intelligent housing is a novelty in Lithuania yet. Such housing is not popular in our country. Specialists of automation claim that such situation occurred not only because people lack knowledge but also because the concept of intelligent housing is interpreted erroneously (most people think that remotely controlled door of garage, for instance, makes their housing intelligent). Intelligent helpers started to emerge in households only recently. Intelligent ambient assisted environment model, created by authors, helps to evaluate intelligent ambient assisted environment by social, cultural, political, legal, economical, technological and environmental factors analysis. Basing on this model also ambient assisted environment supply and demand as well as various criteria evaluation, the system able to select the best intelligent devices alternatives accordingly to each family needs was created. Through analysis of separate parts of an existing household, it is possible to distinguish intelligent devices that I study, ie intelligent lock, intelligent robot-cleaner, intelligent infant respiratory monitor, intelligent sentinel and intelligent keyboard. Users of intelligent devices are families of young people, who want to save time and who appreciate convenience and innovations. Advantages and benefits of devices used by families of young people are being analysed. In order to provide the best guarantee for rational selection of variants of intelligent devices, decisions must be based on the system of criteria which describes variants of intelligent devices, the decision

support system must reflect consumer requirements to the best possible extent, and the data provided in the system must be real and updated easily. Computer and internet technologies, multi-variant evaluation methods as well as principles and requirements applicable to favourable residential environment are combined to achieve this goal.

Keywords: the model of the intelligent house, smart house, intellectual devices, decision support, multiply criteria analysis, variant projecting, criteria system.

1. Įžanga

Sumanusis namas – tai intelektualinio pastato idėjos pritaikymas gyvenamajam būstui. Intelektiniai pastatai apibrėžiami įvairiai. Technologiniu požiūriu [1]: „Intelektinis pastatas – tai pastatas, suteikiantis patogią ir produktyvią aplinką, naudojant automatines valdymo sistemas, tokias kaip šildymo, ventiliacijos bei oro vėsinimo sistemos, priešgaisrinė sauga, apsauga ir energijos bei apšvietimo valdymas“. Tai rodo perėjimą nuo energijos valdymo sistemų, kai pastato funkcijos buvo valdomos centriniu kompiuteriu. Tas pats autorius cituoja Europos intelektualinių pastatų grupę, labiau pabrėždamas organizacijų poreikį turėti pastatą, kuris „maksimizuoja jame esančių žmonių našumą ir leidžia efektyviai valdyti išteklius minimaliomis viso naudojimo laiko sąnaudomis“ [1, 2]. Šis atvejis daugiau dėmesio skiria žmonėms ir po truputį susilieja su nūdienos rūpesčiu atitikti subalansuotumo kriterijus.

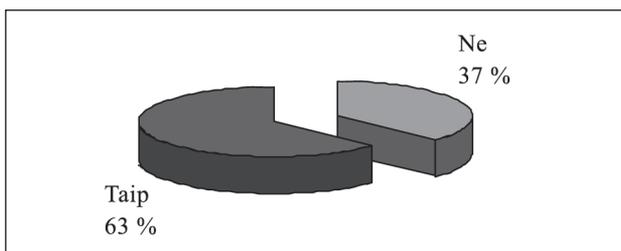
Intelektinis būstas, kitaip vadinamas protingu namu, Lietuvoje kol kas naujovė. Dauguma žmonių apie tai visiškai nieko nėra girdėję arba girdėję nedaug.

Lietuvoje intelektualiniai namai daugiausia valdomi nuotolinio valdymo pulteliais, LCD pultais ir mobiliaisiais telefonais. Internetu naudotis kol kas nepopuliariu.

Toks būstas mūsų šalyje kol kas dar nėra labai populiarus. Automatikos specialistų teigimu, tam įtakos turi ne tik menkos žmonių žinios, bet ir klaidingas supratimas, kas yra intelektualinis būstas (dauguma mano, kad jei jau turi, pavyzdžiui, nuotoliniu būdu valdomus garažo vartus, ir tai yra intelektualinis būstas).

Lemia tai, kad lietuviai, kurie įsigyja namus, paprasčiausiai nesusimąsto apie intelektualinio būsto pranašumą. Pavyzdžiui, danai kur kas imlesni techninėms naujovėms, leidžiančioms užtikrinti saugumą, ekonomiškumą ir komfortą. Be to, šioje šalyje taikomi griežti standartai.

Specialistų nuomone [3–7], vienas pagrindinių intelektualinio statinio komponentų yra pastato eksploatacijos automatizuoto valdymo sistema.



1 pav. Apklausa dėl roboto pagalbininko poreikio analizė
Fig 1. Analysis of the survey of demand for helper-robot

Intelektualinis būstas Europoje skaičiuoja dešimties metų sukaktį, Lietuvoje – trejų.

Lietuvoje vidutinė intelektualinio būsto kaina sudaro 5–8 proc. būsto vertės apskritai. Jei namas kainuoja pusę milijono, intelektualinio būsto sistema gali atsieiti 50 tūkstančių. Žinoma, tai priklauso nuo to, kiek ir kokių funkcijų norės pasirinkti vartotojas, tačiau be keliasdešimties tūkstančių litų intelektualinio būsto įsirengti neįmanoma.

Intelektualiniu būstu domisi jauni, aukštesnes nei vidutinės pajamas gaunantys asmenys. Apie tai liudija intelektualinių būstų skaičiaus augimas. Reikėtų plačiau informuoti Lietuvos visuomenę apie intelektualinių būstų įsigijimo galimybes ir privalumus.

Tik neseniai žmonių būstuose savo vietą ėmė atrasti intelektualiniai pagalbininkai.

Italijoje buvo apklausti 43 žmonės, kurių amžiaus vidurkis – 67 metai: ar naudingas jiems būtų robotas pagalbininkas. Gauti duomenys pavaizduoti 1 pav. [8].

Šiek tiek mažiau nei du trečdaliai apklaustųjų pageidautų turėti elektroninį pagalbininką namuose.

2. Integruotos intelektualinės gyventi palankios aplinkos būsto modelio koncepcija

Terminu „Intelektinė gyventi palanki aplinka (IGPA)“ apibūdinama galimybė padidinti pažeidžiamiausių visuomenės grupių asmenų gyvenimo namuose kokybę ir sumažinti poreikį naudotis pagalbininkų paslaugomis, slaugos tarnybomis arba persikelti į globos namus [1, 7, 9–11]. Todėl IGPA tikslas yra dvejopas: socialinis pranašumas (geresnė gyvenimo kokybė) ir ekonominis pranašumas (gerovės valstybės sąnaudų mažinimas) [3]. Taigi IGPA siūlo įvairaus lygio galimybių:

- *Asmeniui:* IGPA tenkina suinteresuotų grupių individualius poreikius, pavyzdžiui, saugumo, sveikatos, nepriklausomybės, mobilumo, dalyvavimo ir socialinių ryšių (gaminių pavyzdžiai: avariniai skambučiai, apsauga namuose; individuali medicina: paciento stebėjimas).
- *Ekonomikai:* Intelektiniai gaminiai ir procesai: a) didesnis ribotų išteklių efektyvumas ir mažesnės sveikatos priežiūros paslaugų kainos; b) rinkos galimybės Europos pramonei daug žadančiose srityse ir naujose rinkose. Kartu su gana aukšta šių žmonių perkamąja galia jie stiprina Europos padėtį esamose rinkose (pvz., Europa tampa lydere mobiliųjų technologijų ir kituose sektoriuose).
- *Visuomenei:* Geresni pažeidžiamiausių visuomenės

grupių asmenų gyvenimo standartai ir gyvenimo kokybė; papildoma nauda jaunesniajai kartai, socialinių paslaugų ir sveikatos priežiūros sistemų stabilizacija.

Kita vertus, nesvarbu, kad yra technologinių variantų ir taikymo galimybių. Technologijas sunku sujungti, integruoti ir užtikrinti jų sąveiką, be to, sunku vykdyti reikiamas privačias investicijas į tolesnę raidą ir tiekti reikiamus gaminius bei paslaugas, nes yra kliūčių: rinka – susiskaldžiusi bei nevienalytė, nėra aiškios politinės paramos schemos, kurią būtų galima naudoti.

Norint nustatyti, kokios yra pagrindinės gyventi palankios aplinkos inovacijos, ir efektyviai išdėstyti inovacijų procesą, būtina atsižvelgti į įvairias sąsajas ir veiksnius. Svarbiausi yra šie:

- įvairaus konteksto veiksniai (mikro- ir makroap-

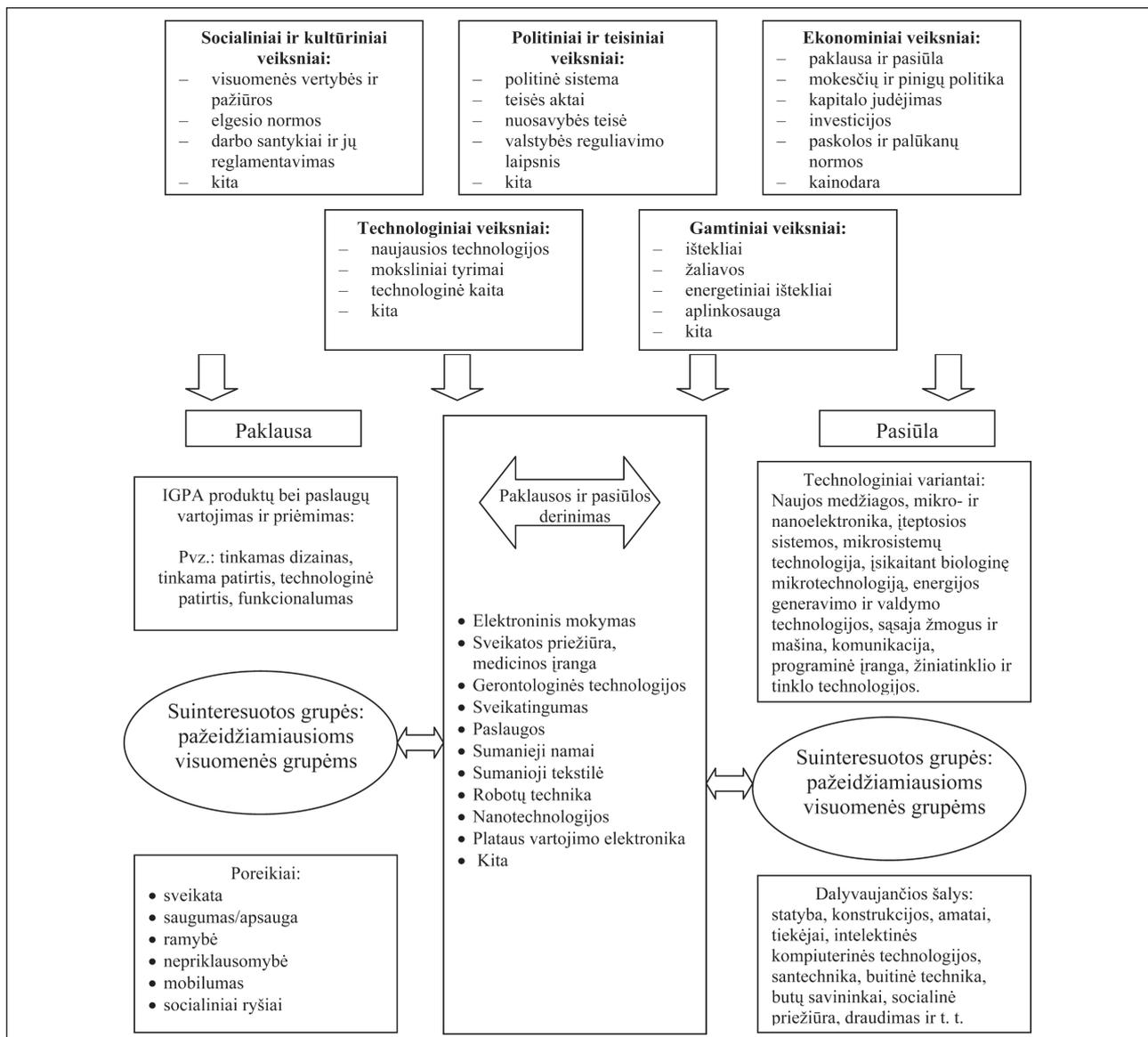
linkos veiksniai);

- paklausa (vartotojai);
- pasiūla (įskaitant technologijų variantus);
- gyventi palankios aplinkos sprendimai ir gaminiai (tai paklausos ir pasiūlos derinys).

Sukurtas intelektinės gyventi palankios aplinkos modelis padeda įvertinti intelektinę gyventi palankią aplinką, kur nagrinėjami socialiniai, kultūriniai, politiniai, teisiniai, ekonominiai, technologiniai ir gamtiniai veiksniai. Taikant šį modelį, įvertinus intelektinės gyventi palankios aplinkos paklausą ir pasiūlą, įvairius kriterijus, buvo sukurta sistema, išrenkanti geriausius intelektinių prietaisų variantus, atsižvelgdama į individualius kiekvienos šeimos poreikius.

Toliau pateikiamas siūlomas integruotas intelektinės gyventi palankios aplinkos būsto modelis (2 pav.).

Toliau pagrindiniai modelio elementai – įvairaus kon-



2 pav. Integruotas intelektinės gyventi palankios aplinkos būsto modelis

Fig 2. The model of intellectual dwelling for a favourable residential environment

teksto veiksniai, paklausa, pasiūla, gyventi palankios aplinkos sprendimai ir gaminiai buvo analizuojami plačiau.

Tačiau čia norime pateikti vieną iš modelyje siūlomų elementų – paklausa ir pasiūlos derinimą jau esam būstui. Intelektinės gyvenamosios aplinkos variantinis projektavimas ir daugiakriterinė analizė – esamo būsto atnaujinimas pasirinktais intelektiniais prietaisais.

Nagrinėjant atskiras esamo būsto dalis galima išskirti mūsų nagrinėjamus intelektinius prietaisus, t. y. intelektinę spyną, intelektinį valymo robotą, intelektinį kūdikių stebėjimo monitorių, intelektinį apsaugos robotą, intelektinę klaviatūrą.

Intelektinių prietaisų vartotojai – jaunos šeimos, norinčios sutaupyti laiko, vertinančios patogumą ir naujoves.

Nagrinėjami jaunos šeimos naudojamų prietaisų privalumai ir nauda. Kaip pavyzdys imama trijų asmenų jauna šeima, turinti mažą kūdikį. Šeima vertina naujoves ir pagalbą namuose, nes visi yra labai užsiėmę – įvertinę savo poreikius jie išsirinko šiuos intelektinius prietaisus: intelektinę spyną, nes ja patogiu atrakinti ir užrakinti namus; intelektinį valymo robotą, nes naudojantis juo taupomas laikas; intelektinį kūdikių stebėjimo monitorių, nes šeimoje, gimus kūdikiui, yra labai svarbus saugumo jausmas (esant padidėjusiam kūdikių staigios mirties sindromo procentui, intelektinis kūdikių stebėjimo monitorius išpėja apie pavojų, kūdikiui nustojus kvėpuoti arba jei kvėpavimas tampa nereguliarus ir lėtas); intelektinį apsaugos robotą, nes gyvenant nuosavame name užmiestyje ir liekant visai dienai namuose su mažu vaiku yra ramiau, kai namus saugo intelektinės sistemos, šiuo atveju intelektinis apsaugos robotas [12]. Apsaugos robotas taip vadinamas ir dėl gebėjimo nustatyti savo buvimo vietą aplinkoje, ir dėl to, kad komercinėje bei namų aplinkoje apsaugos robotas dažniausiai naudojamas apsauginėms ir nuotolinio stebėjimo funkcijoms. Į apsaugos roboto komplektą įeina bazinės įsibrovėlių užfiksavimo, nuotolinio stebėjimo ir nuotolinio bendravimo funkcijos kaip taikomieji moduliai, taip pat įeina ir apsaugos roboto įrankiai, leidžiantys pažengusiems vartotojams

Keturios geriausios nagrinėjamų intelektinių prietaisų sprendimų alternatyvos

Four best alternatives of the analysed solutions for intelligent devices

Sprendimų reikšmingumas	Sprendimų geriausių alternatyvų prioritetiškumas				
	1	2	3	4	5
Intelektinė spyna	0,302	3	4	1	2
Intelektinis valymo robotas	0,419	1	3	2	5
Intelektinė klaviatūra	0,145	1	3	2	4
Intelektinis apsaugos robotas	0,048	3	4	1	2
Intelektinis kūdikių kvėpavimo stebėjimo monitorius	0,086	3	1	4	2
Alternatyvų prioritetiškumas	1	2	3	4	

kurti savas užduotis robotui; intelektuali klaviatūra, nes šeimai, mėgstančiai keliones ir patogumą, buvo labai pravartu įsigyti ploną, lengvą, bevielę klaviatūrą. Su ja dar paprasčiau dirbti bet kur. *G-Tech* bevielė *BlueTooth* klaviatūra iš audinio su *ElekTex* technologija [13], kuri sumanųjį telefoną ar PDA paverčia mobiliuoju biuru su pirmąja maksimalios konfigūracijos klaviatūra, telpančia į kišenę. Ją galima suvynioti į nedidelį ryšulėlį, o išskleidus jos dydis yra kaip nešiojamojo kompiuterio klaviatūros. Puikus įrankis tiems, kurie nuolat keliauja ir yra užsiėmę profesionalai, naudojantys sumaniuosius telefonus bei PDA [14].

3. Intelektinės gyvenamosios aplinkos variantinis projektavimas ir daugiakriterinė analizė

Atlikus intelektinės spynos, intelektinio valymo roboto, intelektinės klaviatūros, intelektinio apsaugos roboto intelektinio gyvenamosios aplinkos daugiakriterinę analizę, automatizuotu būdu sudaromi alternatyvūs variantai. Šiam tikslui taikomas alternatyvų daugiakriterinio variantinio projektavimo metodas [15–17]. Remiantis šiuo metodu alternatyvų daugiakriterinis variantinis projektavimas atliekamas etapais (1 lent.).

Galimų alternatyvų skaičius gali siekti dešimtis tūkstančių. Kiekviena alternatyva apibūdinama kiekybine ir koncepcine informacija [18].

4. Gyventi palankios aplinkos daugiavariantė sprendimų paramos elektroninė sistema

Siekiant maksimaliai užtikrinti intelektinių prietaisų variantų racionalų pasirinkimą, sprendimai turi būti priimami remiantis intelektinių prietaisų variantus apibūdinančia kriterijų sistema, sprendimų paramos sistema privalo kuo geriau perteikti vartotojo reikalavimus, joje pateikiami duomenys turi būti realūs ir nesunkiai atnaujinami. Šiam tikslui pasiekti yra derinamos kompiuterinės ir internetinės technologijos, daugiakriterinio vertinimo metodai, gyventi palankios aplinkos principai ir reikalavimai [16, 19].

Siekiant nustatyti efektyviausią gyventi palankios aplinkos procesą, buvo sukurta gyventi palankios aplinkos daugiakriterinė sprendimų paramos elektroninė sistema (GPADSPE).

Kuriant GPADSPE buvo pasirinkta plačiai taikoma programinė įranga ir naudojamos naujausios, plačiai paplitusios technologijos. Siekiant, kad sistema dirbtų efektyviai, buvo pasirinktos kelių rūšių programinės įrangos, kurios naudojamos skirtingoms funkcijoms atlikti. Šioje sistemoje taikomos tokios technologijos:

- *Microsoft Access* programinė kalba, naudojama programuojant duomenų bases.
- HTML (*Hypertext markup language*) programavimo kalba, naudojama internetiniuose puslapiuose, kuriuose nėra naudojami duomenys iš duomenų bazių ar atliekami įvairūs skaičiavimai.

- ASP (*Active Server Pages*) programavimo kalba, naudojama internetiniuose puslapiuose, kuriuose naudojami duomenys iš duomenų bazių ir atliekami įvairūs veiksmai su jais.
- *Java Script* ir *ActiveX* technologijos naudojamos projektuojant ir kuriant atskirus modulius bei vartotojo sąsaja. *Java Script* programavimo kalba naudojama vykdomiesiems duomenims kurti, o *ActiveX* technologijos priemonėmis sukurti komponentai naudojami įvairioms programoms ir komponentams kurti.

Naudojant šias technologijas GPADSPE sistema buvo pritaikyta *Windows NT* serverio platformai. Jų derinys užtikrina funkcionalų ir lankstų sistemos darbą, lengvina vartotojo darbą su ja.

Kuriant GPADSPE, buvo laikomasi pagrindinių principų ir metodų, kurie perteikia visos sistemos paskirtį ir funkcionalumą. Kuriant šią sistemą, buvo taikomi tokie pagrindiniai principai ir metodai:

- kompleksinė analizė;
- įvairių mokslų sąsaja;
- daugiakriterinis intelektinės aplinkos variantų sudarymas;
- daugiakriterinė variantų analizė.

5. Gyventi palankios aplinkos daugiakriterinės sprendimų paramos elektroninės sistemos sudedamosios dalys

Remiantis esamų sistemų analize ir siekiant įgyvendinti GPADSPE (Gyventi palankios aplinkos daugiakrite-

rinės sprendimų paramos elektroninė sistema) principus buvo pasirinkta tokia struktūra, kuri perteikia pagrindines sistemos sudedamąsias dalys ir jų tarpusavio ryšius. GPADSPE sistema susideda iš:

- duomenų bazių ir jų valdymo sistemos,
- modelių ir jų valdymo sistemos,
- vartotojo sąsajos.

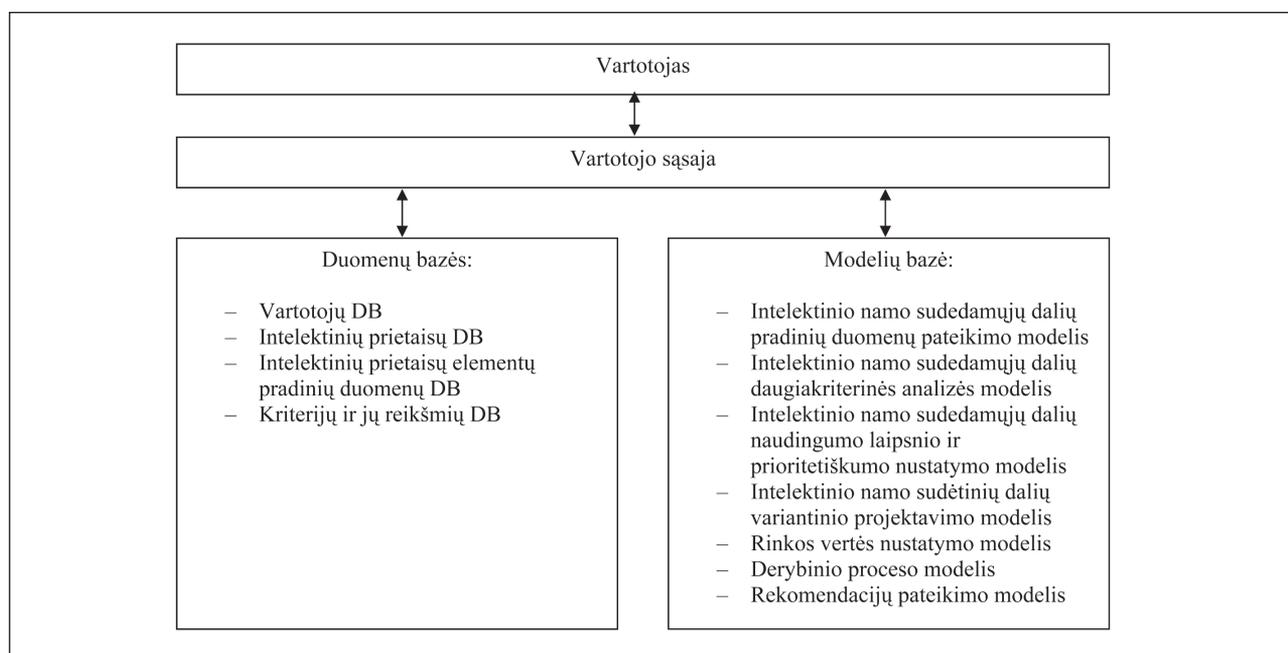
Sistema jungia duomenų ir modelių bazes, kurias per vartotojo sąsaja valdo sistemos vartotojas. Šios sudedamosios dalys yra tarpusavyje glaudžiai susijusios ir jungia smulkesnes sistemos sudedamąsias dalis. Pavyzdžiui, modelių bazę sudaro Gyventi palankios aplinkos sudedamųjų dalių pradinių duomenų pateikimo modelis, rekomendacijų pateikimo modelis, rinkos vertės nustatymo modelis ir kt., o duomenų bazės sudarytos iš vartotojų, intelektinių prietaisų ir kt. duomenų bazių (3 pav.).

GPADSPE sistema skirta naudoti internete. Todėl vartotojo sistema yra racionali, paprastai naudojama ir priinama įvairaus išsilavinimo bei žinių vartotojams. Sistemoje naudojama mišri vartotojo sąsaja – skirtingiems uždaviniams spręsti naudojami skirtingi sąsajos tipai.

6. Darbas su gyventi palankios aplinkos daugiavariante sprendimų paramos elektronine sistema

Siekiant pademonstruoti gyventi palankios aplinkos daugiakriterinės sprendimų paramos elektroninės sistemos darbą, joje taikomų modelių veikimą bei funkcijas, pateikiamas darbo su sistema aprašymas (4 pav.).

Norint pradėti darbą su gyventi palankios aplinkos dau-

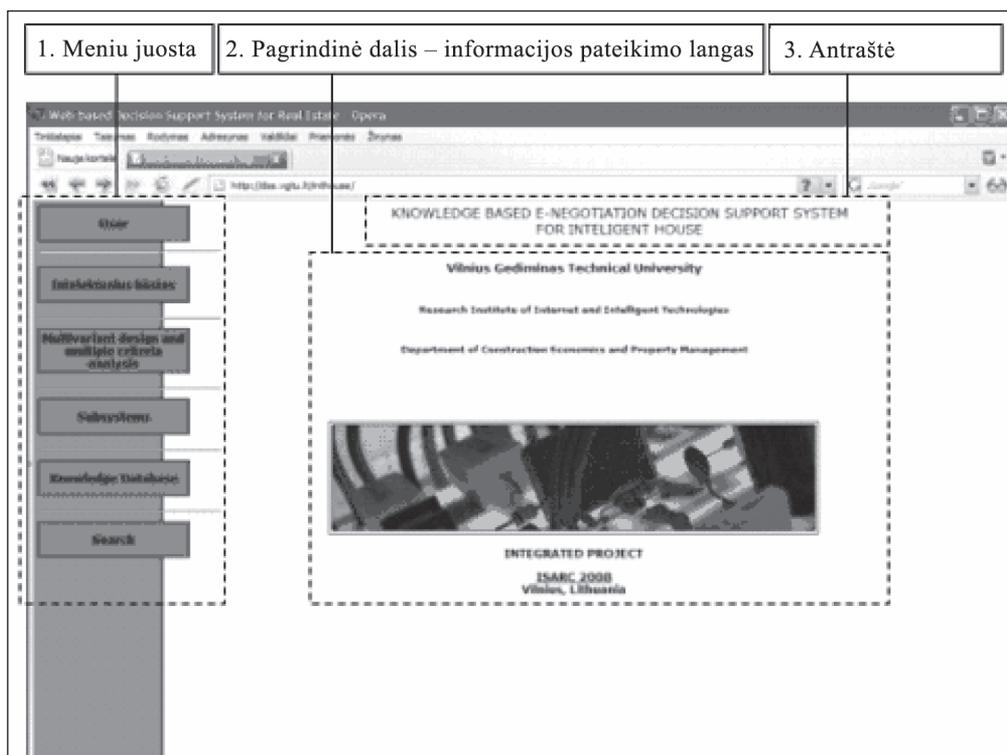


3 pav. Gyventi palankios aplinkos daugiakriterinės sprendimų paramos elektroninės sistemos sudedamosios dalys

Fig 3. Components of the multiple criteria decision support e-system for favourable residential environment

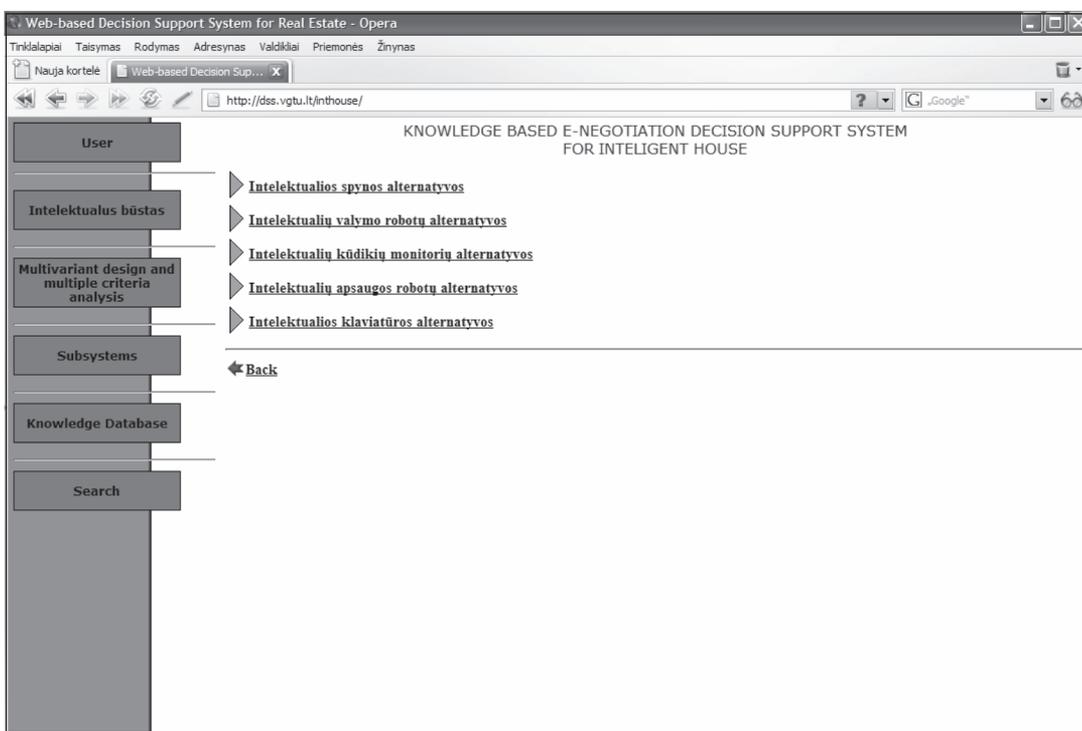
giakriterine sprendimų paramos elektronine sistema, reikia pasileisti bet kurią kompiuteryje instaliuotą interneto naršyklę. Sistema labiausiai pritaikyta darbui su „Microsoft Internet Explorer“, bet ji sklandžiai dirba ir su kitų firmų sukurtomis interneto naršyklėmis („Opera“, „Mozila Fox“ ir kt.). Visi toliau aprašomi žingsniai ir pateikiami pavyzdžiai yra atlikti su „Microsoft Internet Explorer“.

Pasirinkus meniu juostoje punktą „Pagrindinė informacija“ pagrindiniame naršyklės lange yra išvedama trumpa informacija apie prietaisą. Visa pateikta informacija yra tekstinė ir peržiūrima pele paslenkiant ekrane matomą vaizdą. Čia pateiktas trumpas pavadinimas, prietaiso tipas ir pagrindiniai duomenys apie jį (5 pav.).



4 pav. Pagrindinis gyventi palankios aplinkos daugiakriterinės sprendimų paramos elektroninės sistemos langas

Fig 4. Main window of the multiple criteria decision support e-system for favourable residential environment



5 pav. Pagrindinės informacijos apie intelektinius prietaisus langas

Fig 5. The main window of information about intelligent devices

Čia pateikiami siūlymai būsto intelektiniam atnaujinimui ir pagrindiniai esamo būsto papildymui intelektiniais prietaisais apibūdinamieji rodikliai, pagrindiniai apsaugos bei valymo robotus, intelektinę klaviatūrą ir spyną apibūdinantys rodikliai. Taip pat pateikiami pagrindiniai šių intelektinių prietaisų duomenys, šių intelektinių prietaisų poreikis esamam būstui.

Analogiškai atliekama ir kitų intelektinės gyvenamosios aplinkos elementų (intelektinis dulkių siurblys, intelektinis apsaugos robotas, intelektinė spyna ir kt.) daugiak-

riterinė analizė. Gauti esamo gyvenamojo būsto intelektinio dulkių siurblio daugiakriterinės analizės rezultatai, esamo gyvenamojo būsto intelektinio roboto daugiakriterinės analizės rezultatai, intelektinio kūdikių monitorio daugiakriterinės analizės rezultatai, intelektinės klaviatūros daugiakriterinės analizės rezultatai (6, 7 pav.). Papildžius duomenų bazes, analogiškai gali būti vykdomi ir kitų sprendimų (intelektinio šaldytuvo, intelektinių drabužių), ir kitų intelektinių prietaisų variantų daugiakriterinė analizė.

6 pav. Intelektinio valymo roboto daugiakriterinės analizės lango fragmentas

Fig 6. Part of the window for multiple criteria analysis of intelligent robot-cleaner

No.	Criteria under evaluation	Measuring units of criteria	*	Weights of criteria	3	4	5	6
1	Kaina	Lt	-	0,6000	0,3926	0,1099	0,0204	0,0771
2	Aukštis	mm	+	0,0275	0,0091	0,0059	0,0059	0,0066
3	Prietaiso veikimo laikas naudojant autonominių energijos šaltinį	min.	+	0,0294	0,0074	0,0074	0,0074	0,0074
4	Maksimali siurbimo galia	W	-	0,0284	0,0138	0,0046	0,0031	0,0069
5	Baterijų kiekis	Vnt.	-	0,0322	0,0080	0,0080	0,0080	0,0080
6	Diametras	mm	-	0,0230	0,0062	0,0053	0,0053	0,0061
7	Garantinis periodas	Mėnesiai	+	0,0259	0,0115	0,0058	0,0029	0,0058
8	Baterijų įkrovimo laikas	val.	-	0,0246	0,0011	0,0066	0,0131	0,0038
9	Valymo programų skaičius	Vnt.	+	0,0302	0,0082	0,0082	0,0055	0,0082
Total sum of maximizing normalized balanced rates S_{+j}					0,0362	0,0273	0,0217	0,028
Total sum of minimizing normalized balanced rates S_{-j}					0,4217	0,1344	0,0499	0,1019
Object's significance O_j					0,0785	0,1601	0,3794	0,2031
Object's utility degree N_j					21%	42%	100%	54%
Object's priority					4	3	1	2
Supply price					4.999,00	1.399,00	260,00	982,00
Market value					722,13	968,83	260,00	978,73
Mass Appraisal Value					0,00	0,00	0,00	0,00

7 pav. Intelektinės daugiakriterinės analizės langas

Fig 7. Window for intelligent multiple criteria analysis

No	Kaina	Garantinis periodas	Baterijų tarnavimo laikas	Apsaugos režimas lygiais (1-5)	Prietaiso veikimo laikas naudojant autonominių energijos šaltinį	Patikimumas	Baterijų kiekis	Ilgis	Plotis	Aukštis	Nuotolinio rakto – pultelio veikimas	Maksimali siurbimo galia	Diametras	Baterijų įkrovimo laikas	Valymo programų skaičius	Čižni storis
Intelektualios spynos alternatyvos																
Asa	2040	12	18	5	8784	1	4	62	120	57	10	0	0	0	0	0
ANICO	1087	12	18	5	8784	1	4	62	120	57	100	0	0	0	0	0
3	1500	12	30	5	12	1	1	250	150	10	10	0	0	0	0	0
Intelektualių valymo robotų alternatyvos																
iRobot	1399	12	0	0	60	0	1	0	0	85	0	30	300	12	3	0
TCM	260	6	0	0	60	0	1	0	0	85	0	20	300	24	2	0
Hoover	982	12	0	0	60	0	1	0	0	95	0	45	340	7	3	0
Intelektualių kūdikių monitorių alternatyvos																
„Baby sense“	317,33	24	6	0	4392	0	1	350	550	15	0	0	0	0	0	14
„VERHAERT“	380,22	24	6	0	4392	0	1	350	550	15	0	0	0	0	0	14
3	315	12	6	0	6	0	4	157	113	35	0	0	0	0	0	14
Intelektualių apsaugos robotų alternatyvos																
DRK8000	5000	12	9	0	8	0	1	300	250	700	0	0	0	0	0	0

7. Intelektinės gyvenamosios aplinkos daugiakriterinė analizė ir variantinis projektavimas

Atlikus automatizuotą intelektinės gyvenamosios aplinkos – intelektinės spynos, intelektinio valymo roboto, intelektinio kūdikių monitoriaus ir intelektinio apsaugos roboto ir intelektinės klaviatūros, daugiakriterinę analizę, automatizuotu būdu sudaromi alternatyvų variantai ir pateikiamos geriausios alternatyvių variantų kombinacijos (8 pav.). Šiam tikslui taikomas alternatyvų daugiakriterinio variantinio projektavimo metodas [11].

Sistema leidžia skaičiuoti su visomis intelektinius prietaisus apibūdinančiomis alternatyvomis arba sistemos vartotojui pasitikrinti norimą alternatyvų skaičių bei pačias alternatyvas.

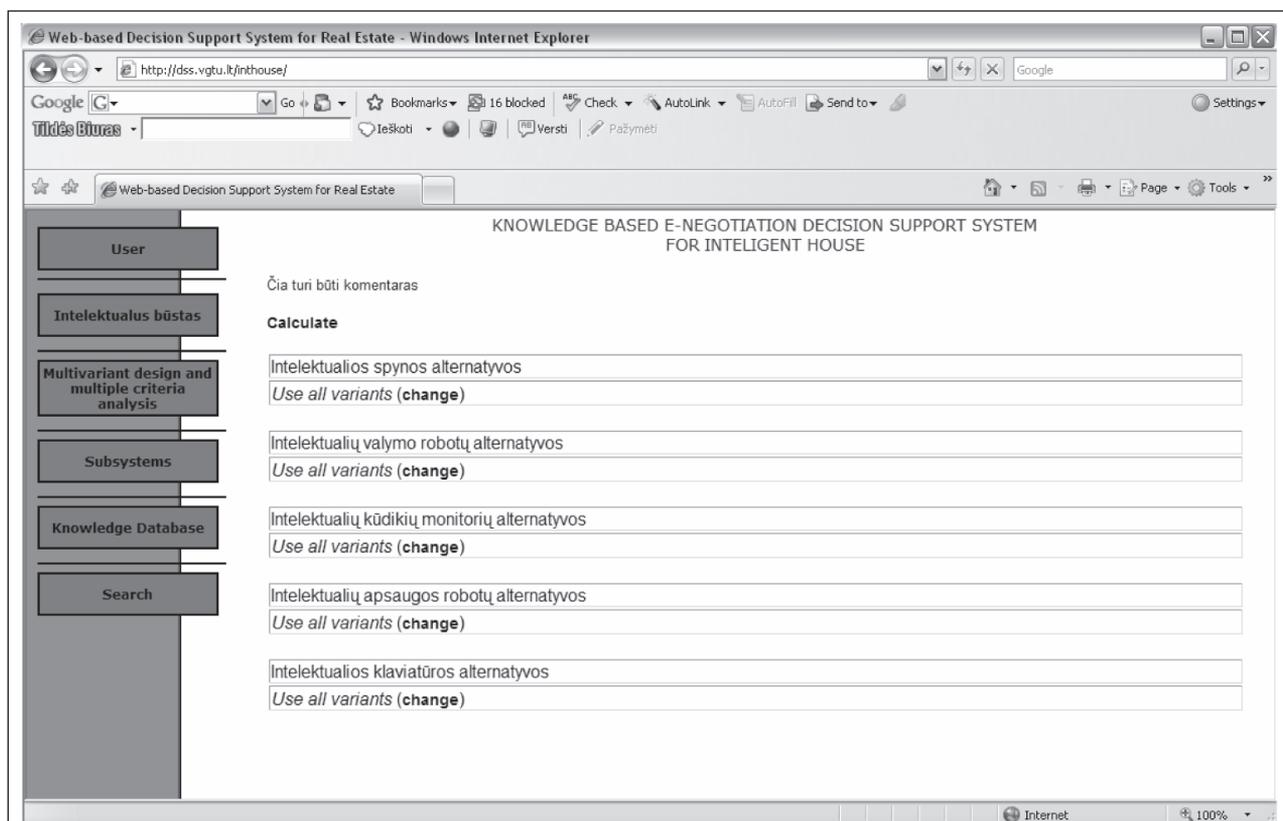
Pele suaktyvinus antrojo lygio meniu punktą „Pakeisti“, pele pažymimos alternatyvos, kurios bus naudojamos intelektinės gyvenamosios aplinkos variantiniam projektavimui (9 pav.).

Pasirinkus antro lygio meniu punktą „Skaičiuoti“ GPADSPE sistema, panaudojus duomenų bazėse esančią informaciją ir modelius (pradinių duomenų pateikimo modelis, daugiakriterinės analizės modelis, naudingumo laipsnio ir prioritetiškumo nustatymo modelis), sistema atranka po keturias geriausias intelektinės gyvenamosios aplinkos

atskirų elementų alternatyvas (10 pav.). Šiuo konkrečiu atveju intelektinių prietaisų variantai buvo sudaromi naudojant keturis geriausias kiekvieno sprendimo variantus. Toliau nagrinėjami keturi geriausi intelektinių prietaisų: spynų („Assa“, „Axico“, „Secustar“) valymo robotų („Electrolux“, „iRobot“, „TCM“, „Hoover“), intelektinių kūdikių kvėpavimo monitorių („Baby sense“, „Verhaert“, „Hisense“) apsaugos robotų („iRobot“) variantai.

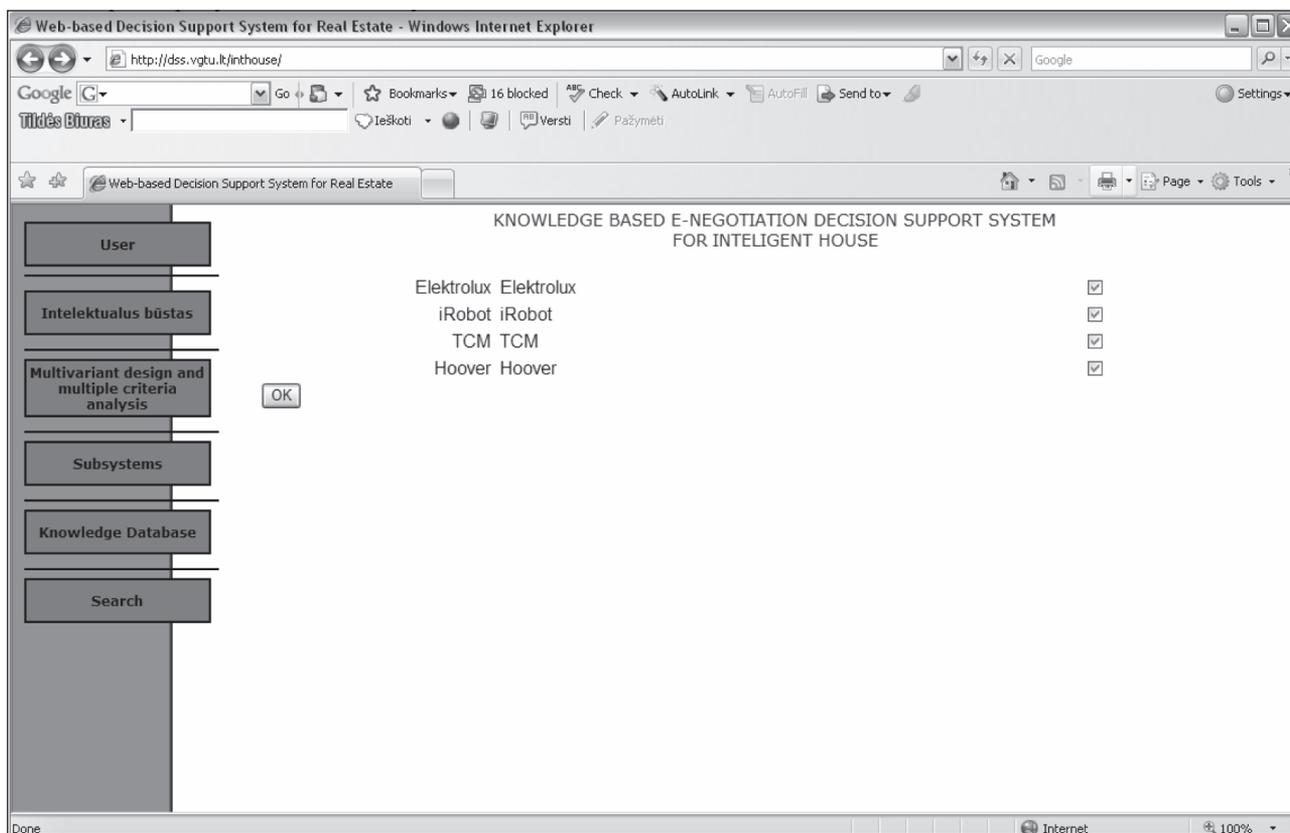
Efektyviam sistemos darbui naudojama įvairi informacija. GPADSPE sistemos vartotojai, prisiregistravę prie sistemos, gali nesunkiai papildyti, keisti kriterijų reikšmes, atsižvelgdami į užsakovo prioritetus ar remdamiesi ekspertų apklausos rezultatais. Sudarant galimus intelektinės gyvenamosios aplinkos variantus, gali būti įvedami įvairūs apribojimai. Taip pat gali būti įvertinami ir kiti kriterijai. Kiekvienas sistemos vartotojas, atsižvelgdamas į savo poreikius ir siekiamus tikslus, atlieka tam tikrus skaičiavimus, kartu suteikdamas informacijos kitiems vartotojams.

GPADSPE sistema yra universali ir gali būti naudojama įvairiems teoriniams ir praktiniams uždaviniams spęsti, todėl šios sistemos teikiamomis galimybėmis gali naudotis įvairios intelektinių prietaisų gamybos ir pardavimo įmonės, konsultantai, galutiniai vartotojai, ekspertai ir kitos suinteresuotos grupės.



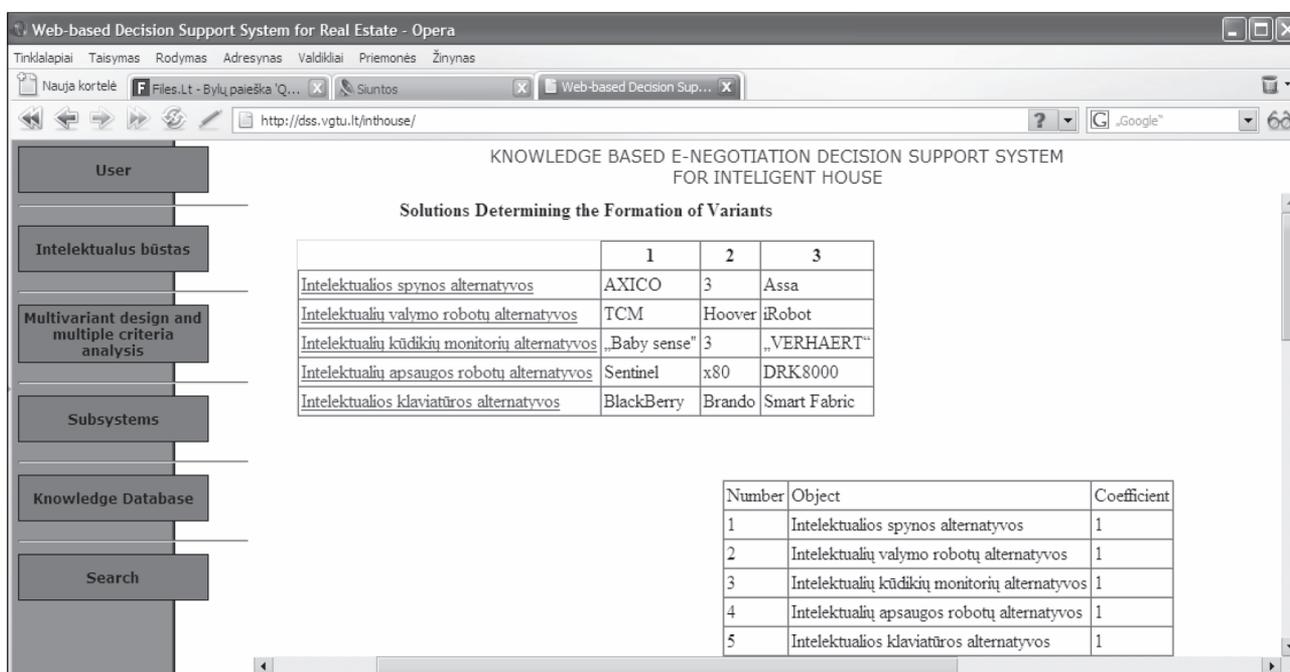
8 pav. Intelektinės gyvenamosios aplinkos sudedamųjų dalių variantų pasirinkimo langas

Fig 8 Window in which variants of components of intelligent residential environment can be selected



9 pav. Būsto atnaujinimo intelektiniais prietaisais variantų pasirinkimo langas

Fig 9. Window in which variants for updating of housing with intelligent devices can be selected



10 pav. Nagrinėjamos keturios geriausios intelektinės gyvenamosios aplinkos sudedamųjų dalių alternatyvos

Fig 10. Four best analysed alternatives of components of intelligent residential environment

8. Išvados

1. Autorių pasiūlytas intelektinės gyvenamosios aplinkos modelis skiriasi nuo analogiškų modelių analizės objektu. Įvairių šalių mokslininkai, nagrinėdami pastato ar jo sudėtinių dalių intelektinės gyvenamosios aplinkos klausimus savo darbuose neanalizavo tokio tyrimo objekto kaip autoriai: intelektinės gyvenamosios aplinkos proceso, jame dalyvaujančių suinteresuotų grupių ir intelektinės gyvenamosios aplinkos projekto efektyvumą veikiančios išorinės mikro- ir makrolygmens aplinkos kaip vienos visumos.
2. Sukurtam integruotos intelektinės gyventi palankios aplinkos būsto modeliui buvo pritaikyti prof. E. Zavadsko ir prof. A. Kaklauskio [16, 18] sukurti projektų variantinio projektavimo ir daugiakriterinės analizės metodai, kuriuos taikant buvo kompleksiskai įvertinti jo ekonominiai, techniniai, kokybiniai (estetiniai, komfortiniai), technologiniai ir kiti aspektai.
3. Sukurtos kriterijų sistemos išsamiai apibūdina gyvenamosios aplinkos atnaujinimą intelektualiais prietaisais.
4. Sudarytos intelektinės gyvenamosios aplinkos kompleksinės duomenų bazės, kuriose intelektinių prietaisų alternatyvos kompleksiskai aprašomos ekonominiiais, techniniais, kokybiniais, technologiniais ir kitais aspektais. Remiantis šiomis kompleksinėmis duomenų bazėmis, sukurta sistema sudaro sąlygas kompleksiskai analizuoti būsto intelektinės gyvenamosios aplinkos projektus kiekybine ir koncepcine formomis.
5. Remiantis esama informacijos ir sprendimų paramos sistemų analize ir siekiant nustatyti efektyviausią gyventi palankios aplinkos procesą, buvo sukurta gyventi palankios aplinkos daugiakriterinė sprendimų paramos elektroninė sistema.
6. Sukurta originali gyventi palankios aplinkos daugiakriterinė sprendimų paramos elektroninė sistema, sudaranti sąlygas kompleksiskai analizuoti gyventi palankios aplinkos procesą, jo sudėtines dalis, dalyvaujančias suinteresuotas grupes ir šį projektą veikiančią išorinę aplinką.
7. Sukurtoji sistema susideda iš duomenų bazių ir jų valdymo sistemos, modelių bei jų valdymo sistemos, vartotojo sąsajos ir joje laikomasi pagrindinių principų bei metodų, kurie perteikia visos sistemos paskirtį ir funkcionalumą.
8. Įdiegtas grįžtamasis ryšys su vartotojais užtikrina nuolatinį poreikį tobulinti esamą sistemą, siekiant pasaulyje taikomų standartų.
9. Gyventi palankios aplinkos daugiakriterinė sprendimų paramos elektroninė sistema yra universali

ir gali būti naudojama įvairiems teoriniams ir praktiniams uždaviniams spręsti, todėl šios sistemos teikiama galimybėmis gali naudotis įvairios intelektinių prietaisų gamybos ir pardavimo įmonės, konsultantai, galutiniai vartotojai, ekspertai ir kitos suinteresuotos grupės.

Literatūra

1. KANE, G.; HEANEY, G.; EWART, K.; Mcalister, B. Developing accesibility appraisal model for the external environment of housing estates. *Facilities*, 2002, No 3/4, p. 104–112.
2. KOHLER, H. The building stock as a research object. *Building Research and Information*, 2002, Vol 30, No 4, p. 226–236.
3. ALLEN, B. An integrated approach to Smart House technology for people with disabilities. *Medical Engineering & Physics*, 1996, Vol 18, Issue 3, p. 203–206.
4. BAKER, B. Smart Growth conference hot topics, (FYI) (Conference news). *Public Management*, 2006, Vol 88, No 5, p. 34–36.
5. BARTON, J. S. Smart structures and materials: Brian Culshaw. Artech House. *Optics and Lasers in Engineering*, 1997, Vol 27, Issue 3, p. 337–338.
6. BOUWMAN, H., DUIN, P., van der. Technological forecasting and scenarios matter: research on the use of information and communication technology in the home environment in 2010. *Foresight*, 2003, Vol 5, Issue 4, p. 8–19.
7. GOLD, R. Draft: Proposed United Nations Tre[aty] On Human To Smart Object Interrelations, (TIME Interactive/Future, fun look at smart objects). *Time International*, 2001, Vol 157, No 22, p. 94–116.
8. *Home help robots run the roost* [žiūrėta 2007-06-20]. Prieiga per internetą: <<http://www.itweek.co.uk/vnunet/news/2119334/home-help-robots-run-roost>>.
9. BALAGUER, C. *Towards robotic smart homes, 24-th International Symposium on Automation & Robotics in Construction (ISARC 2007)*. Kochi (Kerala). India, Sept, 2007.
10. JONG-HYUK, P.; HEUNG-SOO, P.; SANG-JIN, L.; JUN, Ch.; DEOK-GYU, L. Intelligent Multimedia Service System Based on Context Awareness in Smart Home. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin / Heidelberg. 2005, Vol. 3681.
11. KINDER, T. A sociotechnical approach to the innovation of a network technology in the public sector – the introduction of smart homes in West Lothian. *European Journal of Innovation Management*, 2000, Vol 3, Issue 2, p. 72–90.
12. JARDON, A.; GIMENEZ, A.; CORREAL, R.; CABAS, R.; MARTINEZ, S. and BALAGUER, C. A portable light-weight climbing robot for personal assistance applications. *Industrial Robot: An International Journal*, 2006, Vol 33, Issue 4, p. 303–307.
13. SCHACHT, K. New developments: smart materials (Cutting Edge)(shape-memory properties)(Column). *Appliance Manufacturer*, 2004, Vol 52, No 1, p.14–16.
14. KOLOKOTSA, D.; SARIDAKIS, G.; POULIEZOS, A.; STAVRAKAKIS, G. S. Design and installation of an advanced EIB TM fuzzy indoor comfort controller using Matlab. *Energy and Buildings*, 2006, Vol 38, p. 1084–1092.

15. BANAITIENE, N.; BANAITIS A., KAKLAUSKAS A., ZAVADSKAS E. K. Evaluating the life cycle of a building: A multivariant and multiple criteria approach. *Special Issue on Multiple Criteria Decision Making for Engineering*, 2008, Vol 36, Issue 3, June, p. 429–441.
16. KAKLAUSKAS, A.; ZAVADSKAS, E. K. *Internetinė sprendimų parama*. Vilnius: Technika, 2002.
17. ZAVADSKAS, E. K.; KAKLAUSKAS, A.; RASLANAS, S. Multivariant design and multiple criteria analysis of building refurbishments. *Energy and Buildings*, 2005, Vol 37, No 4, p. 361–372.
18. ZAVADSKAS, E. K.; KAKLAUSKAS, A.; BANAITIENĖ, N. *Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė*. Vilnius: Technika, 2001.
19. ALEXANDROV, V.; DIMOV, I.; KARAIIVANOVA, A.; TAN, C. J. K. Parallel Monte Carlo algorithms for Information Retrieval. *Mathematics and Computers in Simulation*, 2003, Vol 62, Issues 3–6, p. 289–295.

Jurga NAIMAVIČIENĖ. Assistant in the Dept of Construction Economics and Property Management at Vilnius Gediminas Technical University. Her domain of research and interests are real estate management and valuation system of real estate and business in Lithuania, intelligent systems and buildings.

Artūras KAKLAUSKAS. Doctor Habil, Professor, the Head of the Dept of Construction Economics and Property Management of the VGTU. His domain of research and interests are pollution, sustainable development, analysis, modelling and forecasting of construction and real estate sector, facilities and real estate management, total quality analysis, e-learning, knowledge and decision support systems.

Andrius GULBINAS. Assoc Prof in the Dept of Construction Economics and Property Management at VGTU. His research interests include international projects management, building economy.