

BUILDING FACADE PAINTING COMPLEX PROCESS MULTICRITERIA EVALUATION

R. Janušaitis & R. Liubinskaitė MSc.

To cite this article: R. Janušaitis & R. Liubinskaitė MSc. (2001) BUILDING FACADE PAINTING COMPLEX PROCESS MULTICRITERIA EVALUATION, *Statyba*, 7:6, 468-473, DOI: [10.1080/13921525.2001.10531774](https://doi.org/10.1080/13921525.2001.10531774)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2001.10531774>



Published online: 30 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 68

FASADŲ DAŽYMO DAUGIAKRITERINIS VERTINIMAS TINKLINIO MODELIO MAZGŲ „IŠPJOVIMO“ IR SPRENDIMŲ DAUGIAPAKOPĖS SINTEZĖS METODAIS

R. Janušaitis, R. Liubinskaitė

Kauno technologijos universitetas

1. Įvadas

Pastatų fasadų dažymas yra vienas iš paskutiniųjų statybos procesų. Dažoma norint apsaugoti paviršius nuo atmosferos reiškinių poveikio, nuo irimo bei dilimo, siekiant pagerinti pastato sanitarines-higienines, gaisrines savybes, estetiniais ir inžineriniais sumetimais.

Todėl aktualu atlikti daugiakriterinį įvertinimą, analizuojant fasadų dažymą kaip kompleksinį procesą, kuriam turi įtakos tokie veiksniai, kaip naudojamos statybinės medžiagos, mechanizmai, darbininkų kvalifikacija, darbų atlikimo metodai, piniginės lėšos ir kt. Tai leidžia atlikti kompleksinį uždavinio įvertinimą ir priimti nevienareikšmius sprendimus.

Atliekant projektų daugiakriterinį vertinimą taikomi ekspertiniai, žaidimų teorijos, apibendrinto kriterijaus, nuoseklaus optimizavimo, sintezės metodai. Procesų bei projektinių sprendimų daugiakriterinės analizės tyrimus atlieka E. K. Zavadskas [1–4], A. Kaklauskas [1, 2], G. Ambrasas, R. Ginevičius, A. Gaicoechea, J. Fliege, B. F. Saiteris [5], V. M. Ozernoy [6] ir kiti mokslininkai.

Sintezės metodų taikymas daugiakriteriniams uždaviniams spręsti pirmą kartą minimas E. K. Zavadsko darbe [4]. V. Šarka nagrinėja daugiakriterinius sprendimų sintezės metodus [3], skirtus daugiapakopiems uždaviniams spręsti. Atliekant daugiakriterinį vertinimą autorius siūlo kelis uždavinius jungti į visumą. Taip atliekama kelių tarpusavyje susijusių statybos uždavinių sintezė.

Taikant minėtus daugiapakopės sintezės metodus nebuvo įvertinta skirtingų pakopų įtaka galutiniam rezultatui. Todėl autoriai, norėdami užpildyti šią spragą, pasiūlė papildyti daugiapakopės sintezės metodus, įvertinant pakopų svarbą (reikšmingumą), kas leistų atlikti tikslesnius skaičiavimus užsakovų ir rangovų atžvilgiu.

Šiuose tyrimuose nagrinėjama techninių sprendimų sintezė, ateityje numatoma nagrinėti ir vertinimo metodų sintezę.

Tyrimų tikslas – taikant technologinio tinklinio modelio mazgų „išpjovimo“ [7] bei daugiakriterinio vertinimo daugiapakopės sintezės metodus [1, 3], rasti pastatų fasadų dažymo kompleksinio proceso racionalų variantą.

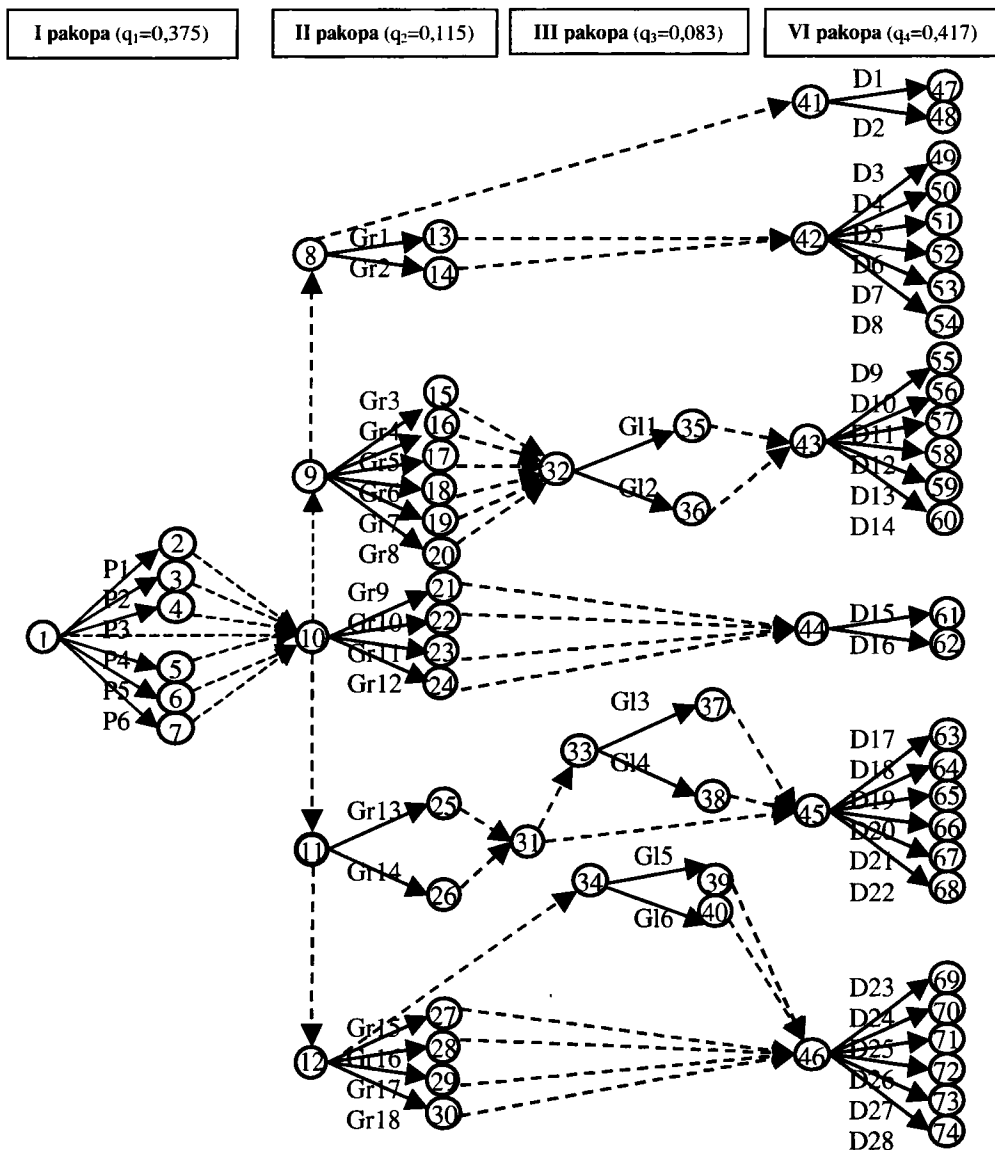
Šiam tikslui pasiekti sprendžiami toliau išvardyti uždaviniai:

- galimų projektinių sprendimų sistemų sudarymas;
- alternatyvių pastatų fasadų dažymo proceso sprendimų technologinio tinklinio modelio sudarymas;
- alternatyvių sprendimų vertinimo kriterijų (techninių-ekonominių rodiklių bei kokybinių charakteristikų) sistemos sudarymas;
- daugiakriterinis įvertinimas taikant alternatyvių sprendimų sintezės metodą, kai įvertinama pakopų svarba (reikšmingumas);
- gautų rezultatų analizė bei efektyvaus inžinerinio sprendimo radimas.

2. Technologinio tinklinio modelio mazgų „išpjovimo“ metodo taikymas sprendžiamam uždaviniui

Atliekant fasadų dažymo proceso daugiakriterinį įvertinimą tikslinga sudaryti technologinį tinklinį modelį (TTM). TTM (1 pav.) grafiškai vaizduojami technologinių sistemų ir darbų vykdymo metodų variantai (alternatyvos).

Nagrinėdami fasadų dažymą kaip kompleksinį procesą galime išskirti tokius dalinius (darbo) procesus: paviršiaus paruošimas (P), gruntavimas (Gr), glaistymas (Gl), dažymas (D). Kiekvieną iš šių dalinių procesų atitinka tam tikras skaičius alternatyvų, kurios TTM yra užkoduotos atitinkamomis raidėmis ir skaičiais. Pavir-



1 pav. Tinkuotų pastatų fasadų dažymo kompleksinio proceso technologinis tinklinis modelis (TTM)

Fig 1. Technological network model of plaster buildings facades painting complex process

šiaus paruošimui galime išskirti tokias alternatyvas: paruošimas rankiniu būdu naudojant metalinius šepetčius, dirbant ant pastolių; naudojant tinko, dažų gramdymo mašiną ir dirbant ant pastolių; mechanizuotu būdu naudojant smėliasrovę ir dirbant ant pastolių ir kt.

Siekdami greičiau surasti galutinį rezultatą, sumažinti alternatyvių sprendimų skaičių bei palengvinti skaičiavimus, taikome TTM mazgų „išpjovimo“ metodą.

Šio metodo esmė [7]:

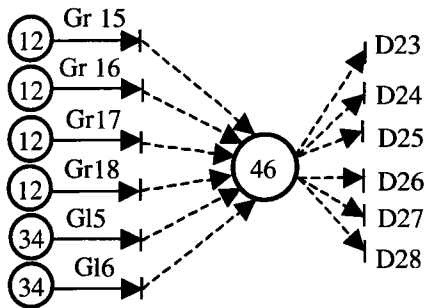
- TTM santykinai išpjaunamas tam tikras alternatyvių sprendimų mazgas, į kurį įeina vieno bet kurio dalinio proceso ne mažiau kaip du galimi atlikimo variantai;

- nustatomi šiam mazgui priklausantys lyginamieji dalinių procesų variantai;
- atliekamas daugiakriterinis lyginamų variantų vertinimas;
- neracionalūs variantai, kurie eina už „išpjauto“ mazgo, atmetami iš tolesnių skaičiavimų;
- tolesniems skaičiavimams atrenkamas racionaliausias nagrinėjamo mazgo sprendimas.

2 pav. pateikiame pavaizduotą „išpjautą“ 46 mazgą. Lyginamų dalinių procesų galimi variantai būtų tokie:

- 1) pirmuoju atveju: Gr15, Gr16, Gr17, Gr18;
- 2) antruoju atveju: G15, G16;
- 3) trečiuoju atveju: D23, D24, D25, D26, D27, D28.

Mazgai 10, 32, 31, 41, 42, 44, 45 „pjaunami“ ir jų lyginami variantai nustatomi analogiškai. „Išpjautų“ mazgų lyginami variantai sprendžiami naudojant matricą.



2 pav. Santykinai „išpjauto“ iš technologinio tinklinio modelio 46 mazgo schema

Fig 2. The scheme of 46 junctions cut out from technological network model

Sudarę galimų alternatyvių sprendimų matricą, taikydami sprendimų daugiakriterinio vertinimo metodus, randame dalinių procesų racionalius variantus.

3. Sprendimų daugiapakopės sintezės metodas

Vienas iš daugiakriterinio vertinimo metodų yra sprendimų daugiapakopės sintezės metodas [2, 3].

Šio metodo esmė – kelių tarpusavyje susijusių techninių sprendimų sintezė. Metodas yra pagrįstas artumo idealiajam taškui K_{bit} kriterijumi. Nustačius K_{bit} kriterijų, lyginamas alternatyvas galima išdėstyti į prioritetų eilę.

Taikant šį metodą yra sprendžiami tokie uždaviniai:

- 1) sprendimų priėmimui paruošiami pradiniai duomenys,
- 2) sudaromi ir pateikiami galimi sprendimo variantai,
- 3) atliekama analizė ir išrikiuojami gauti variantai pagal K_{bit} kriterijų.

Variantų prioritetiškumui nustatyti taikomas artumo idealiajam taškui metodas. Tai atliekama tokiais etapais:

1. Pirmasis žingsnis būtų lyginamų alternatyvių sprendimų pradinės matricos $[P]$ sudarymas.
2. Pradinės matricos $[P]$ normalizavimas į matricą $[\bar{P}]$ atliekamas pagal tokią formulę:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

3. Svertinės normalizuotos sprendimų priėmimo matricos $[\bar{P}^*]$ sudarymas. Ji gaunama matricą $[\bar{P}]$ padauginus iš kriterijų reikšmingumo vektoriaus \bar{q} :

$$\bar{P}^* = [\bar{P}] \cdot [\bar{q}]. \quad (2)$$

4. Svertinės normalizuotos matricos, kai įvertinama atskirų pakopų svarbą, sudarymas. Fasadų dažymą nagrinėdami kaip kompleksinį procesą, sudarytą iš tokių dalinių procesų: paviršiaus paruošimas, gruntavimas, glaistymas, dažymas, – šiuos dalinius procesus traktuojame kaip pakopas. Pakopos – tai skirtingi daliniai procesai ir jų įtaka negali būti vienareikšmė kompleksiniam procesui. Todėl atliekant kompleksinio proceso daugiakriterinę analizę būtina įvertinti tiek kriterijų, tiek atskirų pakopų svarbą (reikšmingumą).

Svertinę normalizuotą matricą, įvertinant pakopų svarbą, siūlome apskaičiuoti pagal tokią formulę:

$$\bar{P}^{*(m)} = \sum_{m=1}^d \left(\frac{x_{ij}^m \cdot x_{ij}^{*(d)}}{x_{ij}^{(d)}} [\bar{q}_m] \right), m = \overline{1, d}, \quad (3)$$

d – pakopų skaičius; \bar{q}_m – pakopų reikšmingumas; x_{ij}^m – m -tosios pakopos i -tąją alternatyvą apibūdinanti j -ojo kriterijaus reikšmė; $x_{ij}^{*(d)}$ – tam tikrą derinį atitinkanti i -tosios alternatyvos j -tojo kriterijaus normalizuota svertinė reikšmė; $x_{ij}^{(d)}$ – tam tikrą derinį atitinkanti i -tosios alternatyvos j -tojo kriterijaus reikšmė.

5. Nustatomi idealūs teigiamas ir idealūs neigiamas variantai pagal tokias formules:

$$a^+ = \left\{ \left[\left(\max_i f_{ij} / j \in I \right), \left(\min_i f_{ij} / j \in I' \right) \right] / i = \overline{1, m} \right\} = \{f_1^+, f_2^+, K, f_n^+\} \quad (4)$$

$$a^- = \left\{ \left[\left(\max_i f_{ij} / j \in I \right), \left(\min_i f_{ij} / j \in I' \right) \right] / i = \overline{1, m} \right\} = \{f_1^-, f_2^-, \dots, f_n^-\} \quad (5)$$

I – aibė rodiklių (maksimizuojamų-možoruojamų), kurių geriausios reikšmės yra didžiausios; I' – aibė rodiklių (minimizuojamų-minoruojamų), kurių geriausios reikšmės yra mažiausios; K – geriausia alternatyva (idealūs teigiamas variantas).

6. Nustatomas atstumas tarp idealiojo teigiamo a^+ (idealiojo neigiamo a^-) ir realaus a_i variantų:

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (f_{ij} - f_{ij}^+)^2}, \quad \forall_{ij}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (6)$$

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (f_{ij} - f_{ij}^-)^2}, \quad \forall_{ij}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \quad (7)$$

7. Paskutiniu etapu yra nustatomas sąlyginis lyginamų variantų artumas idealiajam, t. y. K_{bit} kriterijus pagal formulę:

$$K_{bit} = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, \quad \forall_{i}; \quad i = \overline{1, m}. \quad (8)$$

Pagal K_{bit} reikšmes variantai išrikiuojami prioritetiškumo eile. Geriausias variantas tas, kuris turi didžiausią šio kriterijaus reikšmę.

Taikant daugiapakopės sintezės metodą pirmiausia nustatomi dalinių procesų racionalūs variantai, vėliau sudaromi kompleksinio proceso variantai ir daugiakriterinis įvertinimas atliekamas analogiškai.

4. TTM mazgų „išpjovimo“ ir sprendimų daugiapakopės sintezės metodų praktinis pritaikymas tinkuotų fasadų dažymo kompleksinio proceso daugiakriteriniam vertinimui

Remiantis TTM mazgų išpjovimo ir sprendimų daugiapakopės sintezės metodais tinkuotų fasadų dažymo kompleksinio proceso daugiakriterinis vertinimas atliekamas tokiais etapais:

1. Atrenkama procesą apibūdinanti informacija, t. y. sudaromos galimos dalinių procesų alternatyvos, sudaroma jas apibūdinančių kriterijų sistema ir technologinis tinklinis modelis, kuris grafiškai vaizduoja galimas dalinių procesų alternatyvas ir technologinius ryšius tarp jų.

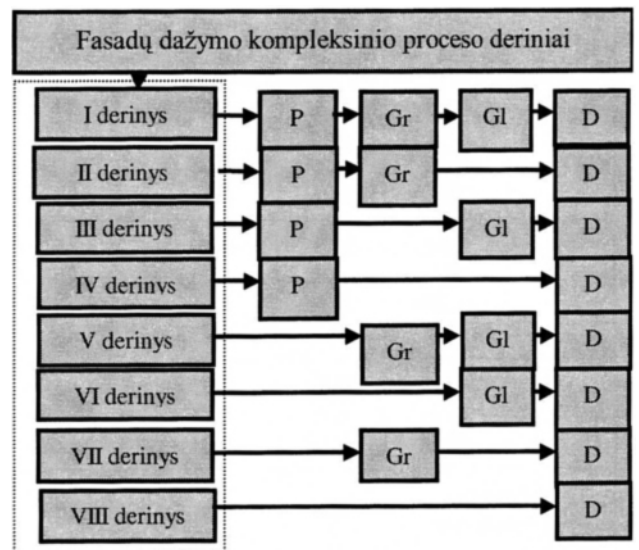
2. Taikant TTM mazgų „išpjovimo“ metodą sudaroma dalinių procesų pradinių duomenų matrica ir randamas dalinių procesų racionalus variantas.

3. Suformuojami kompleksiniai tinkuotų fasadų dažymo procesai ir atliekamas daugiakriterinis vertinimas remiantis sintezės modeliu.

Kaip jau buvo minėta, tinkuotų fasadų dažymas yra kompleksinis procesas, susidedantis iš tokių dalinių procesų: paviršiaus paruošimo, gruntavimo, glaistymo, dažymo. Kiekvieną šių dalinių procesų atitinka tam

tikras skaičius alternatyvų, kurios sudaromos keičiant naudojamas statybines medžiagas, mechanizmus, darbų atlikimo metodus. 3 pav. pateikiame kompleksinio proceso derinius, tarp kurių egzistuoja tokie technologiniai ryšiai.

Remiantis sudarytomis alternatyvomis suformuojamas TTM (1 pav.), kuris grafiškai atvaizduoja dalinių procesų alternatyvas bei technologinius ryšius tarp jų.



3 pav. Tinkuotų fasadų dažymo kompleksinio proceso galimų derinių schema

Fig 3. The possible combinations of plaster facade painting process

Taikant TTM mazgų „išpjovimo“ metodą sąlygiškai „išpjaujami“ charakteringi mazgai, sudaromos pradinių duomenų matricos ir randami racionaliausi dalinių procesų variantai.

Suformuojami kompleksinio proceso derinių variantai ir atliekamas daugiakriterinis vertinimas, remiantis anksčiau aprašytu daugiapakopės sintezės modeliu, kai įvertinama pakopų svarba. Lentelėje pateikiami racionalūs kompleksinio proceso derinių variantai paviršiams, kuriems pagrindo paruošimas būtinas (atskirai sudaromi ir kompleksinio proceso derinių variantai paviršiams, kai pagrindo paruošti nereikia).

Šiems derinių variantams apskaičiuojame K_{bit} ir gauname, kad kompleksinio proceso alternatyvas pagal prioritetiškumą išsidėsto taip:

$$K_{bit,1} = 0,88724, \quad K_{bit,2} = 0,83686,$$

$$K_{bit,3} = 0,08144, \quad K_{bit,4} = 0,23340.$$

Lyginamų variantų kodas		Vertinimo kriterijus						
Derinys	Varianto kodas	Kaina, Lt/m ²	Darbo sąnaudos, žm.h/m ²	Darbo našumas, m ² /h	Darbininkų kvalifikacijos lygis, balai	Darbų organizavimo sudėtingumas, balai	Ilgamžiškumas, metai	Estetiškumas, balai
I	D1.1.	18,89	0,64	1,56	3,17	7,75	7,2	9
	(P3)	4,46	0,21	4,76	3,44	7	-	-
	(Gr3)	2,73	0,05	20,0	2,25	7	-	-
	(G11)	6,31	0,23	4,35	3,00	6	-	-
	(D11)	6,48	0,15	6,66	4,00	8	7,2	9
II	D2.3.	15,51	0,44	2,27	3,26	8	9	7
	(P3)	4,46	0,21	4,76	3,44	7	-	-
	(Gr13)	2,29	0,05	20,0	2,25	9	-	-
	(D19)	8,76	0,13	7,69	4,08	8	9	7
III	D3.1.	35,35	0,69	1,45	3,85	8,3	11	9
	(P3)	4,4	0,21	4,76	3,44	7	-	-
	(G15)	18,42	0,25	3,57	4,22	10	-	-
	(D25)	12,47	0,23	4,35	3,88	8	11	9
IV	D4.1.	16,64	0,52	1,92	3,44	8	11,3	6
	(P3)	8,46	0,21	4,76	3,44	7	-	-
	(D1)	8,18	0,31	3,22	3,44	9	11,3	6
Kriterijaus optimalumas		min	min	max	max	min	max	max
Geriausia kriterijaus reikšmė		15,51	0,44	2,27	3,85	7,75	11,3	9

Sudarome variantų prioritetiškumo eilę:

$$\{\overline{D}\} = \{D1 \succ D2 \succ D4 \succ D3\}.$$

Analogiškai atlikus skaičiavimus ir tinkuotų pastatų fasadams, kuriems paviršiaus paruošti nereikia, gauname tokias K_{bit} kriterijaus reikšmes:

$$K_{bit,5} = 0,939964, \quad K_{bit,6} = 0,895296,$$

$$K_{bit,7} = 0,195597, \quad K_{bit,1} = 0,128509.$$

O variantai pagal naudingumą išsidėsto tokia tvarka:

$$\{\overline{D}\} = \{D5 \succ D6 \succ D7 \succ D8\}.$$

Atliekant daugiakriterinį vertinimą priimant sprendimą daugiausia įtakos šiam sprendimui turėjo ketvirtoji pakopa (dalinis dažymo procesas): $q_4 = 0,417$, o mažiausią – trečioji (paviršiaus glaistymas): $q_3 = 0,083$.

Atlikus skaičiavimus, kai taikėme daugiapakopės sintezės metodą, įvertindami ir atskirų pakopų svarbą, gavome, kad racionaliausias tinkuotų fasadų dažymo variantas, kai reikia paruošti pagrindą, yra D1 (P3→Gr3→G11→D11). Tuomet dažymo kaina 18,89 Lt/m², darbo sąnaudos 0,64 žm. h/m², darbininkų kvalifikacijos lygis – 3,17. Pagrindo paviršius paruošiamas naudojant tinko, dažų grandymo mašiną, pagrindas gruntuojamas šepetiais PERMOGLAZE gruntu, glaistomas PERMOGLAZE glaistu ir dažomas purkštuvais PERMOGLAZE dažais; visi darbai atliekami dirbant ant pastolių. Kai pagrindo paruošti nereikia, racionalus fasadų dažymo variantas yra D5 derinys (Gr3→G11→D11). Tuomet dažymo kaina būtų 14,43 Lt/m², darbo sąnaudos 0,58 žm. h/m², darbininkų kvalifikacijos lygis – 3,08. Pagrindas gruntuojas šepetiais PERMOGLAZE gruntu, glaistomas PERMOGLAZE glaistu ir dažomas purkštuvais PERMOGLAZE dažais; darbas atliekamas ant pastolių.

5. Išvados

1. Taikant daugiapakopės sintezės metodą, kai įvertinama pakopų svarba, gaunami tikslesni skaičiavimai, nei tada, kai ji neįvertinama, ir tai leidžia maksimaliai patenkinti užsakovo, rangovo poreikius.

2. TTM mazgų „išpjovimo“ metodo taikymas leidžia greičiau gauti galutinį rezultatą, sumažinti alternatyvių sprendimų skaičių ir palengvinti skaičiavimus.

3. Traktuojant dalinius procesus kaip pakopas, minėti metodai buvo pritaikyti praktiniams skaičiavimams, optimizuojant tinkuotų visuomeninių ir gyvenamųjų pastatų fasadų dažymo procesus [8].

Literatūra

1. E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas. Pastatų sistemotechninis įvertinimas. Vilnius: Technika, 1996. 279 p.
2. E. K. Zavadskas, L. Simanuskas, A. Kaklauskas. Sprendimų paramos sistemos statyboje. Vilnius: Technika, 1999. 236 p.
3. V. Šarka, L. Ustinovičius, E. K. Zavadskas. Projektų sintezė naudojant kompromiso kompensacinius modelius statyboje // Statyba, V t., Nr. 6. Vilnius: Technika, 1999, p. 374–385.
4. Э. К. Завадскас. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства. Ленинград: Стройиздат, 1991. 255 с.
5. J. Fliege, B. F. Saiter. Steepest descent methods for multicriteris optimization // Mathematical Methods of Operations Research, Springer-Verlag, 2000, p. 479–494.
6. V. M. Ozernoy. Developing an interactive decisionsupport for diskrete alternative MCDM method selection. Multiple Criteria Descision Support. Springer-Verlag, 1992.
7. R. Janušaitis. Sienų šiltinimo alternatyvių sprendimų įvertinimas, taikant technologinio tinklinio modelio mazgų „išpjovimo“ metodą // Statyba, IV t., Nr. 2. Vilnius: Technika, 1998, p. 161–170.
8. R. Liubinskaitė. Pastatų fasadų dažymo procesų sistemo-techninis įvertinimas: Magistro darbas. Kaunas: Technologija, 2001.

Įteikta 2001 03 20

BUILDING FACADE PAINTING COMPLEX PROCESS MULTICRITERIA EVALUATION

R. Janušaitis, R. Liubinskaitė

Summary

Today there are many multicriteria evaluation methods used in building projects. They enable to make component (complex) evaluations of the task.

Before a multicriteria evaluation of building facade complex process we develop a technological network model which represents technological systems and work performance variants graphically. We use technological network model junctions “cut” method for finding faster final result, for reducing alternative decisions number and facilitating calculations. This method permits to reject not irrational variants from calculations.

Facade painting model consists of the following partial processes: surface preparing, priming, putting and painting. Making multicriteria decisions synthesis all these processes are interpreted as stages. It’s necessary to determine the importance of each stage with respect to another stage (stage significance). To find stage significance it’s possible to use expert, pair comparison methods, etc. Each stage consists of a certain number of alternatives. For comparison and evaluation of these alternatives, we produce a system of criteria (technical-economical indicators and qualitative characteristics).

Using technological network junctions “cut” method, decision multistage synthesis method and carrying out multicriteria evaluation, it is possible to make a more precise alternative decisions analysis, evaluating the stage significance. This is very important for customers, contractors, projectors, etc.

.....
Rolandas JANUŠAITIS. Doctor, Associate Professor. Kaunas Technology University (KTU), Studentų g. 48, LT-3031 Kaunas.

A graduate of KTU (1991). In 1990–93 research work at the Institute of Building and Architecture. Doctoral studies at KTU (1993–98). Author of 10 publications. Research interests: technology and organization of building work, building thermal renovation, building solutions technological modelling, multicriteria analysis.

.....
Rima LIUBINSKAITĖ. MSc. Kaunas Technology University (KTU), Studentų g. 48, LT-3031 Kaunas.
E-mail: liubinskaite@centras.lt

BSc (1999) (civil engineer). In 1999–2001 MSc studies at KTU. Research interests: technology and organization of building work, building solutions technological modelling, multicriteria analysis.