



Laura TUPĖNAITĖ

# GYVENAMOSIOS APLINKOS ATNAUJINIMO PROJEKTŲ DAUGIAKRITERINIS VERTINIMAS

DAKTARO DISERTACIJOS SANTRAUKA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,  
STATYBOS INŽINERIJA (02T)



VILNIUS LEIDYKLA  
TECHNIKA 2010

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Laura TUPĖNAITĖ

# GYVENAMOSIOS APLINKOS ATNAUJINIMO PROJEKTŲ DAUGIAKRITERINIS VERTINIMAS

DAKTARO DISERTACIJOS SANTRAUKA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,  
STATYBOS INŽINERIJA (02T)



VILNIUS LEIDYKLA  
TECHNIKA 2010

Disertacija rengta 2006–2010 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Mokslinis vadovas

**prof. habil. dr. Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

**Disertacija ginama Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybos inžinerijos mokslo krypties taryboje:**

Pirmininkas

**prof. habil. dr. Gintaris KAKLAUSKAS** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

Nariai:

**prof. dr. Marija BURINSKIENĖ** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T),

**prof. habil. dr. Friedel PELDSCHUS** (Leipcigo taikomųjų mokslų universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T),

**prof. dr. Vitalija RUDZKIENĖ** (Mykolo Romerio universitetas, technologijos mokslai, informatikos inžinerija – 07T),

**prof. habil. dr. Leonas USTINOVIČIUS** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

Oponentai:

**doc. dr. Rasa APANAVIČIENĖ** (Kauno technologijos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T),

**doc. dr. Audrius BANAITIS** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

Disertacija bus ginama viešame Statybos inžinerijos mokslo krypties tarybos posėdyje 2010 m. gegužės 24 d. 10 val. Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel.: (8 5) 274 4952, (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112;

el. paštas doktor@vgtu.lt

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2010 m. balandžio 23 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva).

VGTU leidyklos „Technika“ 1745-M mokslo literatūros knyga.

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Laura TUPĖNAITĖ

# MULTIPLE CRITERIA ASSESSMENT OF THE BUILT AND HUMAN ENVIRONMENT RENOVATION PROJECTS

SUMMARY OF DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,  
CIVIL ENGINEERING (02T)



VILNIUS LEIDYKLA  
TECHNIKA 2010

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2006–2010.

Scientific Supervisor

**Prof Dr Habil Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS** (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

**The dissertation is being defended at the Council of Scientific Field of Civil Engineering at Vilnius Gediminas Technical University:**

Chairman

**Prof Dr Habil Gintaris KAKLAUSKAS** (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

Members:

**Prof Dr Marija BURINSKIENĖ** (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T),

**Prof Habil Dr Friedel PELDSCHUS** (Leipzig University of Applied Sciences, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T),

**Prof Dr Vitalija RUDZKIENĖ** (Mykolas Romeris University, Technological Sciences, Informatics Engineering – 07T),

**Prof Habil Dr Leonas USTINOVIČIUS** (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

Opponents:

**Assoc Prof Dr Rasa APANAVIČIENĖ** (Kaunas University of Technology, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T),

**Assoc Prof Dr Audrius BANAITIS** (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Council of Scientific Field of Civil Engineering in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at 10 a. m. on 24 May 2010.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4952, +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112;

e-mail: doktor@vgtu.lt

The summary of the doctoral dissertation was distributed on 23 April 2010.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

© Laura Tupėnaitė, 2010

## **Įvadas**

### ***Tiriamoji problema***

Gyvenamosios aplinkos atnaujinimas, kaip visuma, pasaulyje išnagrinėtas nepakankamai. Tiriamąją problemą sudaro gyvenamosios aplinkos atnaujinimo efektyvumo didinimas holistiniu požiūriu, taikant daugiakriterinius sprendimų paramos metodus ir informacines technologijas.

### ***Darbo aktualumas***

Pastaraisiais metais gyvenamosios aplinkos atnaujinimui skiriamas vis didesnis dėmesys. Pastebimas atnaujinimo darbų apimčių augimas, kuris sietinas su pasikeitusia ekonomine situacija pasaulyje ir subalansuotos plėtros principų įgyvendinimu. Nors atnaujinimo projektai yra palyginti mažų apimčių, išsivysčiusiose šalyse apie pusę visų statybos darbų sudaro statinių rekonstravimas ir atnaujinimas (modernizavimas).

Gyvenamoji aplinka yra sukurta žmonių ir yra skirta jų poreikiams tenkinti – gyventi, dirbti, poilsiauti ir užsiimti kita veikla. Be to, gyvenamąją aplinką veikia daugybė makro-, mezo- ir mikroaplinkos veiksnių. Kadangi gyvenamoji aplinka yra kompleksiška savo esme, jos atnaujinimo sprendimai turi būti vertinami platesniu požiūriu, nei pavienių pastatų atnaujinimo projektai. Atnaujinimo sprendimai turėtų būti priimami ir projektai įgyvendinami taikant holistinį požiūrį – atliekamas kompleksinis gyvenamųjų teritorijų atnaujinimas, įskaitant įvairių pastatų (pvz., gyvenamųjų, komercinių, pramoninių, visuomeninių), kultūros paveldo objektų, infrastruktūros objektų, aplinkos (pvz., parkų, laisvalaikio zonų) ir kt. atnaujinimą.

Kompleksinis gyvenamosios aplinkos atnaujinimo problemų sprendimas gali būti vertinamas kaip tam tikras valstybės konkurencingumo rodiklis. Jis rodo valstybės institucijų, verslo ir visuomenės organizacinius gebėjimus vykdyti sudėtingus ilgalaikius ir brangius projektus, kuriuose reikia derinti individualius kiekvieno gyventojo poreikius su platesniais visuomenės interesais: naudoti mažiau energetinių išteklių, tačiau gyventi saugioje, sveikoje ir poreikiams pritaikytoje aplinkoje.

### ***Tyrimo objektas***

Tyrimo objektą sudaro gyvenamosios aplinkos atnaujinimo procesas, jame dalyvaujančios ir savo tikslus norinčios įgyvendinti suinteresuotos grupės bei atnaujinimą veikianti išorinė makro-, mezo- ir mikroaplinka, kaip visuma.

### ***Tyrimo tikslas ir uždaviniai***

Darbo tikslas – gyvenamosios aplinkos atnaujinimo efektyvumo vertinimas ir didinimas taikant sukurtą koncepcinį gyvenamosios aplinkos atnaujinimo integruotos analizės modelį, daugiakriterinio vertinimo metodus ir kompiuterinę gyvenamosios aplinkos atnaujinimo sprendimų paramos sistemą.

Tiksliui pasiekti turi būti išspręsti šie uždaviniai:

1. Apžvelgti įvairių šalių mokslininkų atliktus tyrimus ir jų rezultatus gyvenamosios aplinkos atnaujinimo srityje.
2. Sukurti koncepcinį gyvenamosios aplinkos atnaujinimo integruotos analizės modelį.
3. Pasiūlyti ir praktiškai pritaikyti daugiakriterinio vertinimo metodiką gyvenamosios aplinkos atnaujinimo projektų alternatyvoms vertinti.
4. Sukurti kompiuterinę gyvenamosios aplinkos atnaujinimo sprendimų paramos sistemą ir sprendžiant praktinį uždavinį patikrinti sukurtos sistemos veiksmingumą.

### ***Tyrimų metodika***

Tyrimų metodika pagrįsta Lietuvos ir užsienio šalių mokslininkų šioje srityje atliktų darbų analize. Pritaikyti anketinės apklausos, ekspertinio vertinimo, daugiakriterinės analizės, lyginamosios analizės, logikos ir sintezės metodai.

Rengiant darbą remtasi Lietuvos ir užsienio autorių mokslinėmis bei kitomis publikacijomis, enciklopediniais žinytais, specializuotais žodynais, statistiniais leidiniais, įvairių šalių statistiniais duomenimis internete, kitais Lietuvos ir užsienio mokslo institucijų moksliniais bei informaciniais leidiniais.

### ***Mokslinis naujumas***

1. Sukurtas originalus koncepcinis gyvenamosios aplinkos atnaujinimo integruotos analizės modelis, sudarantis sąlygas kompleksiskai analizuoti gyvenamosios aplinkos atnaujinimą, jame dalyvaujančias suinteresuotas grupes bei veikiančią makro-, mezo- ir mikroaplinką.
2. Pasiūlyta gyvenamosios aplinkos atnaujinimą išsamiai aprašanti hierarchinė kriterijų sistema. Remiantis autorės patikslintu AHP metodo taikymo algoritmu nustatyti kriterijų svoriai.
3. Pasiūlyta ir praktiškai pritaikyta daugiakriterinio vertinimo metodika gyvenamosios aplinkos atnaujinimo projektų alternatyvoms vertinti.
4. Sukurta originali kompiuterinė gyvenamosios aplinkos atnaujinimo sprendimų paramos sistema, sudaranti sąlygas įvertinti atnaujinimo procesą, jo elementus, dalyvaujančias suinteresuotas grupes ir atnaujinimą veikiančią aplinką, kaip visumą.

### ***Darbo rezultatų praktinė reikšmė***

Gauti tyrimų rezultatai gali būti taikomi priimant efektyvius gyvenamosios aplinkos atnaujinimo sprendimus nacionaliniu ir tarptautiniu lygiu, moksliniuose projektuose bei Vilniaus Gedimino technikos universiteto studijų procese.

Tyrimų rezultatai buvo praktiškai pritaikyti vykdant ES ERABUILD programos mokslinį projektą „Construction and Real Estate – Developing Indicators for Transparency“ (CREDIT) bei Bulgarijos kultūros paveldo atnaujinimo projektų paraiškoms vertinti, kurios buvo pateiktos Europos ekonominės erdvės ir Norvegijos finansinių mechanizmų dotacijoms gauti. Rezultatai taip pat taikomi statybos ekonomikos paskaitų bakalaurams metu.

### ***Ginamieji teiginiai***

1. Siekiant priimti ir įgyvendinti efektyvius atnaujinimo sprendimus, gyvenamosios aplinkos atnaujinimą reikia nagrinėti holistiniu požiūriu.
2. Gyvenamosios aplinkos atnaujinimo projektai holistiniu požiūriu gali būti vertinami pasitelkiant hierarchinę kriterijų sistemą, daugiakriterinio vertinimo metodus ir informacines technologijas.
3. Gyvenamosios aplinkos atnaujinimo projektams vertinti gali būti taikomi klasikiniai daugiakriterinio vertinimo metodai SAW ir COPRAS bei naujai sukurtas metodas ARAS.
4. Sukurta originali kompiuterinė gyvenamosios aplinkos atnaujinimo sprendimų paramos sistema leidžia automatizuotu būdu įvertinti gyvenamosios aplinkos atnaujinimo projektų alternatyvas holistiniu požiūriu, nustatyti jų efektyvumą ir naudingumo laipsnį lyginant su optimalia alternatyva ir išrinkti geriausią alternatyvą.

***Darbo aprobavimas.*** Pagrindiniai darbo rezultatai buvo aptarti septyniose tarptautinėse ir trijose respublikinėse mokslinėse konferencijose. Svarbiausi tyrimų rezultatai publikuoti trylikoje mokslinių publikacijų, iš kurių trys – straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose.

***Darbo apimtis.*** Darbą sudaro įvadas, 4 skyriai, išvados, literatūros sąrašas, publikacijų sąrašas ir 3 priedai, yra 18 iliustracijų ir 24 lentelės, panaudotos 39 formulės. Bendra disertacijos apimtis – 129 puslapiai. Disertacija parengta anglų kalba.

## **1. Gyvenamosios aplinkos atnaujinimas: mokslinis požiūris ir problematika**

Pirmame disertacijos skyriuje pateikiama gyvenamosios aplinkos samprata, apžvelgiami Lietuvos ir pasaulio mokslininkų atlikti tyrimai ir jų rezultatai gyvenamosios aplinkos atnaujinimo srityje, analizuojami įvairių autorių siūlomi teoriniai modeliai ir sistemos.

Šiuolaikinė gyvenamosios aplinkos samprata mokslinėje literatūroje yra sąlyginai nauja, plačiai pradėta taikyti 1990-aisiais metais ir sietina su žmonių sukurta aplinka, kuri sudaro sąlygas žmonėms gyventi, dirbti, poilsiauti ir užsiimti kita veikla. Ši aplinkos samprata apima visų rūšių pastatus, kultūros paveldo objektus, infrastruktūros objektus, supančią aplinką – visa, kas sukurta žmonių pastangomis jų poreikiams tenkinti. Gyvenamąją aplinką taip pat veikia daugybė makro-, mezo- ir mikroaplinkos veiksnių.

Nusidėvėję statiniai, netenkinanti šiuolaikinių reikalavimų infrastruktūra ir aplinka neigiamai veikia visuomenės, atskirų žmonių grupių ir atskirų individų gyvenimo kokybę. Kadangi gyvenamoji aplinka yra kompleksiška, jos atnaujinimo sprendimai turi būti priimami vengiant pernelyg siauro požiūrio, kuriuo nagrinėjami tik pavienių pastatų atnaujinimo projektai. Disertacijoje atnaujinimo samprata yra platesnė nei pateikiama LR Statybos įstatyme (Žin., 1996, Nr. 32-788): „statybos darbai, kuriais atkuriamos ar pagerinamos pastato ir (ar) jo inžinerinių sistemų fizinės ir energinės savybės ir (ar) kuriais užtikrinamas iš atsinaujinančių energijos šaltinių gaunamos energijos naudojimas“. Holistiniu požiūriu gyvenamosios aplinkos atnaujinimas apima statybos darbus, kuriais atkuriamos ir reikšmingai pagerinamos gyvenamosios aplinkos fizinės, funkcinės, ekonominės, energetinės ir kt. charakteristikos ir dėl kurių reikšmingai pagerėja gyvenimo kokybė. Šiuo požiūriu turi būti atliekamas kompleksinis gyvenamųjų teritorijų atnaujinimas, įskaitant įvairių pastatų (pvz., gyvenamųjų, komercinių, pramoninių, visuomeninių), kultūros paveldo objektų, infrastruktūros objektų, aplinkos (pvz., parkų, laisvalaikio zonų) ir kt. atnaujinimą.

Nors pastaraisiais metais Lietuvoje ir užsienio šalyse atnaujinimui skiriamas itin didelis dėmesys, yra atlikta daug mokslinių tyrimų šioje srityje, pažymėtina, kad vis dar stinga holistinio požiūrio į gyvenamosios aplinkos atnaujinimą.

Išanalizavus atskirų mokslininkų įgyvendinamus projektus ir publikuojamus straipsnius, galima teigti, kad vis dar trūksta mokslinių tyrimų, kuriuose gyvenamosios aplinkos atnaujinimas būtų nagrinėjamas holistiniu požiūriu – apimant visą atnaujinimo procesą, suinteresuotųjų grupių poreikius bei atnaujinimą veikiančią makro-, mezo- ir mikroaplinką.

Įvairių autorių sukurtuose atnaujinimo analizės modeliuose daug dėmesio skiriama atnaujinimo procesams, sprendimų priėmimui, subalansuotos plėtros principų įgyvendinimui, energetinio efektyvumo užtikrinimui, taip pat kai kurie autoriai įvardija ir atnaujinimą veikiančius makro- ir mikroaplinkos veiksnius. Visgi, pasaulyje sukurti atnaujinimo analizės modeliai taikomi labai specializuotoms sritims, analizuojami atskiri atnaujinimo procesai arba atskirų objektų (pvz., būsto, komercinių patalpų, viešbučių) atnaujinimo sprendimai. Tik keletas mokslininkų bando integruotai analizuoti gyvenamosios aplinkos atnaujinimą. Nėra sukurto integruoto gyvenamosios aplinkos atnaujinimą, kaip visumą, nagrinėjančio modelio.

Kompleksiniai atnaujinimo sprendimai yra sudėtingi, juos priimant būtina atsižvelgti į daugelį sąlygų ir reikalavimų. Nors literatūroje vis dažniau atnaujinimo sprendimus siūloma priimti taikant daugiakriterinės analizės metodus, daugiakriterinė sprendimų paramos teorija šioje srityje taikoma vis dar ribotai. Yra atlikta mažai tyrimų, kuriuose daugiakriterinės analizės metodai taikomi siekiant kompleksiskai įvertinti gyvenamosios aplinkos atnaujinimo alternatyvas (projektus). Efektyvių sprendimų priėmimas yra itin aktualus atnaujinimą finansuojančioms valstybės institucijoms, dotacijų fondams, gyventojams ir kitoms suinteresuotoms grupėms.

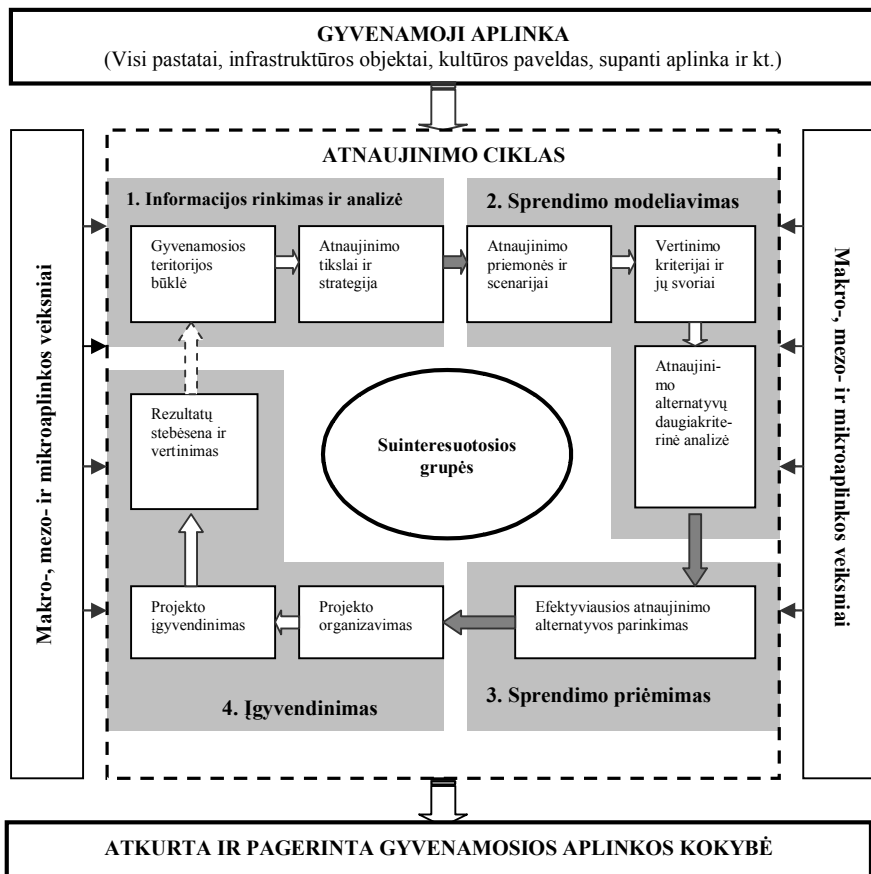
Mokslo ir technologijų amžiuje efektyviems sprendimams priimti pasitelkiamos informacinės ir intelektinės technologijos. Yra sukurta nemažai kompiuterinių sprendimų paramos sistemų atnaujinimo problemoms spręsti. Išanalizavus įvairių autorių siūlomas sprendimų paramos sistemas galima teigti, kad tik nedaugelis jų yra pagrįstos daugiakriterinio vertinimo metodų taikymu. Kita vertus, šios sistemos nesudaro sąlygų kompleksiskai analizuoti gyvenamosios aplinkos atnaujinimą kaip visumą, atsižvelgiant į suinteresuotųjų grupių poreikius ir tikslus, atnaujinimą veikiančią makro-, mezo- ir mikroaplinką. Jos nesudaro galimybių automatizuotu būdu išrinkti geriausią atnaujinimo alternatyvą (projektą), kuri geriausiai tenkintų suinteresuotų grupių poreikius, lyginant su geriausia (optimalia) alternatyva.

## **2. Konceptinis gyvenamosios aplinkos atnaujinimo integruotos analizės modelis**

Antrame disertacijos skyriuje pateikiamas autorės sukurtas gyvenamosios aplinkos integruotos analizės modelis. Aptariama modelio koncepcija bei išsamiai aprašomi pagrindiniai modelio elementai.

Norint įgyvendinti gyvenamosios aplinkos atnaujinimo projektus, būtina atnaujinimo racionalumu rūpintis nuo sumanymo pradžios iki įgyvendinimo pabaigos ir grįžtamojo ryšio užtikrinimo. Atnaujinimo procesas turi būti

planuojamas ir vykdomas atsižvelgiant į jame dalyvaujančių suinteresuotų grupių tikslus ir poreikius bei išorinę makro-, mezo- ir mikrolygmens aplinką, veikiančią atnaujinimo efektyvumą. Siekiant įgyvendinti šiuos tikslus buvo sukurtas gyvenamosios aplinkos integruotos analizės modelis, apimantis atnaujinimo procesą, jame dalyvaujančių ir savo tikslus norinčių įgyvendinti suinteresuotų grupių, bei veikiančios aplinkos, kaip visumos analizę (1 pav.).



**1 pav.** Konceptinis gyvenamosios aplinkos atnaujinimo integruotos analizės modelis

Toliau trumpai aptariami pagrindiniai modelio elementai.

Gyvenamosios aplinkos atnaujinimo efektyvumas priklauso nuo jį veikiančios aplinkos veiksnių – makrolygmens kintamųjų (ekonominių, socialinių, politinių, teisinių, technologinių, gamtinių veiksnių), mezoaplinkos veiksnių – organizacijų dalyvaujančių šioje srityje (statybos įmonių, tiekėjų, statybinių medžiagų gamintojų, nekilnojamojo turto agentūrų ir kt.) bei mikroaplinkos veiksnių (žemės sklypų ir pastatų kainos, esamos vietovės infrastruktūros, atnaujinimą atliekančios įmonės veiklos efektyvumo, organizacinės struktūros, žinių, patirties ir kt.). Norint užtikrinti atnaujinimo projekto efektyvumą, jį reikia vykdyti tam tikrose ribose, kurias nustato makro-, mezo- ir mikrolygmens veiksniai. Keičiantis šioms veiksniais, keičiasi ir atnaujinimo efektyvumo lygis.

Gyvenamosios aplinkos atnaujinime dalyvauja daug suinteresuotųjų grupių: savivaldybės, gyventojai, bankai, projektuotojai, rangovai ir kt. Vienas iš svarbiausių uždavinių siekiant padidinti atnaujinimo efektyvumą yra jame dalyvaujančių suinteresuotųjų grupių tikslų įgyvendinimas. Siekiama, kad kiekvienos suinteresuotos grupės pastangomis padidintas atnaujinimo efektyvumas atitiktų jų poreikius ir neprieštarautų kitų grupių poreikiams.

Atnaujinimo procese galima išskirti keturis pagrindinius etapus: informacijos rinkimas ir analizė (vietovės charakteristikos, statinių nusidėvėjimo laipsnis, infrastruktūra ir kt.), atnaujinimo sprendimo modeliavimas, sprendimo priėmimas, įgyvendinimas. Remiantis modeliu, atnaujinimo sprendimai vertinami ir priimami taikant daugiakriterinės analizės metodus.

### **3. Gyvenamosios aplinkos atnaujinimo alternatyvų daugiakriterinė analizė**

Trečiame disertacijos skyriuje autorės sukurtas gyvenamosios aplinkos integruotos analizės modelis pritaikomas sprendžiant praktinį uždavinį – Bulgarijos kultūros paveldo atnaujinimo projektų daugiakriterinei analizei atlikti. Projektų paraiškos buvo pateiktos Europos ekonominės erdvės ir Norvegijos dotacijų mechanizmų paramai gauti.

Atlikta daugiakriterinio vertinimo metodų apžvalga. Kadangi daugiakriterinio vertinimo metodų pasirinkimą lemia sprendžiamas uždavinys, vertinimui pasirinkti žinomi metodai SAW, TOPSIS ir COPRAS bei naujai sukurtas metodas ARAS.

Kompleksiniam vertinimui atlikti pasiūlyta hierarchinė kriterijų sistema, išsamiai aprašanti atnaujinimą veikiančius makro-, mezo- ir mikroaplinkos veiksnius, suinteresuotųjų grupių poreikius ir atnaujinimo procesą. Kriterijų sistemą sudaro 8 kriterijų grupės, susidedančios iš 48 kriterijų.

Kriterijų svoriams nustatyti atlikta ekspertų anketinė apklausa. Svoriams apskaičiuoti pritaikytas analitinės hierarchijos proceso (AHP) metodas,

patikslintas jo taikymo algoritmas. Ekspertų nuomonių suderinamumas patikrintas apskaičiuojant Kendallo konkordancijos koeficientą ir jo reikšmingumą  $\chi^2$ .

Išnagrinėtos 5 kultūros paveldo atnaujinimo projektų alternatyvos:  $A_1$  – Istorinio komplekso *Magura* atnaujinimas ir konservavimas;  $A_2$  – tradicinės Bulgarijos statybos technologijos ir įgūdžių atnaujinimas ir išsaugojimas;  $A_3$  – Bulgarijos nacionalinio didvyrio *Vassilijaus Levskio* namo rekonstrukcija kaip Europos kultūros paveldo išsaugojimas;  $A_4$  – *Sofijos arsenalo šiuolaikinio meno muziejaus* įkūrimas istoriniame pastate;  $A_5$  – *Šumenų sienos* restauravimas ir konservavimas. Pateikta alternatyvas apibūdinanti informacija tekstine ir koncepcine formomis.

Remiantis daugiakriterinio vertinimo metodais SAW, TOPSIS, COPRAS ir ARAS atlikta projektų alternatyvų daugiakriterinė analizė. Analizės rezultatai pateikiami 1 ir 2 lentelėse.

**1 lentelė.** Projektų daugiakriterinio vertinimo rezultatai

| Metodas | Rodiklis    | Alternatyvos |       |       |       |       |
|---------|-------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
|         |             | $A_1$        | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ | $A_5$ |
| SAW     | $K^*$       | 0,81         | 0,86  | 0,89  | 0,78  | 0,95  |
| TOPSIS  | $K_j$       | 0,34         | 0,53  | 0,52  | 0,19  | 0,66  |
| COPRAS  | $N_i$ (%)   | 86,5         | 97,3  | 94,3  | 84,9  | 100   |
| ARAS    | $N_i^*$ (%) | 58,4         | 63,2  | 64,4  | 54,9  | 71,5  |

Remiantis gautais rezultatais, nustatyti alternatyvų prioritetai (2 lentelė).

**2 lentelė.** Alternatyvų prioritetai

| Metodas | Alternatyvos |       |       |       |       |
|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|
|         | $A_1$        | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ | $A_5$ |
| SAW     | 4            | 3     | 2     | 5     | 1     |
| TOPSIS  | 4            | 2     | 3     | 5     | 1     |
| COPRAS  | 4            | 3     | 2     | 5     | 1     |
| ARAS    | 4            | 3     | 2     | 5     | 1     |

Nustatyta, kad SAW, COPRAS ir naujas metodas ARAS pateikia vienodus rezultatus. Vertinant TOPSIS metodu, nustatyta geriausia ir blogiausia alternatyva nesiskiria, tačiau antroji alternatyva yra 2 vietoje (pagal kitus metodus 3), o trečia alternatyva yra 3 vietoje (pagal kitus metodus 2). Pažymėtina, kad skirtumas tarp antros ir trečios alternatyvų efektyvumo yra nedidelis, tačiau, kadangi TOPSIS metodas pateikia skirtingus rezultatus, jį atnaujinimo alternatyvų vertinime reikėtų taikyti atsargiai.

Remiantis analizės rezultatais, finansavimą reikėtų skirti *Šumenų sienos atnaujinimo* projektui. Šios alternatyvos efektyvumas yra didžiausias vertinant

visais daugiakriterinės analizės metodais, taigi ši alternatyva geriausiai tenkina suinteresuotųjų grupių poreikius.

Išsamiau išanalizavus daugiakriterinio vertinimo metodų privalumus ir trūkumus, gyvenamosios aplinkos atnaujinimo projektams vertinti siūloma taikyti santykių sumavimo (ARAS) metodą. Šis metodas padeda nustatyti nagrinėjamų atnaujinimo alternatyvų efektyvumą lyginant su optimalia alternatyva, kurios parametrus nustato pats vertintojas. Tokiu būdu išrenkama geriausiai suinteresuotos grupės poreikius tenkinanti alternatyva.

#### 4. Kompiuterinė gyvenamosios aplinkos atnaujinimo sprendimų paramos sistema

Ketvirtame disertacijos skyriuje pristatoma autorės pasiūlyto modelio ir daugiakriterinio vertinimo metodo ARAS pagrindu sukurta kompiuterinė gyvenamosios aplinkos atnaujinimo sprendimų paramos sistema.

Sistemą sudaro duomenų bazė ir jų valdymo sistema, modelių bazė ir jos valdymo sistema bei vartotojo sąsaja. Sistema yra internetinė, ją galima rasti adresu <http://iti.vgtu.lt/renovation>. Taikant sukurta sistemą išspręstas praktinis uždavinys (2 pav.).

| Criteria describing the alternatives                                  | Measuring units   | Weight | Compared alternatives                                    |                                                                                         |                                                                                                |                                                        |                                                 | Optimal project alternative |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                       |                   |        | "Maqura" historical complex restoration and conservation | Revival and preservation of traditional building techniques and skills used in Bulgaria | Reconstruction of the Onbashieva House as part of the Vassil Levski National Museum in Karlovo | Opening of "Sofia Arsenal" museum for contemporary art | Restoration and conservation of Shumen Fortress |                             |
| Applicant suitability                                                 | + Significance Rj | 0,0592 | 0,007861                                                 | 0,010207                                                                                | 0,010207                                                                                       | 0,00657                                                | 0,01079                                         | 0,013565                    |
| Relevance of the project                                              | + Significance Rj | 0,1567 | 0,026089                                                 | 0,025192                                                                                | 0,023677                                                                                       | 0,023677                                               | 0,025455                                        | 0,032611                    |
| Methodological efficiency                                             | + Significance Rj | 0,1672 | 0,022393                                                 | 0,030447                                                                                | 0,020964                                                                                       | 0,025267                                               | 0,024629                                        | 0,043517                    |
| Risk control                                                          | + Significance Rj | 0,1473 | 0,020086                                                 | 0,020086                                                                                | 0,026782                                                                                       | 0,020086                                               | 0,026782                                        | 0,033477                    |
| Economic feasibility                                                  | + Significance Rj | 0,1684 | 0,023367                                                 | 0,027667                                                                                | 0,028485                                                                                       | 0,024458                                               | 0,025493                                        | 0,038946                    |
| Contribution to cross-cutting targets (Sustainable development, etc.) | + Significance Rj | 0,042  | 0,006427                                                 | 0,006444                                                                                | 0,006097                                                                                       | 0,006528                                               | 0,006643                                        | 0,009861                    |
| Bilateral relations                                                   | + Significance Rj | 0,07   | 0,003931                                                 | 0,011962                                                                                | 0,015723                                                                                       | 0,003931                                               | 0,014799                                        | 0,019654                    |
| Main quantitative indicators of the projects                          | + Significance Rj | 0,1892 | 0,031464                                                 | 0,021176                                                                                | 0,02428                                                                                        | 0,022675                                               | 0,038789                                        | 0,050815                    |
| Significance Rj                                                       |                   |        | 0,141618                                                 | 0,153181                                                                                | 0,156215                                                                                       | 0,133192                                               | 0,17338                                         | 0,242446                    |
| Utility degree Nj                                                     |                   |        | 58,41%                                                   | 63,18%                                                                                  | 64,43%                                                                                         | 54,94%                                                 | 71,51%                                          | 100%                        |
| Priority                                                              |                   |        | 5                                                        | 4                                                                                       | 3                                                                                              | 6                                                      | 2                                               | 1                           |

2 pav. Sistema atliktos daugiakriterinės analizės fragmentas (galutiniai rezultatai)

Sistema nuo kitų anksčiau sukurtų sistemų skiriasi šiais aspektais:

- yra sukurta naujai sukurto daugiakriterinio vertinimo metodo ARAS pagrindu;
- visos alternatyvos vertinamos kompleksiskai, atsižvelgiant į suinteresuotų grupių poreikius ir atnaujinimo procesą veikiančius makro-, mezo- ir mikroaplinkos veiksnius;
- vertinimui taikoma hierarchinė kriterijų sistema; yra galimybė įvertinti nagrinėjamų alternatyvų efektyvumą kiekvienoje kriterijų grupėje ir visose kriterijų grupėse;
- alternatyvų prioritetai nustatomi lyginant su optimalia alternatyva, kurios parametrus nustato vertintojas;
- yra įmanoma nustatyti alternatyvų naudingumo laipsnį ir jį išreikšti procentine išraiška ir sužinoti, koku laipsniu yra tenkinami suinteresuotos grupės poreikiai.

Taikant sistemą gauti rezultatai visiškai sutapo su anksčiau gautais rezultatais. Galima teigti, kad sistema yra patikima ir gali būti taikoma praktikoje.

## **Bendrosios išvados**

1. Išanalizavus literatūroje pateikiamus mokslinių tyrimų rezultatus pateikta patikslinta gyvenamosios aplinkos atnaujinimo samprata. Holistiniu požiūriu gyvenamosios aplinkos atnaujinimas apima statybos darbus, kuriais atkuriamos ir reikšmingai pagerinamos gyvenamosios aplinkos fizinės, funkcinės, ekonominės, energetinės, kokybinės ir kt. charakteristikos ir dėl kurių reikšmingai pagerėja gyvenimo kokybė. Šiuo požiūriu turi būti atliekamas kompleksinis gyvenamųjų teritorijų atnaujinimas, įskaitant įvairių pastatų (pvz., gyvenamųjų, komercinių, pramoninių, visuomeninių), kultūros paveldo objektų, infrastruktūros objektų, aplinkos (pvz., parkų, laisvalaikio zonų) ir kt. atnaujinimą.
2. Autorės sukurtas originalus gyvenamosios aplinkos integruotos analizės koncepcinis modelis apima atnaujinimo procesą, jame dalyvaujančių ir savo tikslus norinčių įgyvendinti suinteresuotų grupių, bei veikiančios makro-, mezo- ir mikroaplinkos, kaip visumos analizę ir leidžia priimti efektyvius atnaujinimo sprendimus.
3. Pasiūlyta atnaujinimo projektų daugiakriterinio vertinimo metodika leidžia kompleksiskai išanalizuoti atnaujinimo projektų alternatyvas, nustatyti jų prioritetus ir išrinkti geriausią alternatyvą. Metodika praktiškai pritaikyta sprendžiant praktinį uždavinį – Bulgarijos kultūros paveldo atnaujinimo projektų vertinimui atlikti. Projektų paraiškos buvo

pateiktos Europos ekonominės erdvės ir Norvegijos dotacijų mechanizmų paramai gauti.

4. Kompleksiniam vertinimui atlikti pasiūlyta hierarchinė kriterijų sistema, išsamiai aprašanti atnaujinimą veikiančius makro-, mezo- ir mikroaplinkos veiksnius, suinteresuotųjų grupių poreikius ir atnaujinimo procesą. Kriterijų sistemą sudaro 8 kriterijų grupės, susidedančios iš 48 kriterijų.
5. Kriterijų svoriams apskaičiuoti pritaikytas autorės siūlomas algoritmas, pagrįstas analitinės hierarchijos proceso (AHP) metodu, leidžiantis nustatyti kriterijų svorius pagal medianas. Kriterijų svoriams nustatyti atlikta ekspertų anketinė apklausa, nustatytas pakankamas ekspertų nuomonių suderinamumas.
6. Daugiakriteriniam vertinimui atlikti pritaikyti klasikiniai daugiakriterinio vertinimo metodai SAW, TOPSIS, COPRAS bei naujai sukurtas metodas ARAS. Išsprendus praktinį uždavinį pagrįsta, kad naujai sukurtas metodas ARAS turi daugiau privalumų lyginant su kitais metodais ir yra tinkamas praktiniams atnaujinimo uždaviniams spręsti.
7. Autorės pasiūlyto modelio ir daugiakriterinio vertinimo metodo ARAS pagrindu sukurta kompiuterinė gyvenamosios aplinkos atnaujinimo sprendimų paramos sistema leidžia automatizuotai nustatyti alternatyvų naudingumo laipsnį, lyginant su optimalia alternatyva. Sistemos testavimo rezultatai parodė, kad sistema yra patikima ir gali būti taikoma praktikoje.

## **Autorės publikacijos disertacijos tema**

### ***Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose***

Mickaitytė, A.; Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Tupėnaitė, L. 2008. The concept model of sustainable buildings refurbishment, *International Journal of Strategic Property Management* 12(1): 53–68. ISSN 1648-715X. (Thomson ISI Web of Science)

Tupėnaitė, L.; Kanapeckienė, L.; Naimavičienė, J. 2008a. Knowledge management model for construction projects, *Computer Modelling and New Technologies* 12(3): 47–55. ISSN 1407-5806.

Tupėnaitė L.; Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Seniut, M. 2010. Multiple criteria assessment of the built and human environment renovation alternatives, *Journal of Civil Engineering and Management* 16(2). ISSN 1392-3730, (accepted for publication). (Thomson ISI Web of Science)

### ***Straipsniai kituose leidiniuose (ISI Proceedings)***

Kaklauskas, A.; Naimavičienė, J.; Tupėnaitė, L.; Kanapeckienė, L. 2007. Knowledge base model for sustainable housing renovation, in *The 9th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques*, held in Vilnius on 16–18 May. 2007. Vilnius: Technika. Selected papers 1: 276–281. ISBN 9789955281986. (Thomson ISI Proceedings)

Kaklauskas, A.; Tupėnaitė, L. 2008. Automated selection of value efficient buildings refurbishment alternatives, in *the 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2008)*, held in Vilnius on 26–29 June. 2008. Vilnius: Technika. Selected papers, 312–317. ISBN 9789955283041. (Thomson ISI Proceedings)

Tupėnaitė, L.; Kanapeckienė, L. 2007. Neural network application for household electricity consumption forecast. Special emphasis on renovation, in *The 7th International Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat-07)*, held in Riga on October 24–27. 2007. Riga: Transport and Telecommunication Institute. Proceedings, 255–263. ISBN 9789984818009. (Thomson ISI Proceedings)

Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Tupėnaitė, L.; Mickaitytė, A. 2008a. Decision-making model for sustainable buildings refurbishment. Energy efficiency aspect, in *The 7th International Conference on Environmental Engineering*, held in Vilnius on 22–23 May. 2008. Vilnius: Technika. Selected papers 2: 894–901. ISBN 9789955282648. (Thomson ISI Proceedings)

### ***Straipsniai kituose leidiniuose***

Raslanas, S.; Gulbinas, A.; Tupėnaitė, L. 2006. Peculiarities on Vilnius multistoried housing refurbishment from the energy efficiency aspect, in *The International Conference on Buildings Energy Efficiency in the Baltics (BENEFIT-2006)*, held in Riga 25 October. 2006. Riga: Riga Managers School. Proceedings, 176–197. ISBN 9984988724.

Tupėnaitė, L. 2006a. Valuation of investments in Vilnius housing renovation from the aspect of real estate value enhancement, in *The 5th International Conference on Riga Forum 2006: Investment in the Baltic Metropolitan Regions*, held in Riga on August 24–25. 2006. Riga: Riga Managers School. Proceedings, 347–357.

Tupėnaitė, L. 2006b. Vilniaus daugiaaukščio būsto renovacijos efektyvumas nekilnojamojo turto vertės požiūriu [The efficiency of the renovation from the perspective of real estate value enhancement], in *Proceedings of the IX Conference of Lithuanian Young Scientists “Lithuania without science – Lithuania without Future”*, Civil Engineering [9-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ straipsnių rinkinys, Statyba]. Vilnius: Technika, 350–355. ISBN 978-9955-28-047-6.

Tupėnaitė, L. 2007. Italian experience on neural network application for household electricity consumption forecast. Special emphasis on renovation, in *Proceedings of the XX Conference of Lithuanian Young Scientists “Lithuania without science – Lithuania*

*without Future*”, *Civil Engineering* [10-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ straipsnių rinkinys, Statyba]. Vilnius: Technika, 451–456. ISBN 978–9955–28–163–4.

Tupėnaitė, L.; Kanapeckienė, L. 2008. Darnios plėtros principai būsto atnaujinimo projektuose [Sustainable development principles in housing renovation projects], in *Proceedings of the XI Conference of Lithuanian Young Scientists “Lithuania without science – Lithuania without Future”*, *Civil Engineering* [11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ straipsnių rinkinys, Statyba]. Vilnius: Technika, 557–563. ISBN 978–9955–28–319–5. (in Lithuanian).

Tupėnaitė, L.; Kanapeckienė, L.; Naimavičienė, J. 2008b. Knowledge management model for construction projects, in *the 8th international conference on Reliability and statistics in transportation and communication (RelStat-08)*, held on October 15–18. 2008. Riga: Transport and Telecommunication Institute. Proceedings, 313–320. ISBN 9789984818115.

## **Trumpos žinios apie autorių**

Laura Tupėnaitė gimė 1981 m. gegužės 28 d. Vilniuje.

2003 m. įgijo vadybos ir verslo administravimo bakalauro laipsnį Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybos fakultete. 2005 m. įgijo vadybos ir verslo administravimo magistro laipsnį Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybos fakultete. Nuo 2005 m. dirba Vilniaus Gedimino technikos universitete. 2006–2010 m. – Vilniaus Gedimino technikos universiteto doktorantė. Laura Tupėnaitė 2007 m. stažavosi Palermo universitete. Šiuo metu dirba asistente Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo turto vadybos katedroje.

## **Padėka**

Norėčiau padėkoti darbo vadovui, VGTU pirmajam prorektoriumi prof. habil. dr. E. K. Zavadskui ir Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo turto vadybos katedros vedėjui prof. habil. dr. A. Kaklauskui už neįkainojamą pagalbą bei patarimus rašant šį darbą. Dėkui Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo turto vadybos katedros darbuotojams už palaikymą ir pagalbą rašant darbą. Taip pat norėčiau širdingai padėkoti savo artimiesiems bei draugams už palaikymą, kantrybę ir supratimą.

# **MULTIPLE CRITERIA ASSESSMENT OF THE BUILT AND HUMAN ENVIRONMENT RENOVATION PROJECTS**

## **Introduction**

### ***The Investigated Problem***

The renovation of built and human environment as a whole has been analyzed insufficiently worldwide. The research problem considers increasing the efficiency of the built and human environment renovation from holistic perspective by using multiple criteria decision support methods and information technologies.

### ***Importance of the Thesis***

The renovation industry has received increasing attention and grown hugely in the last years, because of the change in economic conditions and the emphasis on sustainable development. Although the renovation projects are relatively small, in some developed countries, the total turnover of the renovation market reaches almost a half of the total construction output.

The built environment refers to all the human-made spaces designed with a purpose to meet stakeholders' needs of living, working, resting, sports and performing other activities. Furthermore, it is affected by various micro, meso and macro level factors. Due to the complex nature of built environment, renovation decisions must be considered avoiding narrow single building renovation project approach – built and human environment renovation must be considered instead – the holistic approach used and the complex renovation of living areas performed, including various types of buildings (i.e. housing, commercial, industrial, public), cultural heritage objects, infrastructure objects, the surroundings (i. e. parks, leisure zones), services, etc.

Holistic view to built and human environment renovation can be regarded as a kind of state competitiveness. It shows the capacity to carry out complex long-term and costly projects in collaboration of public authorities, business and social organizations, which require a combination of each individual resident's needs to the wider public interest: to use less of energy resources, indeed to live in safe, healthy and comfortable environment.

### ***The Object of Research***

The object of research integrates the renovation process of the built and human environment, participating stakeholders groups with specific aims and the external macro, meso and micro environments as a whole.

### ***The Goal of the Thesis***

The goal of the thesis is the evaluation and enhancement of the effectiveness of built and human environment renovation through the application of the established Conceptual Model for the Integrated Analysis of Built and Human Environment Renovation, multiple criteria evaluation methods and the developed Computer-Aided Decision Support System for Built and Human Environment Renovation.

### ***The Tasks of the Thesis***

In order to reach the goal, the following tasks must be solved:

1. To review research studies of scientists from various countries in the sphere of the built and human environment renovation.
2. To develop the Conceptual Model for the Integrated Analysis of Built and Human Environment Renovation.
3. To propose and practically apply multiple criteria assessment methodology for built and human environment renovation projects' alternatives evaluation.
4. To develop Computer-Aided Decision Support System for Built and Human Environment Renovation and to test the effectiveness of the developed Computer-Aided Decision Support System by practical task solution.

### ***Research Methodology***

Research methodologies are based on analysis of publications by Lithuanian and foreign scientists in the field of renovation. Questionnaire surveys, expert analysis, multiple criteria analysis, comparative analysis, logics and synthesis methods are applied in the performed research.

The preparation the thesis was based on Lithuanian and foreign scientific and other publications, encyclopedia directories, specialized dictionaries, statistical publications, statistical data of various countries on the internet, other scientific and informational publications of Lithuanian and foreign scientific institutions.

### ***Importance of Scientific Novelty***

Preparation of doctoral thesis revealed the following new to civil engineering science results:

1. A unique Conceptual Model for the Integrated Analysis of Built and Human Environment Renovation facilitating integrated analysis of renovation process, participating stakeholders groups and affecting macro, meso and micro environment was developed.

2. The hierarchically structured system of criteria fully describing the built and human environment renovation was offered, weights of criteria determined.
3. The multiple criteria analysis methodology for renovation projects assessment was proposed and practically applied in order to evaluate renovation projects' alternatives.
4. The original Computer-Aided Decision Support System for Built and Human Environment Renovation was developed and tested; it enables to perform an integrated analysis of the renovation process, its components, participating stakeholders groups and the affecting environment factors as a whole.

### ***Practical Significance of Achieved Results***

The achieved research results can be used in built and human environment renovation efficient decision-making in both – national and international contexts, scientific projects as well as in an educational process of Vilnius Gediminas Technical University.

The research results were practically applied in ES ERABUILD programme project “Construction and Real Estate – Developing Indicators for Transparency” (CREDIT) as well as for Bulgarian cultural heritage projects applications assessment supported for European Economic Area and Norway Financial Mechanisms dotations. The results are also used during Construction economics lectures for undergraduate (bachelor) students.

### ***The Defended Statements***

1. In order to make and implement efficient renovation decisions, renovation of the built and human environment should be analyzed from the holistic perspective.
2. The holistic assessment of the built and human environment renovation projects can be performed basing on the hierarchically structured system of criteria, multiple criteria evaluation methods and information technologies.
3. Projects of the built and human environment renovation can be evaluated by the traditional multiple criteria evaluation methods SAW and COPRAS and the newly developed method ARAS.
4. The developed original Computer-aided Decision Support System for Built and Human Environment Renovation facilitates automatic evaluation of renovation projects alternatives in holistic perspective; it helps to determine efficiency and utility degree of alternatives in comparison to the optimal alternative and to select the best alternative.

### ***Approval of the Results***

The main statements of the thesis were discussed during seven international and three national scientific conferences. The most important results of the thesis were published in thirteen scientific publications, three of them in reviewed scientific journals.

### ***The Scope of the Scientific Work***

The doctoral thesis includes an introduction, four chapters, general conclusions, and the list of literature. Also 3 annexes included. The volume of the thesis is 129 pages, excluding annexes, 39 numbered formulas are used, 18 pictures and 24 tables. Thesis prepared basing on 216 references.

Chapter 1 revises used literature. The scope and definition of the built and human environment is presented, a survey of research investigated in the field of the built and human environment renovation, developed renovation models as well as computer-based systems performed. At the end of the chapter, conclusions are drawn and the tasks for the dissertation are reconsidered.

Chapter 2 presents the Conceptual Model for the Integrated Analysis of Built and Human Environment Renovation developed by author.

In Chapter 3 the developed model and multiple criteria decision-making methods are applied for assessment of the Cultural Heritage Renovation Projects in Bulgaria for European Economic Area and Norway Grants. The hierarchical system of evaluation criteria is developed, weights of criteria determined, assessment and calculations of the projects' attributes as well as multiple criteria evaluation performed by traditional methods SAW, TOPSIS and COPRAS as well as the newly developed method ARAS in order to select the best project alternatives for granting.

Chapter 4 presents the developed Computer-Aided Decision Support System for Built and Human Environment Renovation and detailed description of its components. The working principles with the system are explained and solutions to practical tasks provided.

### **General conclusions**

1. Basing on the analysis of scientific research, the definition of renovation of built and human environment was specified. From the holistic perspective the renovation of built and human environment involves construction works aiming to renew and considerably improve physical, functional, economic, energetic, qualitative and other characteristics of the built environment followed by significant improvement of the quality of life. From this perspective the complex renovation of living

- areas should be performed including various types of buildings (i. e. housing, commercial, industrial, public), cultural heritage objects, infrastructure objects, the surroundings (i. e. parks, leisure zones), etc.
2. The Conceptual Model for the Integrated Analysis of Built and Human Environment Renovation developed by author facilitates holistic analysis of renovation process, participating stakeholders' groups and affecting macro, meso and micro environment, and helps to make efficient decisions in renovation.
  3. The proposed methodology for built and human environment projects' assessment allows analyzing the projects' alternatives in a complex way, determining the priorities and selecting the best alternative. The methodology was practically applied in assessment of Bulgarian cultural heritage renovation projects for European Economic Area and Norway grants.
  4. In order to evaluate the cultural heritage renovation projects, a hierarchically structured system of criteria, consisting of 8 criteria groups and 48 sub-criteria, was developed. Basing on this system projects were evaluated with respect to whole possible effects on the built and human environment – the holistic approach was used, macro, meso and micro environment factors considered.
  5. The weights of criteria were determined according to the AHP method basing on the algorithm specified by the author. The weights determined as medians. The survey of experts was performed and the agreement of experts' opinions was checked.
  6. The assessment of the renovation projects was performed by traditional multiple criteria evaluation methods SAW, TOPSIS, COPRAS as well as the newly developed method ARAS. Solution of the practical task conducted that the newly developed method ARAS is more advantageous than the other methods and is suitable for practical renovation tasks solutions.
  7. On the basis of the model proposed by the author and the newly developed method ARAS the Computer-Aided Decision Support System for Built and Human Environment Renovation was developed and tested. It allows determining the utility degree of the renovation alternatives in comparison to the optimal alternative in automated way. Testing results proved that the system is consistent, works properly, provides credible results and can be used in practice.

## **About the author**

Laura Tupėnaitė was born on 28 of May 1981.

Bachelor degree in Business administration and management, Faculty of Civil Engineering, Vilnius Gediminas Technical University, 2003. Master of Science of Business administration and management, Faculty of Civil Engineering, Vilnius Gediminas Technical University, 2005. From year 2005 working in Vilnius Gediminas Technical University. From 2006 till 2010 PhD student of Vilnius Gediminas Technical University. Internships at Palermo University, 2007 and Kadir Has University, 2008, 2009. At present is assistant in department of Construction Economics and Property Management of Vilnius Gediminas Technical University.

Laura TUPĖNAITĖ

GYVENAMOSIOS APLINKOS ATNAUJINIMO PROJEKTŲ  
DAUGIAKRITERINIS VERTINIMAS

Daktaro disertacijos santrauka  
Technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T)

Laura TUPĖNAITĖ

MULTIPLE CRITERIA ASSESSMENT  
OF THE BUILT AND HUMAN ENVIRONMENT  
RENOVATION PROJECTS

Summary of Doctoral Dissertation  
Technological Sciences, Civil Engineering (02T)

2010 04 20. 1,5 sp. l. Tiražas 70 egz.  
Vilniaus Gedimino technikos universiteto  
leidykla „Technika“,  
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius,  
<http://leidykla.vgtu.lt>  
Spausdino UAB „Biznio mašinų kompanija“,  
J. Jasinskio g. 16a, 01112 Vilnius