

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2021 002**
(22) Paraiškos padavimo data: **2021-01-29**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2021-09-10**
(45) Patento paskelbimo data: **2021-11-25**

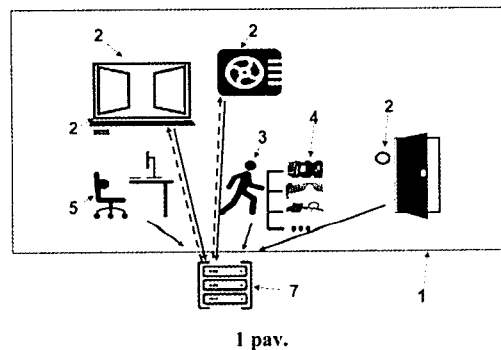
(73) Patento savininkas:
**Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT**
(72) Išradėjas:
**Artūras KAKLAUSKAS, LT
Arūnė BINKYTĖ-VĖLIENĖ, LT
Ieva UBARTĖ, LT
Vytautas BUČINSKAS, LT**
(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
**Gediminas PRANEVIČIUS, 54, Advokatų profesinė
bendrija IP FORMA, Užupio g.30, LT-01203 Vilnius,
LT**

LT 6866 B

(54) Pavadinimas:
**Skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuotas valdymo metodas
ir jo realizavimo sistema**

(57) Referatas:

Išradimas skirtas skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuotam valdymo metodui ir jį realizuojančiai sistemai, kurie vartotojo emocinių, afektinių ir fiziologinių būsenų, valentingumo, susijaudinimo, darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo (AFFECT) metrikų pagrindu personalizuoja išmaniųjų erdvių kokybės parametrus: patalpų oro kokybę, apšvietimo stiprumą ir spalvas, kvapus, vaizdus, mokymosi medžiagą, muziką, taršą ir pan. Metodas ir sistema sudaro sąlygas realiu laiku palaikyti aukštą vartotojų darbingumą (mokymosi efektyvumą), reikiamą įdomumą ir nenuobodumą, adaptuojant išmaniosios erdvės kokybės metrikas pagal vartotojo AFFECT būklę. PAD emocinės būsenos modelis, apverstos U kreivės teorija, neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacinės lentelės yra naudojamos, siekiant įvertinti skaitmeninio dvynio išmaniųjų erdvių poveikį vartotojams, jų reakcijos dinamiką realiu laiku ir į tai reaguoti.



TECHNIKOS SRITIS

Išradimas skirtas pastatų išmaniųjų erdvių kokybės (apšvietimo stiprumas ir spalvos, kvapai, vaizdai, informacija, žinios, duomenys, darbai, mokymosi medžiaga, žaidimai, muzika, video, temperatūra, drėgmė, oro tarša, virpesiai ir t. t.) personalizuotam valdymo metodui ir sistemai, sudarantiems racionalią adaptyvią aplinką vartotojams, atsižvelgiant į vartotojų emocinių, afektinių ir fiziologinių būsenų, valentingumo, susijaudinimo, darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo (AFFECT) metrikas. Išradimo tikslas – sukurti inovatyvų metodą ir sistemą, kurie integruotai, kaip vieną visumą, analizuotų, personalizuotų ir valdytų pastatų ar mobilių darbo vietų išmaniųjų erdvių kokybę pagal vartotojo AFFECT būklės. Taip pat šio proceso metu, remiantis AFFECT ir kitomis erdves apibūdinančiomis metrikomis, nustatomos įvairios pastatų išmaniųjų erdvių vertės (pvz., vartotojo suvokiama, hedoninė, utilitarinė).

TECHNIKOS LYGIS

Šiuo metu žinoma keletas techninių sprendimų pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuoto valdymo srityje. Jie apima techninius sprendimus fiziologinių parametrų nustatymui, nustato žmogaus emocijas aprašančių parametrų nustatymo įrangą, tačiau tiesiogiai neapima siūlomo pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuoto valdymo metodo ir jai realizuoti skirtos įrangos.

Pats pažangiausias lyginamas analogas pasaulyje mūsų išradimui yra JAV patento paraiška Nr. US20140288714A1 „Intelligent energy and space management“. Toliau pateikiami jo trūkumai, kurie yra pašalinami mūsų išradimu:

- JAV patento paraiška analizuoja tik fiziologinius ir emocinius parametrus. Joje nėra integruotai analizuojamos emocinė (laimingas, liūdnas, piktas, išsigandęs, pasibjaurėjęs ir t. t.), afektinė (nuobodulys, susidomėjimas, sumišimas ir t. t.), fiziologinės vartotojo būsenos, valentingumas, susijaudinimas, darbingumas (mokymosi efektyvumas), įdomumas ir nenuobodumas (AFFECT duomenys). Todėl šis išradimas padeda žymiai tiksliau nustatyti vartotojo būseną.
- JAV patento paraiškoje, sudarant personalizuotas patalpų mikroklimato kontrolės schemas, nėra naudojamos neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacinės lentelės, nėra sudaromi ir analizuojami visi galimi

pastatų išmaniųjų erdvių kokybės (apšvietimo stiprumas ir spalvos, kvapai, vaizdai, informacija, žinios, duomenys, darbai, mokymosi medžiaga, žaidimai, muzika, video, temperatūra, drėgmė, oro tarša ir t. t.) variantai. Todėl šis išradimas padeda žymiai tiksliau palaikyti pastatų personalizuotos išmaniosios erdvės kokybę (tame tarpe ir patalpų mikroklimatą).

- JAV patento paraiškoje nebuvo nustatomos įvairios pastatų išmaniųjų erdvių vertės (pvz., vartotojo suvokiama, hedoninė, utilitarinė), kompleksiskai taikant biometrines ir intelektines technologijas.

IŠRADIMO ESMĖ

Šio išradimo išskirtinumą ir naujumą galima išskirti pagal šiuos požymius:

- Išradime integruotai analizuojamos emocinė (laimingas, liūdnas, piktas, išsigandęs, pasibjaurėjęs ir t. t.), afektinė (nuobodulys, susidomėjimas, sumišimas ir t. t.), fiziologinės vartotojo būsenos, valentingumas, susijaudinimas, darbingumas (mokymosi efektyvumas), įdomumas ir nenuobodumas (AFFECT duomenys). Šios analizės metu taip pat yra atsižvelgiama į metų laikus, savaitės dienas, cirkadinį ritmą. Todėl šis išradimas padeda žymiai tiksliau nustatyti vartotojo būseną.
- Išradime, sudarant personalizuotas pastatų išmaniųjų erdvių kokybės alternatyvias neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacines lenteles, yra sudaromi ir analizuojami visi galimi pastatų išmaniųjų erdvių kokybės variantai. Todėl mūsų išradimas padeda žymiai tiksliau palaikyti personalizuotą pastatų išmaniųjų erdvių kokybę.
- Išradime yra nustatomos pastatų išmaniųjų erdvių vertės (pvz., vartotojo suvokiama, hedoninė, utilitarinė), kompleksiskai taikant biometrines ir intelektines technologijas.

Šio išradimo metodas ir sistema leidžia įvertinti skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių poveikį žmonėms PAD emocinės būsenos modelio, neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacinių lentelių, apsimokančių regresijos modelio lygčių, emocinės ir afektinės būklės valdymo algoritmų pavidalu, vartotojo reakcijos dinamiką realiu laiku ir į tai reaguoti. Pastatų išmaniųjų erdvių kokybės ir AFFECT

tarpusavio sąveikia yra abipusė, t.y. šie abu tyrimo objektai yra tarpusavyje tarpiai susiję ir yra vieno tiriamojo objekto sudėtinės dalys. Metodas ir sistema yra universalūs, kurie sudaro sąlygas analizuoti, veikti ir optimizuoti žmonių AFFECT būsenas, atsižvelgiant į metų laikus, savaitės dienas, cirkadinį ritmą.

PAD emocinės būsenos modelis yra psichologinis modelis, kurį sukūrė Mehrabianas ir Russellas (1974) emocinėms būsenoms apibūdinti ir matuoti. PAD emocinės būsenos modelyje emocijos apibūdinamos pagal tris dimensijas (malonumas, sužadėjimas ir dominavimas). PAD (malonumo, sužadėjimo, dominavimo) modelis buvo naudojamas tiriant neverbalinę komunikaciją, pavyzdžiui, kūno kalbą psichologiją.

Metodas ir sistema analizuoja įvairias vartotojo AFFECT metrikas (duomenis): emocijas (susijaudinęs, pakylėtas, laimingas, patenkintas, budrus, malonus, ramus, atsipalaidavęs, pavargęs, nuobodus, prislėgtas, liūdnas, nusiminęs, nervingas, įsitempęs), afektines (įdomumas, nusivylimas, nuobodulys, sumišimas) ir fiziologines (akių mirksėjimo, širdies ritmo (dažnis, stiprumas, aidas, užvėlinimas)), terminius (šiluminius) odos parametrus ir jų pokyčių spartos; svyravimus stipininės arterijos sienoje (garsas, vibracija); kvėpavimo dažnio ir gylio; raumenų įsitempimo, įsitempimo/atsipalaidavimo dinamikos (greitis laike); odos varžos, smegenų bangos (dažnis, amplitudė), valentingumo, susijaudinimo, darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo būsenas. Remiantis fiziologiniais ir kitais duomenimis yra nustatomas vartotojo susijaudinimo lygis. Šios AFFECT metrikos sudaro sąlygas pastatų ar mobilių darbo vietų išmaniosioms erdvėms grįžtamuoju ryšiu sąveikauti su vartotojo AFFECT būkle. Išradime pasiūlytas metodas ir jam realizuoti reikalinga pastatų išmaniųjų erdvių kokybės ir AFFECT įranga leidžia pastatų išmaniosios erdvės kokybę ir vartotoją modeliuoti ir optimizuoti kaip vientisą sistemą. Šis modeliavimas atliekamas AFFECT ir kitus duomenis analizuojant neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacinių lentelių, apsimokančių regresijos modelio lygčių, emocinės ir afektinės būklės valdymo algoritmų pavidalu, sudarant visas galimas pastatų išmaniųjų erdvių kokybės alternatyvas, jų poveikį vartotojui įvertinant daugiakriteriniais analizės metodais, nustatant alternatyvų vertes (pvz., vartotojo suvokiama, hedoninė, utilitarinė) bei priimant racionalų sprendimą.

Šio išradimo esmė – skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuotas valdymo metodas ir jo realizavimo sistema, kurie su AFFECT

nešiojamų ir nuotolinių jutiklių rinkinių su jų duomenų apdorojimo įrangos pagalba renka vartotojo AFFECT duomenis ir juos perduoda į skaitmeninio dvynio sprendimų paramos sistemą (SPS). SPS duomenys yra apdorojami, analizuojami ir nustatoma vartotojų AFFECT būklė, kurių pagrindu personalizuojama pastatų išmaniųjų erdvių kokybė.

Personalizuoti racionalūs pastatų išmaniųjų erdvių kokybės kintamieji (apšvietimo stiprumas ir spalvos, kvapai, vaizdai, informacija, žinios, duomenys, darbai, mokymosi medžiaga, žaidimai, muzika, video, temperatūra, drėgmė, oro tarša ir t. t.) kinta realiu laiku nustatytu dydžiu ir laiko tarpu, integruotai atsižvelgiant į vartotojo valentingumą, susijaudinimą, darbingumą, mokymosi efektyvumą, įdomumą ir nenuobodumą.

Veido, balso, smegenų bangų, akies vyzdžio ir mirksėjimo, parašo, eisenos, kvapo, spausdinimo klaviatūra analizės, kvėpavimo dažnio, kūno temperatūros, odos elektrinio laidumo ir kiti prietaisai sudaro AFFECT nešiojamų ir nuotolinių jutiklių rinkinius. Remiantis šiais duomenimis gali būti nustatomas vartotojo susijaudinimo lygis. Nustatyti kintamieji analizuojami kiekybiškai su neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacinėmis lentelėmis.

Su daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų (pavyzdžiui, INVAR), naudojančių realaus laiko neurosprendimų priėmimo lenteles, pagalba apskaičiuojamos realaus laiko išmaniųjų erdvių vertės (pvz., vartotojo suvokiama, hedoninė, utilitarinė). Šios vertės turi svyruoti tarp užsiduotų minimalios (mažiausiai patenkinanti vartotojo poreikius, tačiau labai pigus patalpos eksploatavimas) ir maksimalios (daugiausiai patenkinanti vartotojo poreikius, tačiau labai brangus patalpos eksploatavimas) reikšmių. Esant vertei tarp minimalios ir maksimalios verčių ribos, pastatų išmaniosios erdvės kokybė išlieka pastovi, tačiau išėjus už šių verčių ribos, pastatų išmaniosios erdvės kokybė vėl personalizuojama pagal užduotas statistines darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo neurokoreliacines lygtis. Šiam tikslui ir naudojamos neurosprendimų priėmimo lentelės.

Yra nustatytos realaus laiko neurokoreliacijos (koreliacijos koeficientų) tarp daugelio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės ir daugelio vartotojų AFFECT parametrų. Šie realaus laiko statistiniai ryšiai tarp pastatų išmaniųjų erdvių kokybės ir vartotojų AFFECT kintamųjų yra nustatomi tikimybių teorijos arba statistikos metodų pagalba.

Gali būti naudojami keli koreliacijos koeficientai, kaip pavyzdžiui, Pirsono (Pearson) tiesinės koreliacijos koeficientas ar Spirmeno (Spearman) ranginės koreliacijos koeficientas ar kiti. Pastato išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginiai gali išmatuoti kintamuosius, tokius kaip patalpos oro drėgmė, temperatūra, apšviestumas, oro tarša, kurie stipriai koreliuoja su vartotojų AFFECT būkle, nustatoma vartotojų AFFECT nešiojamų ir nuotolinių jutiklių rinkiniais su jų duomenų apdorojimo įranga. Tai reiškia, kad AFFECT kintamieji turi tiesioginę įtaką sprendimui, nustatant personalizuotą patalpos mikroklimatą (pavyzdžiui, temperatūra, drėgmė, oro tarša, oro kokybė, triukšmas, apšvietimas, vibracijos).

Kai pasirinktos darbingumo, įdomumo, nenuobodumo, afektinės būklės, teigiamų ir neigiamų emocijų (DIN) regresijos lygtys yra patenkintos, tada skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuotas valdymo metodas ir jo realizavimo sistema yra pasiekusi savo tikslus ir palaiko esamus parametrus.

Jeigu pasirinktos darbingumo, įdomumo, nenuobodumo, afektinės būklės, teigiamų ir neigiamų emocijų DIN regresijos lygtys yra nepatenkintos, tada skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuotas valdymo metodas ir jo realizavimo sistema dar nėra pasiekusi savo tikslų ir, analizuodama AFFECT metrikas, toliau keičia išmaniosios erdvės kokybės parametrus, siekiant optimizuoti vartotojo būseną ir patenkinti DIN regresijos lygtis.

Darbingumo lygis yra nustatomas pagal susijaudinimo reikšmes, remiantis apversta „U“ (Seyle, 1975, McGrath 1976). Personalizuojant pastatų išmaniųjų erdvių kokybę, tiesiogiai yra veikiamas vartotojų darbingumas, įdomumas ir nenuobodumas.

Racionalios personalizuotos pastatų išmaniųjų erdvių ir AFFECT metrikos talpinamos sumanioje duomenų bazėje 7a, kuria remiantis apskaičiuojamos ir pildomos neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacinės lentelės bei valdoma pastatų išmaniosios erdvės kokybė ir prognozuojamos bei valdomos AFFECT metrikos.

BRĖŽINIŲ PAVEIKSLŲ APRAŠYMAS

1 pav. pateikta skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuoto valdymo metodo ir jo realizavimo sistemos struktūra;

2 pav. pateiktas skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės

personalizuoto valdymo metodo ir jo realizavimo sistemos veikimo nuoseklumas;

3 pav. pateikta schema, vaizduojanti pastato išmaniųjų erdvių parametrų valdymą, naudojant pastato išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginius su duomenų apdorojimo įranga, ir vartotojo AFFECT metrikų nustatymą, naudojant vartotojo AFFECT nešiojamų ir nuotolinių jutiklių rinkinius su jų duomenų apdorojimo įrangos;

IŠSAMUS IŠRADIMO REALIZAVIMO APRAŠYMAS

Skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuotas valdymo metodas ir jo realizavimo sistema veikia etapais toliau pateiktu nuoseklumu, naudodama pastatų išmaniųjų erdvių kokybės (apšvietimo stiprumas ir spalvos, kvapai, vaizdai, informacija, žinios, duomenys, darbai, mokymosi medžiaga, žaidimai, muzika, video, temperatūra, drėgmė, oro tarša, smegenų bangos, vibracija ir t. t.) ir vartotojo AFFECT metrikas:

1. Pastato ar mobilių darbo vietų išmaniųjų erdvių kokybės naudojimas 1 konkrečiose geografinėse lokacijose.

2. Pastato išmaniųjų erdvių temperatūros, drėgmės, oro taršos, apšvietimo stiprumo ir spalvos, kvapų, vartotojų skaičiaus ir kt. duomenys yra renkami naudojant pastato išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginius 2 su duomenų apdorojimo įranga.

3-5. Vartotojų 3 emocinė, afektinė ir fiziologinė būsenos, valentingumo, susijaudinimo, darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo (AFFECT) metrikos nustatomos, naudojant AFFECT nešiojamus 4 ir nuotolinius 5 jutiklių rinkinius su jų duomenų apdorojimo įranga.

6-7. Surinkti duomenys perduodami per 5G ar kitą internetinį tinklą 6 į skaitmeninio dvynio sprendimų paramos sistemą (SPS) 7. SPS sudaryta iš sumanios duomenų bazės 7a ir jos valdymo sistemos 7b ir skaitmeninio dvynio modelių bazės 7c ir jos valdymo sistemos 7d bei vartotojo sąsajos 7e. Surinkti duomenys išsaugomi vietinėje arba cloud sumanioje duomenų bazėje (7a).

8. Vartotojas pasirenka paslaugos tipą 8.

9. Remiantis pasirinktu paslaugos tipu SPS pradeda gauti duomenų daugiakriterinę analizę 9. Surinkti duomenys, atsižvelgiant į cirkadinį ritmą, metų

laikus, savaitės dienas, yra vertinami ir analizuojami 9:

- Atliekamas pastato išmaniųjų erdvių kokybės parametrų daugiakriterinis (atsižvelgiant į patalpoje esančių vartotojų AFFECT metrikas, metų laikus, savaitės dienas, cirkadinį ritmą) vertinimas, naudojant PAD emocinės būsenos modelį, neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacines lenteles.
- Nustatoma gautų potencialių pastato išmaniųjų erdvių kokybės parametrų efektyviausia alternatyva.
- Bet kurio rodiklio reikšmės x_{ij} optimizavimas. Norėdami optimizuoti bet kurio rodiklio reikšmę x_{ij} , neurosprendimų priėmimo lentelę pertvarkome taip, kad rodiklio reikšmė $x_{ij \text{ opt}}$, kurią norime optimizuoti, būtų x_{11} , t.y. $x_{ij \text{ opt}} = x_{11}$. Tada, siekiant nustatyti, kokias alternatyvas a_1 optimizuotai reikšmei x_{11-R} esant, alternatyva a_1 būtų vienodai konkurencinga rinkoje, palyginti su kitomis lyginamomis alternatyvomis ($a_2 - a_n$), kompleksiskai įvertinus jų visų teigiamas ir neigiamas savybes.
- Kiekybinių rekomendacijų skaičiavimas. Kiekybinės rekomendacijos i_{ij} rodiklio x_{ij} parodo galimus rodiklio x_i reikšmės pagerinimus procentine išraiška, siekiant, kad rodiklis taptų lygus didžiausiai $x_{i \text{ max}}$ rodiklio x_i reikšmei.
- Kokybinių rekomendacijų skaičiavimas. Kokybinės rekomendacijos r_{ij} rodiklio x_{ij} parodo galimą rodiklio x_i naudingumo laipsnio N_j pagerinimą procentine išraiška, kai $x_{ij} = x_{i \text{ max}}$. Kitais žodžiais tariant, r_{ij} parodo kiek procentų galima padidinti alternatyvos a_j naudingumo laipsnį N_j , jeigu rodiklio reikšmė x_{ij} gali būti lygi geriausiai rodiklio x_i reikšmei $x_{i \text{ max}}$.
- Šiame etape atliekami aproksimacijos e ciklo skaičiavimai, siekiant nustatyti, kokia turi būti rodiklio $x_{ij \text{ cycle } e}$ reikšmė, kad ši alternatyva (a_j) būtų geriausia pagal lyginamas alternatyvas ($a_1 - a_n$). Rodiklio $x_{ij \text{ cycle } e}$ reikšmė mažinama arba didinama dydžiu e tol, kol nagrinėjamo varianto (a_j) naudingumo laipsnis $N_{j e}$ yra lygus 100 %.

10-12. Remiantis atlikta daugiakriterine analize ir turimais duomenimis sudaromos neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacinės lentelės 10. Neurokoreliacinės lentelės yra sudaromos iš apsimokančių regresijos modelio lygčių.

Šių lygčių veikimą gerai aprašo emocinės ir afektinės būklės keitimo algoritmai. Neurosprendimų priėmimo lentelių pagrindu atliekamas verčių (pvz., vartotojo suvokiama, hedoninė, utilitarinė) skaičiavimas 11 ir erdvių kokybės parametrų derinių nustatymas kas užduotą laiko tarpą 12.

13. Skaitmeninio dvynio pastato išmaniųjų erdvių kokybės personalizavimo rezultatų išsaugojimas 13 SPS sumanioje duomenų bazėje 7a.

14. Pastato išmaniųjų erdvių kokybės personalizavimo reikšmių perdavimas į išmaniąsias erdves 14.

15. Pastato išmaniųjų erdvių kokybės konfigūravimas, keitimas ir palaikymas pagal naujus personalizuotus parametrus 15.

Su daugiakriterinių sprendimų priėmimo metodų (pavyzdžiui, INVAR), naudojančių realaus laiko neurosprendimų priėmimo lenteles, pagalba apskaičiuojamos realaus laiko pastatų išmaniųjų erdvių vertės (pvz., vartotojo suvokiama, hedoninė, utilitarinė). Šios vertės turi svyruoti tarp užsiduotų minimalios (mažiausiai patenkinanti vartotojo poreikius, tačiau labai pigus erdvės eksploatavimas) ir maksimalios (daugiausiai patenkinanti vartotojo poreikius, tačiau labai brangus erdvės eksploatavimas) reikšmių. Esant vertei tarp minimalios ir maksimalios verčių ribos, pastatų išmaniųjų erdvių kokybė išlieka stabili, tačiau išėjus už šių verčių ribos, išmaniųjų erdvių parametrai vėl keičiami pagal užduotas statistines darbingumo, įdomumo, nenuobodumo, afektinės būklės, teigiamų ir neigiamų emocijų (DIN) neurokoreliacines regresijos modelio lygtis. Šiam tikslui ir naudojamos neurosprendimų priėmimo lentelės.

Metodo vienas iš pagrindinių tikslų yra nuolatos palaikyti maksimalų vartotojo darbingumą (mokymosi efektyvumą) ir pageidaujamą įdomumą ir nenuobodumą, norimas teigiamas ir neigiamas emocijas bei afektinę būklę. Šiam maksimaliam vartotojo darbingumo palaikymui būtina, remiantis nustatyta personalizuota konkrečiam vartotojui susijaudinimo regresijos modelio lygtimi, palaikyti nagrinėjamo vartotojo reikiamą susijaudinimo lygį per visą apverstą U (Seyle, 1975, McGrath 1976) kreivių diapazoną. Tai pasiekama, keičiant pastatų išmaniųjų erdvių kokybės parametrus. Šie pokyčiai pakeičia vartotojo susijaudinimo ir darbo našumo lygius pagal apverstą U teorijas. Reguluojant pastatų išmaniųjų erdvių kokybės lygį, galima pasiekti maksimalų darbo našumo lygį kaip ribinę sąlygą. Netinkamai personalizuota

pastatų išmaniųjų erdvių kokybė, nors ir laikinai, riboja maksimalų vartotojų produktyvumą.

Vartotojo darbingumas (mokymosi efektyvumas) priklauso nuo jo susijaudinimo lygio. Susijaudinimas kinta nuo 0 iki 1. Remiantis gautais konkretaus vartotojo personalizuotais susijaudinimo ir pastatų išmaniųjų erdvių kokybės duomenimis nustatoma susijaudinimo lygio regresijos lygtis. Jeigu neturime nagrinėjamo vartotojo susijaudinimo ir susijaudinimo priklausomybės nuo pastatų išmaniųjų erdvių kokybės duomenų, tada (kol juos sukaupsime) naudojamos kitų panašių vartotojų susijaudinimo regresijos lygtys. Pastatų išmaniųjų erdvių kokybės regresinė analizė apima apšvietimo stiprumą (Apšviet) ir spalvas (Spalv), kvapus (Kvap), informaciją (Info), žinias (Žin), duomenis (Data), muziką (Muzik), temperatūrą (TEMP), drėgmę (Drėgmė), oro taršą (SO₂, KD_{2,5}, KD₁₀, NO₂, CO, O₃), virpesius (Virp), modelio paklaidą (ε) ir t. t. Pavyzdžiui, atlikta regresinė analizė leidžia sudaryti susijaudinimo tiesinės regresijos modelį (1):

$$\begin{aligned}
 S = & \beta_0 + \beta_{\text{Drėgmė}} \cdot \text{Drėgmė} + \beta_{\text{TempErdvės}} \cdot \text{TEMP}_{\text{Erdvės}} + \beta_{\text{Apšviet}} \cdot \text{Apšviet} + \beta_{\text{SO}_2} \cdot \\
 & \text{SO}_2 + \\
 & + \beta_{\text{KD}_{2,5}} \cdot \text{KD}_{2,5} + \beta_{\text{KD}_{10}} \cdot \text{KD}_{10} + \beta_{\text{NO}_2} \cdot \text{NO}_2 + \beta_{\text{CO}} \cdot \text{CO} + \beta_{\text{O}_3} \cdot \text{O}_3 + \dots + \beta_{\text{Spalv}} \cdot \\
 & \text{Spalv} + \\
 & + \beta_{\text{Kvap}} \cdot \text{Kvap} + \beta_{\text{Muzik}} \cdot \text{Muzik} + \beta_{\text{Virp}} \cdot \text{Virp} + \beta_{\text{Info}} \cdot \text{Info} + \beta_{\text{Žin}} \cdot \text{Žin} + \beta_{\text{Data}} \cdot \text{Data} \\
 & + \varepsilon \quad (1)
 \end{aligned}$$

β gali būti su teigiamu ir neigiamu ženklu. Truputėli toliau šios formulės praktinis veikimas paaiškinama susijaudinimo (A_r) keitimo algoritmo pavyzdžiu.

Sudaryti vartotojo personalizuoti susijaudinimo tiesinės regresijos modeliai leidžia padaryti išvadą, kad jie tinkami nagrinėti (p<0,05), o jį sudarantys nepriklausomi kintamieji didžiąja dalimi paaiškina priklausomo kintamojo (susijaudinimas) reikšmių sklaidą.

Pastatų išmaniųjų erdvių kokybė vartotojui turi užtikrinti komfortines aplinkos sąlygas. Higienos normos ir vartotojo įdomumas (pavyzdžiui, I > 0,1; I svyruoja nuo 0 iki 1) ir nenuobodumas (pavyzdžiui, N > 0,1; N svyruoja nuo 0 iki 1) parodo ar darbo vietoje yra minimaliai užtikrintos komfortinės aplinkos sąlygos. Remiantis gautais konkretaus vartotojo personalizuotais duomenimis, nustatoma susijaudinimo lygio regresijos modelio lygtis. Remiantis gautais konkretaus vartotojo personalizuotais

nenuobodumo ir įdomumo bei pastatų išmaniųjų erdvių kokybės duomenimis, nustatomos nenuobodumo ir įdomumo lygio regresijos modelio lygtys. Jeigu neturime nagrinėjamo vartotojo nenuobodumo ir įdomumo priklausomybės nuo erdvės kokybės duomenų, tada (kol juos sukaupsime) naudojamos kitų panašių vartotojų nenuobodumo ir įdomumo regresijos lygtys. Pavyzdžiui, atlikta regresinė analizė leidžia sudaryti įdomumo (I) ir nenuobodumo (N) tiesinės regresijos modelį (2 ir 3):

$$I = \beta_{0L} + \beta_L \text{ Drėgmė} \cdot \text{Drėgmė} + \beta_L \text{ Temp} \cdot \text{TEMP} + \beta_L \text{ Apšviet} \cdot \text{Apšviet} + \beta_L \text{ O}_2 \cdot \text{SO}_2 + \beta_L \text{ KD}_{2,5} \cdot \text{KD}_{2,5} + \beta_L \text{ KD}_{10} \cdot \text{KD}_{10} + \beta_L \text{ NO}_2 \cdot \text{NO}_2 + \beta_L \text{ CO} \cdot \text{CO} + \beta_L \text{ O}_3 \cdot \text{O}_3 + \dots + \beta_L \text{ Spalv} \cdot \text{Spalv} + \beta_L \text{ Kvap} \cdot \text{Kvap} + \beta_L \text{ Muzik} \cdot \text{Muzik} + \beta_L \text{ Virp} \cdot \text{Virp} + \beta_L \text{ Info} \cdot \text{Info} + \beta_L \text{ Žin} \cdot \text{Žin} + \beta_L \text{ Data} \cdot \text{Data} + \varepsilon \quad (2)$$

$$N = \beta_{0V} + \beta_V \text{ Drėgmė} \cdot \text{Drėgmė} + \beta_V \text{ Temp} \cdot \text{TEMP} + \beta_V \text{ Apšviet} \cdot \text{Apšviet} + \beta_V \text{ O}_2 \cdot \text{SO}_2 + \beta_V \text{ KD}_{2,5} \cdot \text{KD}_{2,5} + \beta_V \text{ KD}_{10} \cdot \text{KD}_{10} + \beta_V \text{ NO}_2 \cdot \text{NO}_2 + \beta_V \text{ CO} \cdot \text{CO} + \beta_V \text{ O}_3 \cdot \text{O}_3 + \dots + \beta_V \text{ Spalv} \cdot \text{Spalv} + \beta_V \text{ Kvap} \cdot \text{Kvap} + \beta_V \text{ Muzik} \cdot \text{Muzik} + \beta_V \text{ Virp} \cdot \text{Virp} + \beta_V \text{ Info} \cdot \text{Info} + \beta_V \text{ Žin} \cdot \text{Žin} + \beta_V \text{ Data} \cdot \text{Data} + \varepsilon \quad (3)$$

Sudaryti vartotojo personalizuoti nenuobodumo ir įdomumo tiesinės regresijos modeliai leidžia padaryti išvadą, kad jie tinkami nagrinėti ($p < 0,05$), o ji sudarantys nepriklausomi kintamieji didžiąja dalimi paaiškina priklausomo kintamojo (nenuobodumo ir įdomumo) reikšmių sklaidą.

Kaupiantis duomenims ir taikant mašininio mokymosi algoritmus, regresijos modelio lygtys apsimoko ir tampa vis tikslesnės. Šiuo atveju yra taikomi apsimokantys regresijos modeliai.

Remiantis personalizuotomis konkrečaus vartotojo susijaudinimo, nenuobodumo, įdomumo, afektinės būklės, teigiamų ir neigiamų emocijų regresijos modelio lygtimis palaikoma reikiama pastatų išmaniųjų erdvių kokybė, siekiant išlaikyti maksimalų vartotojo darbo našumą per apverstą U kreivių diapazoną bei norimą nenuobodumo ir įdomumo lygius.

Išradimo techninis rezultatas apibūdinamas trimis požymiais:

- Kadangi išradime integruotai analizuojama emocinė (laimingas, liūdnas, piktas, išsigandęs, pasibjaurėjęs ir t. t.), afektinė (nuobodulys, susidomėjimas, sumišimas ir t. t.), fiziologinė vartotojo būsenos, valentingumas, susijaudinimas, bei nustatomas darbingumo lygis (mokymosi efektyvumas), įdomumas ir nenuobodumas (AFFECT

duomenys), atsižvelgiant į metų laikus, savaitės dienas, cirkadinį ritmą, todėl išradimas padeda žymiai tiksliau nustatyti vartotojo būseną.

- Kadangi išradime sudarant personalizuotas pastatų išmaniųjų erdvių kokybės (apšvietimo stiprumas ir spalvos, kvapai, vaizdai, informacija, žinios, duomenys, darbai, mokymosi medžiaga, žaidimai, muzika, video, temperatūra, drėgmė, oro tarša, smegenų bangos, vibracija ir t. t.) alternatyvas naudojamos neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacinės lentelės, yra sudaromi ir analizuojami visi galimi pastatų išmaniųjų erdvių variantai, todėl išradimas padeda žymiai tiksliau palaikyti personalizuotus pastatų išmaniųjų erdvių kokybės parametrus.
- Kadangi išradime yra nustatomos pastatų išmaniųjų erdvių vertės (pvz., vartotojo suvokiama, hedoninė, utilitarinė), kompleksiskai taikant daugiakriterinės analizės metodus (pavyzdžiui, INVAR), biometrinės ir intelektinės technologijos, todėl išradimas padeda žymiai tiksliau nustatyti pastatų išmaniųjų erdvių vertę vartotojams.

Skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių 1 kokybės personalizuoto valdymo metodo ir jo realizavimo sistemos struktūra pateikiama 1 pav. Skaitmeninio dvynio sprendimų paramos sistema (SPS) 7, naudodama šio išradimo metodą, nuolat matuoja pastato išmaniųjų erdvių kokybės parametrus esamomis sąlygomis. Metodas ir sistema skirti individualizuoti pastato išmaniųjų erdvių kokybę, siekiant maksimaliai patenkinti vartotojų poreikius. Pastato išmaniųjų erdvių personalizuota temperatūra, drėgmė, oro tarša, apšvietimo stiprumas ir spalvos, kvapai, vaizdai, informacija, žinios, duomenys, darbai, mokymosi medžiaga, žaidimai, muzika, video, vartotojų skaičius ir kt. yra nustatomi, naudojant pastato išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginius su duomenų apdorojimo įranga, o vartotojų emocinė, afektinė ir fiziologinė būsenos, valentingumo, susijaudinimo, darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo (AFFECT) metrikos nustatomos, naudojant AFFECT nešiojamus 4 ir nuotolinius 5 jutiklių rinkinius su jų duomenų apdorojimo įranga. Duomenys iš AFFECT nešiojamų 4 ir nuotolinių 5 jutiklių rinkinių ir išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginių 2 (skirtų išmaniųjų erdvių kokybės matavimui ir asmeniniam pritaikymui bei palaikymui) perduodami skaitmeninio dvynio sprendimų paramos sistemai (SPS) 7, kuri, savo ruožtu, modeliuoja ir optimizuoja

skaitmeninio dvynio išmaniosios erdvės kokybės parametrus pagal vartotojo poreikius. Tokiu būdu AFFECT metrikos sudaro sąlygas pastato išmaniosioms erdvėms grįžtamuoju ryšiu sąveikauti su vartotojo AFFECT būkle. Mūsų siūlomas metodas ir jam realizuoti reikalinga pastato išmaniųjų erdvių ir AFFECT įranga leidžia pastato išmaniųjų erdvių kokybės parametrus ir vartotoją modeliuoti ir optimizuoti kaip vientisą sistemą. SPS gauna ir analizuoja duomenis iš keleto skaitmeninių dvynių išmaniųjų erdvių, kurie yra skirtingose geografinėse lokacijose: miestuose, šalyse, žemynuose. Tačiau kiekvienos išmaniosios erdvės kokybė yra adaptuojama kiekvienam vartotojui, o taip pat pateikiamos personalizuotos skirtingos išmaniosios erdvės kokybės valdymo rekomendacijos, atsižvelgiant į vartotojo AFFECT būsenas, į metų laikus, savaitės dienas, cirkadinį ritmą, geografinę lokaciją.

Neurokoreliacinės lentelės yra sudaromos iš apsimokančių regresijos modelio lygčių. Šių lygčių veikimą gerai aprašo emocinės ir afektinės būklės keitimo algoritmai. Toliau 1 formulės praktinis veikimas paaiškinamas susijaudinimo (A_r) keitimo algoritmo pavyzdžiu.

Vartotojui pageidaujant, jo realaus laiko susijaudinimas (A_r) yra matuojamas nuolatos. Šio matavimo metu kas kelias dienas nustatomi konkretaus vartotojo minimalus (A_{min}), vidutinis (A_a) ir maksimalus (A_{max}) susijaudinimo dydžiai. Analogiškai konkretaus vartotojo kelių paskutinių dienų susijaudinimo intervalas dalinamas į mažo ($A_{min} \leq A_r < A_{1/3}$), vidutinio ($A_{1/3} \leq A_r < A_{2/3}$) ir aukšto ($A_{2/3} \leq A_r \leq A_{max}$) susijaudinimo lygis dalis.

Pastatų ūkio valdytojai, vartotojai arba kitos suinteresuotos grupės nustato pradines, minimalias ir maksimalias pastatų išmaniųjų erdvių kokybės (pavyzdžiui, apšvietimo stiprumas ir spalvos, kvapai, temperatūra, drėgmė, oro tarša) reikšmes. Taip pat vartotojas gali iš anksto pasirinkti jų dominančias pastatų išmaniųjų erdvių kokybės valdymo sudedamąsias (lego principu) dalis. Pavyzdžiui, galbūt vartotojo nedomins kvapų ir virpesių galimybės.

Esant didesniam negu vidutiniam susijaudinimui ($A_{2/3} \leq A_r \leq A_{max}$), atsižvelgiant į vartotojo prioritetus, atliekamas toks pastato išmaniųjų erdvių kokybės koregavimas (2 pav.):

- taršos (kietųjų dalelių, aerozolių, CO, CO₂, NO_x, NO, NO₂ ir pan.) lygis reguliariai mažinamas po 10 mg/m³. Jeigu, mažinant taršą iki vartotojo

užsiduotos ribos, susijaudinimas nesumažėja iki vidutinio lygio, tada pereinama prie sekančio punkto, paliekant vartotojo iš anksto pasirinktą taršos lygį;

- kambarys apšviečiamas susijaudinimą mažinančiomis spalvomis (žalia, mėlyna, violetinė, balta ir pan.), atsižvelgiant į vartotojo pageidavimus (nurodyta prieš eksperimentą pateiktoje anketoje). Jeigu paeiliui keičiant kambario apšvietimo spalvas, susijaudinimas nesumažėja iki vidutinio lygio, tada pereinama prie sekančio punkto, paliekant vartotojo iš anksto pasirinktą apšvietimo spalvą;
- pradinis šviesos intensyvumo dydis nustatomas 500 liuksų (lx). Kai realaus laiko konkretaus vartotojo susijaudinimas yra didesnis už vidutinį ($A_{2/3} < A_r$), tada tolygiai mažinamas šviesos intensyvumas iki 200 lx arba iki higienų normų nurodytos minimalios ribos. Jeigu susijaudinimas nesumažėja iki vidutinio lygio, tada pereinama prie sekančio punkto, paliekant vartotojo iš anksto pasirinktą šviesos intensyvumo dydį;
- patalpų drėgmė mažinama arba didinama 1%. Iš pradžių, siekiant sumažinti susijaudinimą iki vidutinio lygio, patalpų drėgmė yra mažinama iki higienų normų nurodytos ribos. Jeigu susijaudinimas nesumažėja iki vidutinio lygio, tada patalpų drėgmė didinama iki higienų normų nurodytos ribos. Jeigu susijaudinimas nesumažėja iki vidutinio lygio, tada pereinama prie sekančio punkto, paliekant vartotojo iš anksto pasirinktą drėgmės lygį;
- siekiant sumažinti susijaudinimą iki vidutinio lygio, kambario temperatūra yra didinama 0,5°C iki higienų normų nurodytos ribos. Jeigu susijaudinimas nesumažėja iki vidutinio lygio, tada pereinama prie sekančio punkto, paliekant vartotojo iš anksto pasirinktą temperatūrą;
- pateikiami reikiami vaizdai, informacija, žinios, duomenys, darbai, mokymosi medžiaga, žaidimai, muzika, video, virpesiai ir t. t., kurie mažina vartotojo susijaudinimą. Jeigu susijaudinimas nesumažėja iki vidutinio lygio, tada pereinama prie sekančio punkto;
- leidžiama raminanti muzika (t.y. atliekamas parasimpatinės nervų sistemos susijaudinimas), naudojamos tokios muzikos išraiškos

priemonės, kaip minoro dermė (kraujospūdžio sumažėjimas), nedidelis, nekontrastingas garsumas (kvėpavimo ir pulso sulėtėjimas), neakcentuotas ritmas (vyzdžių susiaurėjimas), lygi melodijos tėkmė. Jeigu, šiai muzika grojant, susijaudinimas nesumažėja iki vidutinio lygio, tada pradedama naudoti Susijaudinimo reguliavimo rekomendacinė posistemė.

Visi veiksmai kartojami tol, kol pasiekiamas vidutinis susijaudinimas ($A_{1/3} \leq A_r < A_{2/3}$).

Esant mažesniui negu vidutiniui susijaudinimui ($A_r < A_{1/3}$), atliekami šie pastato išmaniųjų erdvių kokybės pokyčiai:

- kambario apšvietimas pakeičiamas į sužadinančias spalvas (raudoną, oranžinę, geltoną ir pan.), kuriai pirmenybę teikia vartotojas. Jeigu, paeiliui keičiant kambario apšvietimo spalvas, susijaudinimas nepadidėjo iki vidutinio lygio, tada pereinama prie sekančio punkto, paliekant vartotojo iš anksto pasirinktą apšvietimo spalvą;
- pradinis šviesos intensyvumo dydis nustatomas 500 liuksų (lx). Taip pat vartotojas gali iš anksto užsiduoti pradinį šviesos intensyvumo dydį. Kai realaus laiko konkretaus vartotojo susijaudinimas yra mažesnis už vidutinį ($A_r < A_{1/3}$), tada tolygiai didinamas šviesos intensyvumas iki 1000 lx arba iki higienų normų nurodytos maksimalios ribos. Jeigu susijaudinimas nepadidėja iki vidutinio lygio, tada pereinama prie sekančio punkto, paliekant vartotojo iš anksto pasirinktą šviesos intensyvumo dydį;
- patalpų drėgmė mažinama arba didinama 1%. Iš pradžių, siekiant padidinti susijaudinimą iki vidutinio lygio, patalpų drėgmė yra mažinama iki higienos normų nurodytos ribos. Jeigu susijaudinimas nepadidėja iki vidutinio lygio, tada patalpų drėgmė didinama iki higienos normų nurodytos ribos. Jeigu susijaudinimas nepadidėja iki vidutinio lygio, tada pereinama prie sekančio punkto, paliekant vartotojo iš anksto pasirinktą drėgmės lygį;
- siekiant padidinti susijaudinimą iki vidutinio lygio, kambario temperatūra yra mažinama 0,5°C iki higienų normų nurodytos ribos. Jeigu susijaudinimas nepadidėja iki vidutinio lygio, tada pereinama prie

sekančio punkto, paliekant vartotojo iš anksto pasirinktą temperatūrą;

- pateikiami reikiami vaizdai, informacija, žinios, duomenys, darbai, mokymosi medžiaga, žaidimai, muzika, video, virpesiai ir t. t., kurie didina vartotojo susijaudinimą. Jeigu susijaudinimas nepadidėja iki vidutinio lygio, tada pereinama prie sekančio punkto;
- leidžiama aktyvinanti muzika (atliekamas simpatinės nervų sistemos susijaudinimas), naudojamos tokios muzikos išraiškos priemonės, kaip mažoro dermė (kraujospūdžio padidėjimas), disonansai (kvėpavimo ir pulso padažnėjimas), akcentai (vyzdžių išsiplėtimas), taškuotas ritmas, pabrėžtina pulsacija, staigūs melodiniai šuoliai, Staccato štrichas. Jeigu, šiai muzika grojant, susijaudinimas nedidėja, tada pradedama naudoti Susijaudinimo reguliavimo rekomendacinė posistemė.

Visi veiksmai kartojami tol, kol pasiekiamas vidutinis susijaudinimas ($A_{1/3} \leq A_r < A_{2/3}$).

Esant mažesniai negu vidutiniam įdomumui ($I_v < I_r$) ir nenuobodumui ($N_v < N_r$), atsižvelgiant į vartotojo prioritetus, paeiliui arba vartotojo nustatyta tvarka vartotojui pateikiami įdomumą didinantys ir nuobodumą mažinantys darbai, informacija, žinios, duomenys, vaizdai, mokymosi medžiaga, virpesiai, muzika, grynas oras ir t. t. Visa tai atliekama taikant afektinę kompiuteriją. Taip pat gali būti taikoma Susijaudinimo reguliavimo rekomendacinė posistemė, kuri siūlo įvairias veiklos įdomumo didinimo ir nuobodulio mažinimo galimybes (pavyzdžiui, padaryti kavos pertraukėlę, pabendrauti su dominančiais bendradarbiais, vykdyti įdomesnes darbinės veiklas). Visi veiksmai kartojami tol, kol pasiekiamas didesnis nei vidutinis įdomumas ($I_v < I_r$) ir nenuobodumas ($N_v < N_r$). Vidutiniai įdomumas (I_v) ir nenuobodumas (N_v) nustatomi, remiantis esamais statistiniais duomenimis apie kiekvieną vartotoją. Laikui bėgant šie skaičiai gali pasikeisti.

Nesant norimai vartotojo teigiamai ar neigiamai emocinei bei afeketinei būklei, atsižvelgiant į vartotojo prioritetus, paeiliui arba vartotojo nustatyta tvarka vartotojui pagal poreikius pateikiami jo teigiamas ar neigiamas emocijas bei afektinę būklę didinantys ar mažinantys darbai, informacija, žinios, duomenys, vaizdai, mokymosi medžiaga, virpesiai, muzika, video ir t. t. Visa tai atliekama taikant afektinę kompiuteriją. Taip pat gali būti taikoma Susijaudinimo reguliavimo rekomendacinė

posistemė, kuri siūlo įvairias vartotojo teigiamų ar neigiamų emocijų bei afektinė būklės didinimo ar mažinimo galimybes. Visi veiksmai kartojami tol, kol pasiekiamas norimas teigiamų ir neigiamų emocijų lygis bei afektinė būklė.

Skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuoto valdymo metodo ir jo realizavimo sistemos veikimo nuoseklumas pateiktas 2 pav.

Pastato išmaniųjų erdvių apšvietimo stiprumas ir spalvos, kvapai, vaizdai, informacija, žinios, duomenys, darbai, mokymosi medžiaga, žaidimai, muzika, video, temperatūra, drėgmė, oro tarša yra nustatomi, naudojant išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginius 2 su duomenų apdorojimo įranga, o vartotojų emocinė, afektinė ir fiziologinė būsenos, valentingumo, susijaudinimo, darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo (AFFECT) metrikos nustatomos, naudojant vartotojo AFFECT nešiojamus 4 ir nuotolinius 5 jutiklių rinkinius su jų duomenų apdorojimo įranga (3 pav.). AFFECT nešiojami 4 ir nuotoliniai 5 jutiklių rinkiniai ir išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginiai 2 su duomenų apdorojimo įranga per 5G ar kitą internetinį tinklą 6 ir vartotojo sąsają 7e sąveikauja su skaitmeninio dvynio sprendimų paramos sistema (SPS) 7. SPS sudaryta iš sumanios duomenų bazės 7a ir jos valdymo sistemos 7b ir skaitmeninio dvynio modelių bazės 7c ir jos valdymo sistemos 7d. Jos taip pat sąveikauja per vartotojo sąsają 7e. Naudojant 4 ir 5 jutiklių rinkinio ir išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginių 2 duomenis, skaitmeninio dvynio sprendimų paramos sistema (SPS) 7 nustato optimalius erdvių kokybės parametrų derinius kas užduotą laiko tarpą 12.

Paslaugų tipai 8 pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

Paslaugos tipas (PT)	Paslaugos tipo aprašymas (PTA)	Paslaugos parametrai (PP) ir tai užtikrinantys veiksmai
Optimalaus personalizuoto pastato išmaniųjų erdvių kokybės parametrų nustatymas ir palaikymas (1.1)	Pastato išmaniųjų erdvių kokybės parametrai keičiami su išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginiais (skirtų išmaniųjų erdvių kokybės matavimui ir asmeniniam pritaikymui bei palaikymui) naudojant PAD emocinės būsenos modelį, neuro sprendimų priėmimo ir neuro koreliacijų lenteles, sudarant visas galimas pastato išmaniųjų erdvių kokybės alternatyvas, jų poveikį vartotojui įvertinant daugiakriteriniais analizės metodais. Siekama, kad pagal vartotojo AFFECT metrikas būtų	Pastato išmaniųjų erdvių apšvietimo stiprumas ir spalvos, kvapai, vaizdai, informacija, žinios, duomenys, darbai, mokymosi medžiaga, žaidimai, muzika, video temperatūra, drėgmė, virpesiai, oro tarša ir pan. (PP). Išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginiai sąveikauja per 5G ar kitą internetinį tinklą su SPS atlikdami personalizuoto pastato išmaniųjų erdvių optimalių kokybės parametrų nustatymą ir palaikymą (1.3)

	optimizuota pastato išmaniosios erdvės kokybė pagal jo darbingumą (mokymosi efektyvumą), įdomumo ir nenuobodumo lygį (norimą darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo lygį nusistato pats vartotojas) (1.2)	
↕	↕	↕

Norimos vartotojo AFFECT būklės nustatymas ir palaikymas (2.1)	Norimo vartotojo darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo, teigiamų ir neigiamų emocijų bei afektinės būklės lygio (tai nustatoma su vartotojų AFFECT nešiojamais ir nuotoliniais jutiklių rinkiniais su jų duomenų apdorojimo įranga) palaikymas keičiant išmaniųjų erdvių kokybės parametrus (2.2)	Vartotojo darbingumas (mokymosi efektyvumas), įdomumas ir nenuobodumas, teigiamos ir neigiamos emocijos bei afektinė būklė. Šių parametrų duomenis 5G tinklu pateikia vartotojų AFFECT nešiojami ir nuotoliniai jutiklių rinkiniai skaitmeninio dvynio sprendimų paramos sistemai (SPS). SPS pagal patente pateiktą algoritmą kontroliuoja išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginius, užtikrinančius
--	--	--

		nustatytos išmaniosios erdvės apšvietimo stiprumą ir spalvas, kvapus, vaizdus, informaciją, žinias, duomenis, darbus, mokymosi medžiagą, žaidimus, muziką, video, temperatūros, drėgmės, apšviestumo lygio, spalvų, oro taršos, muzikos palaikymą (2.3)
--	--	---

Skaitmeninio dvynio pastato išmaniųjų erdvių kokybės personalizuotas valdymo metodas ir jo realizavimo sistema apima optimalaus personalizuoto pastato išmaniųjų erdvių kokybės parametrų nustatymą ir palaikymą bei optimalios vartotojo AFFECT būklės nustatymą ir palaikymą, suskirstytą pagal paslaugos tipo aprašymą (PTA), paslaugos parametrus (PP) ir veiksmus. Siekiant optimizuoti konkretaus pastato konkrečios išmaniosios erdvės kokybės parametrų informaciją, vartotojo AFFECT būklės parametrai apie tam tikros išmaniosios erdvės kokybės pakeitimus perduodami į išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginius 2.

Nustatant išmaniosios erdvės kokybės parametrus (1 lentelė, punktas 1.1), gaunami duomenys iš konkretaus pastato konkrečios išmaniosios erdvės kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginių 2, kurie siunčiami į skaitmeninio dvynio duomenų bazę 7a. Gauti duomenys apdorojami, atsižvelgiant į vartotojo AFFECT būklę, prieš išsiunčiant nurodymą išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginiams 2 (skirtiems išmaniųjų erdvių kokybės matavimui ir personalizuotam pritaikymui bei palaikymui). Tokiu būdu nustatomi išmaniosios erdvės kokybės parametrai, atsižvelgiant į vartotojo darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo lygius. Išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginiai 2 sąveikauja per 5G ar kitą internetinį tinklą su SPS atlikdami personalizuoto pastato išmaniųjų erdvių optimalių kokybės parametrų nustatymą ir palaikymą (1.3)

Siekiant nustatyti ir palaikyti norimą optimalų vartotojo AFFECT būklę (1 lentelė, punktas 2.1), naudojami vartotojų AFFECT nešiojami 4 ir nuotoliniai 5 jutiklių rinkiniai su jų duomenų apdorojimo įranga. Šiuo atveju yra keičiamas, kontroliuojamas ir palaikomas norimas vartotojo darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo ir nenuobodumo lygis, keičiant išmaniųjų erdvių kokybės parametrus. Vartotojų AFFECT nešiojami 4 ir nuotoliniai 5 jutiklių rinkiniai su savo duomenų apdorojimo įrenginiais 5G tinklu 6 pateikia duomenis skaitmeninio dvynio sprendimų paramos sistemos (SPS) 7 duomenų bazei 7a. SPS 7 duomenys normalizuojami ir analizuojami, suformuojamos valdymo komandos. SPS 7 pagal patento algoritmą ir kompiuterio siunčiamus duomenis kontroliuoja išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginius, užtikrinančius nustatytos išmaniosios erdvės apšvietimo stiprumą ir spalvas, kvapus, vaizdus, informaciją, žinias, duomenis, darbus, mokymosi medžiagą, žaidimus, muziką, video, temperatūros, drėgmės, oro taršos ir pan. palaikymą.

Vartotojas vienu metu gali pasirinkti vieną iš dviejų paslaugų tipų: "asmeninės išmaniosios erdvės kokybės palaikymas" arba "norimas asmeninės vartotojo AFFECT būklės sukėlimas ir palaikymas". Tada vartotojas registruoja pasirinktą personalizuotos paslaugos tipą konkretaus pastato konkrečiai išmaniajai erdvei. Tuomet SPS 7 perduoda personalizuotus vartotojo AFFECT būklės duomenis ir skaičiavimo rezultatus į konkretaus pastato konkrečios išmaniosios erdvės kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginius 2. SPS 7 naudoja vartotojo AFFECT būklės duomenis ir skaičiavimo rezultatus, gautus iš vartotojo AFFECT nešiojamų 4 ir nuotolinių 5 jutiklių rinkinių, nustatant darbingumą (mokymosi efektyvumą), įdomumą ir nenuobodumą. Galiausiai, SPS 7 perduoda komandas kaip pagerinti vartotojų darbingumą (mokymosi efektyvumą), įdomumą ir nenuobodumą ar sukelti norimas emocijas, keičiant išmaniosios erdvės kokybės parametrus.

Sumani vartotojo susijaudinimo reguliavimo posistemė, norėdama sumažinti vartotojo susijaudinimą, kompiuteryje rodo raminančius vaizdus, spalvas, leidžia raminančią muziką ir video. Sumani vartotojo susijaudinimo reguliavimo posistemė, norėdama padidinti vartotojo susijaudinimą, pateikia kompiuteryje įdomesnius darbus ar mokymosi medžiagą, dominančias blogas naujienas/žinias, energizuojančius vaizdus, spalvas, kvapus, leidžia žadinančią muziką ir video, veiksmo filmus. Šioms

visoms veikloms kiekvienas vartotojas užduoda savo asmeninį prioritetiškumą. Sumani vartotojo susijaudinimo reguliavimo posistemė veikimo metu pagal eilę vykdo šiuos vartotojo užduotus prioritetus.

Susijaudinimo reguliavimo rekomendacinė posistemė teikia patarimus kaip padidinti įdomumą ir nenuobodumą, sumažinti ar padidinti susijaudinimą. Jeigu susijaudinimas yra mažesnis už vidutinį, vartotojui siūloma atlikti veiklas, kurios jį padidintų (naudojami emociniai žodžiai ir teiginiai, neigiami įdomūs prisiminimai ir mintys, energizuojantys teigiami prisiminimai ir mintys, fizinė veikla, bendravimas su draugais ir kolegomis). Jeigu susijaudinimas yra didesnis už vidutinį, vartotojui siūloma atlikti veiklas, kurios jį sumažintų (sumažinamos neigiamos mintys ir prisiminimai, naudojami raminantys žodžiai ir teiginiai, komfortiška darbo ar poilsio vieta, meditacija, progresyvus raumenų atpalaidavimas, ramios knygos skaitymas, maudymasis, mėgavimasis atpalaiduojančiais pomėgiais, žodžio ar minties kartojimas (pvz., skaičiavimas), ritmiškas diafragminis kvėpavimas). Esant mažesniam negu vidutiniam įdomumui ($I_v < I_r$) ir nenuobodumui ($N_v < N_r$), atsižvelgiant į vartotojo prioritetus, paeiliui arba vartotojo nustatyta tvarka gali būti taikoma Susijaudinimo reguliavimo rekomendacinė posistemė, kuri siūlo įvairias veiklos įdomumo didinimo ir nuobodulio mažinimo galimybes (pavyzdžiui, padaryti kavos pertraukėlę, pabendrauti su dominančiais bendradarbiais, vykdyti įdomesnes darbine veiklas).

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuotas valdymo metodas, kuris, naudodamas instrumentinius vartotojų ir pastatų erdvių jutiklių duomenis, realiu laiku dekoduoja vartotojo fiziologinius ir emocinius parametrus bei pastato erdvių kokybės parametrus, besiskiriantis tuo, kad, naudodamas vartotojo (3) AFFECT nešiojamų (4) ir nuotolinių (5) jutiklių rinkinių duomenis, papildomai skaitmeniškai įvertina vartotojo (3) darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo, nenuobodumo, afektinės būklės, teigiamų ir neigiamų emocijų (DIN) parametrus ir šį įvertinimą pateikia neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacijų lentelėmis, nukreipiant DIN duomenis pastato ar mobilių darbo vietų išmaniųjų erdvių (1) kokybės parametrų – apšviestumo lygio, spalvų, kvapų, vaizdų, muzikos, temperatūros, drėgmės, oro taršos ir pan. – nustatymui ir optimaliam personalizuotam palaikymui.

2. Metodas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad DIN duomenys nuskaitomi nuo vartotojo (3) AFFECT nešiojamų (4) ir nuotolinių (5) jutiklių rinkinių realiu laiku ir šie duomenys naudojami pastato išmaniųjų erdvių (1) optimaliems parametrams nustatyti ir valdyti su kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginių (2) pagalba.

3. Metodas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad pastato išmaniųjų erdvių (1) kokybės parametrai nustatomi pagal jų grįžtamąjį poveikį vartotojo (3) DIN parametrams bei taikant neurosprendimų priėmimo ir neurokoreliacijų lenteles, įvertinančias išmaniųjų erdvių (1) poveikį vartotojo (3) DIN parametrams: darbingumui (mokymosi efektyvumui), įdomumui ir nenuobodumui.

4. Metodas pagal bet kurį ankstesnį punktą, besiskiriantis tuo, kad pastato (1) išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginių (2) ir vartotojo (3) AFFECT nešiojamų (4) ir nuotolinių (5) jutiklių rinkinių duomenų pagrindu nustatomos įvairios pastatų išmaniųjų erdvių vertės, pvz., vartotojo suvokiama, hedoninė, utilitarinė.

5. Skaitmeninio dvynio pastatų išmaniųjų erdvių kokybės personalizuoto valdymo realizavimo sistema, apimanti įrenginius vartotojo emocinių ir fiziologinių parametrų nustatymui ir pastato išmaniųjų erdvių kokybės personalizuotam valdymui, besiskirianti tuo, kad sistema apima:

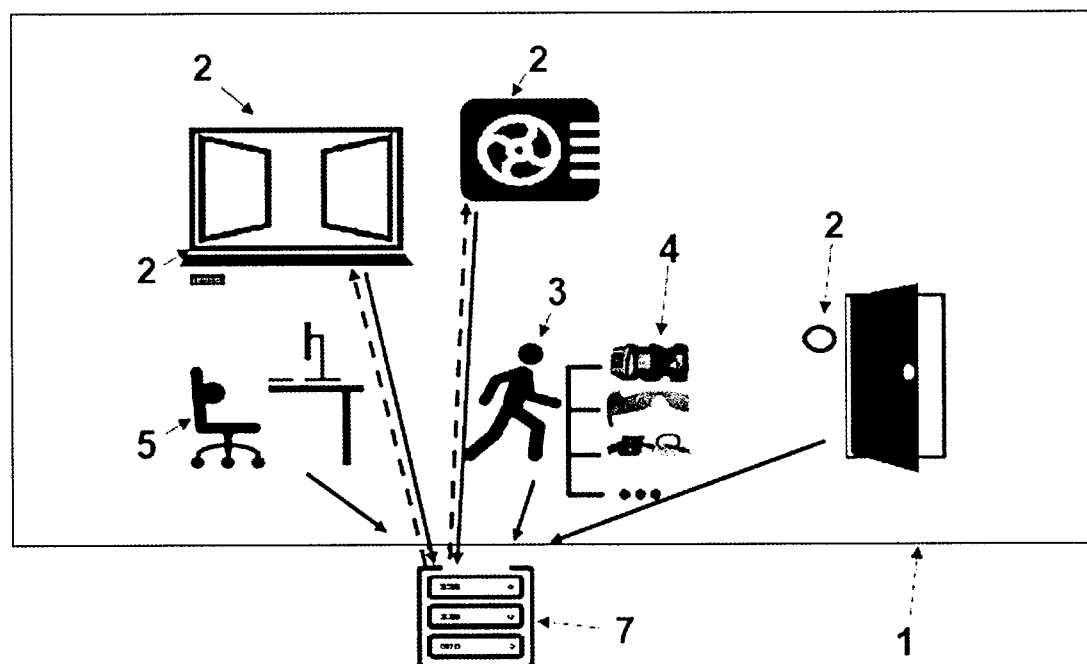
- vartotojo AFFECT nešiojamus (4) ir nuotolinius (5) jutiklių rinkinius, skirtus integruotai analizuoti vartotojo (3) emocinę, afektinę ir fiziologinę būsenas ir įvertinti vartotojo darbingumo (mokymosi efektyvumo), įdomumo, nenuobodumo, afektinės būklės, teigiamų ir neigiamų emocijų (DIN) parametrus;

- personalizuoto valdymo įrenginius (2), skirtus pastato išmaniųjų erdvių (1) kokybės parametrų įvertinimui ir valdymui pagal nustatytus vartotojo (3) DIN duomenis;

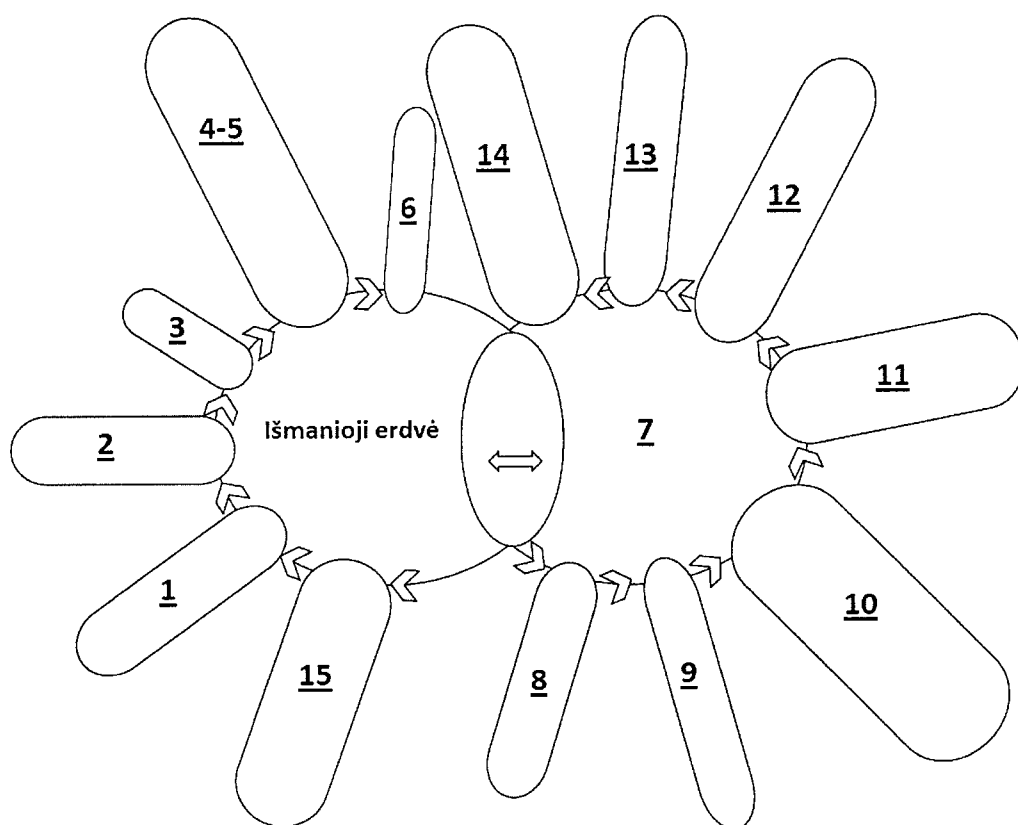
- skaitmeninio dvynio sprendimų paramos sistemą (SPS) (7), skirtą surinkti vartotojo (3) emocinių ir fiziologinių parametrų duomenis iš vartotojo AFFECT nešiojamų (4) ir nuotolinių (5) jutiklių rinkinių ir išmaniųjų erdvių (1) kokybės valdymo įrenginių (2) duomenis ir optimizuoti skaitmeninio dvynio išmaniosios erdvės kokybės parametrus pagal vartotojo AFFECT būsenas.

6. Sistema pagal 5 punktą, besiskirianti tuo, kad skaitmeninio dvynio sprendimų paramos sistema (SPS) (7) sudaryta iš išmanios duomenų bazės (7a) ir jos valdymo sistemos (7b) ir skaitmeninio dvynio modelių bazės (7c) ir jos valdymo sistemos (7d), sąveikaujančiomis per vartotojo sąsają (7e) su vartotojo (3) AFFECT nešiojamais (4) ir nuotoliniais (5) jutiklių rinkiniais bei išmaniųjų erdvių kokybės matavimo ir personalizuoto pritaikymo bei palaikymo valdymo įrenginiais (2).

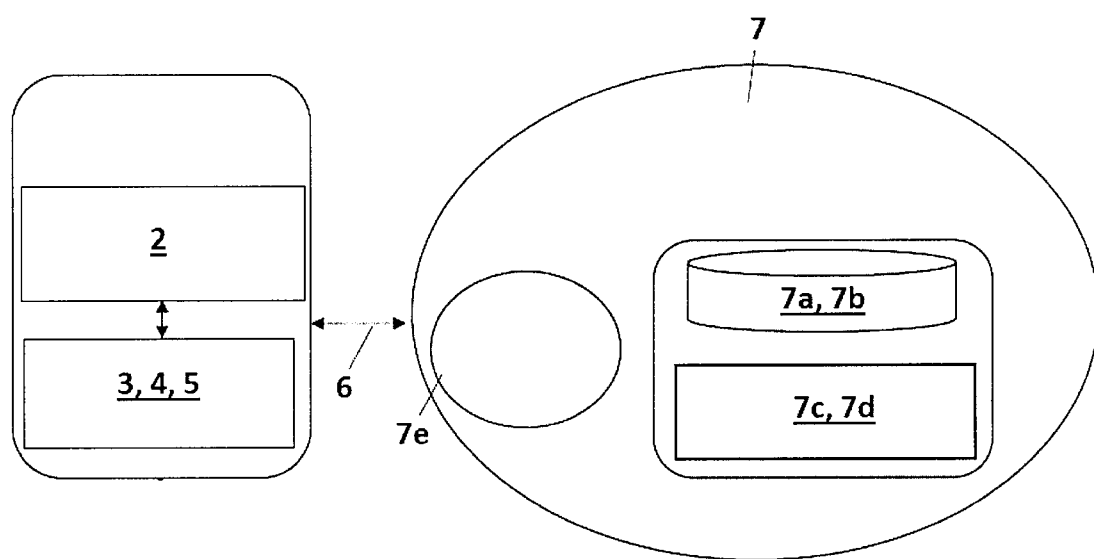
7. Sistema pagal 6 punktą, besiskirianti tuo, kad išmaniosios erdvės kokybės parametrai apima apšvietimo stiprumą ir spalvas, kvapus, vaizdus, informaciją, žinias, duomenis, darbus, mokymosi medžiagą, žaidimus, muziką, video, temperatūrą, drėgmę, oro taršą, virpesius ir pan.



1 pav.



2 pav.



3 pav.