



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

**Elektros perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo
alternatyvų parinkimo daugiakriterinės analizės metodais
tyrimas**

Baigiamasis magistro studijų projektas

Kęstutis Vėta

Projekto autorius

Lekt. dr. Birutė Linkevičiūtė

Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Elektros perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo alternatyvų parinkimo daugiakriterinės analizės metodais tyrimas

Baigiamasis magistro studijų projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (6211EX073)

Kęstutis Vėta

Projekto autorius

Lekt. dr. Birutė Linkevičiūtė

Vadovė

Lekt. dr. Aistija Vaišnorienė

Recenzentė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Kęstutis Vėta

Elektros perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo alternatyvų parinkimo daugiakriterinės analizės metodais tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Kęstučio Vėtos, baigiamasis projektas tema „Elektros perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo alternatyvų parinkimo daugiakriterinės analizės metodais tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Vėta Kęstutis. Elektros perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo alternatyvų parinkimo daugiakriterinės analizės metodais tyrimas. Magistro krypties studijų baigiamasis projektas / vadovė lekt. dr. Birutė Linkevičiūtė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Energijos inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: elektros perdavimo tinklas, elektros perdavimo tinklo projektų įgyvendinimas, daugiakriterinė analizė, TOPSIS, COPRAS, MOORA.

Kaunas, 2019. 51 p.

Santrauka

Darbe pateikiama metodika leidžianti išanalizuoti elektros perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo trasų alternatyvas ir atrinkti geriausiai atitinkančią pagal pasirinktus kriterijus. Tyrimą atlikti naudojami trys daugiakriteriniai metodai - COPRAS, TOPSIS ir MOORA. Šių metodų pagrindu sudaryta nagrinėjamos problemos sprendimo metodika. Atliekant tyrimą išskirti šeši pagrindiniai vertinimo rodikliai - poveikis gyvenamajai aplinkai, poveikis kultūros paveldo teritorijoms, poveikis saugomoms teritorijoms, servitutų nustatymo poreikis, atjungimo trukmė bei statybos kaina. Ekspertų vertinimas ir skaičiavimų rezultatai rodo, kad du paskutiniai rodikliai išskirti kaip svarbiausi. Išspręstas praktinis pavyzdys - išrinkta tiriamo objekto alternatyva geriausiai atitinkanti kriterijus.

Vėta Kęstutis. Selection of Alternatives for the Implementation of Electricity Transmission Network Projects Using Multi-Criteria Analysis Methods. Master's Final Degree Project / supervisor vadovė lekt. dr. Birutė Linkevičiūtė; Faculty of Electrical and Electronics, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Power engineering.

Keywords: Electricity Transmission Network Projects, Multi-Criteria Analysis Methods, TOPSIS, COPRAS, MOORA.

Kaunas, 2019. 51.

Summary

The paper presents a methodology for analyzing alternatives to the routes of electricity transmission network projects and selecting the best matched criteria. Three multi-criteria methods - COPRAS, TOPSIS and MOORA - are used for the study. On the basis of these methods, the methodology for solving the problem is developed. Six main evaluation indicators were identified during the survey - impact on the living environment, impact on cultural heritage sites, impact on protected areas, need for servitude setting, duration of disconnection and construction cost. Expert assessment and calculation results show that the last two indicators are the most important. A practical example has been solved - the chosen alternative to the object under investigation is the most appropriate criterion.

Turinys

| | |
|--|-----------|
| Lentelių sąrašas | 9 |
| Paveikslų sąrašas | 10 |
| Įvadas..... | 11 |
| Darbo uždaviniai: | 11 |
| 1. Tyrimo objekto ir problemos aptarimas | 13 |
| 1.1 Perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo aspektai..... | 13 |
| 2. Tyrimo metodika | 18 |
| 2.1 Daugiakriterinės analizės vertinimas | 18 |
| 2.2 Daugiakriterinio optimizavimo santykinų dydžių analizės pagrindu metodas | 20 |
| 2.3 Kompleksinio proporcingumo vertinimo metodas..... | 21 |
| 2.4 Artumo idealiam taškui metodas..... | 22 |
| 3. Tyrimo eiga ir rezultatai..... | 25 |
| 3.1 Pagrindinių kriterijų pasirinkimas | 25 |
| 3.2 Kriterijų svorių nustatymas | 27 |
| 3.3 Ekspertų nuomonės suderinamumas | 29 |
| 3.4 Tiriamo objekto aptarimas | 31 |
| 3.4 Pradinių uždavinio duomenų pagrindimas | 32 |
| 3.5 Alternatyvų parinkimas taikant kompleksinio proporcingumo vertinimo metodika | 36 |
| 3.6 Alternatyvų parinkimas taikant išplėsto artumo idealiajam taškui metodika | 40 |
| 3.7 Alternatyvų parinkimas taikant daugiakriterinio optimizavimo santykinų dydžių analizės pagrindo metoda | 44 |
| 3.8 Daugiakriterinės analizės metodais gautų rezultatų palyginimas | 45 |
| 4. Išvados..... | 46 |
| Literatūros sąrašas | 48 |
| Priedai | 50 |

Lentelių sąrašas

- 1 lentelė. Daugiakriterinių metodų klasifikacija
- 2 lentelė. Kiekybinių kriterijų reikšmių nustatymo metodai
- 3 lentelė. Kokybinių kriterijų reikšmių nustatymo metodai
- 4 lentelė. Kriterijų reikšmingumų nustatymo metodai
- 5 lentelė. Pagrindiniai vertinimo kriterijai ir jų matavimo vienetai
- 6 lentelė. Ekspertų apklausos rezultatai
- 7 lentelė. Kriterijų reikšmingumas, procentais
- 8 lentelė. Ekspertų nuomonės suderinamumo skaičiavimų rezultatai
- 9 lentelė. Alternatyvų padėtis gyvenamųjų namų atžvilgiu
- 10 lentelė. Alternatyvų padėtis kultūros paveldo teritorijų atžvilgiu
- 11 lentelė. Alternatyvų padėtis saugomų teritorijų atžvilgiu
- 12 lentelė. Pradiniai alternatyvų duomenys
- 13 lentelė. Pradiniai alternatyvų duomenys bedimensiniais dydžiais
- 14 lentelė. Įvertinimo rezultatai
- 15 lentelė. Pradiniai alternatyvų duomenys bedimensiniais dydžiais taikant vektorinę normalizaciją
- 16 lentelė. Svertinė normalizuota sprendimo priėmimo matrica
- 17 lentelė. Idealiai geriausios ir idealiai blogiausios alternatyvos
- 18 lentelė. Nutolimas alternatyvų nuo idealiai geriausios ir idealiai blogiausios alternatyvos
- 19 lentelė. TOPSIS rezultatai
- 20 lentelė. MOORA rezultatai

Paveikslų sąrašas

1 pav. Tinklo planavimui sprendimų trikampis (sudaryta pagal Perras S. (2015))

2 pav. Elektros perdavimo tinklo projekto įgyvendinimo alternatyvos pasirinkimo procesas tenkinantis trečiąsias šalis

3 pav. Projekto sukeliama poveikio aplinkai įvertinimo procesas (sudaryta pagal Taparauskiene (2008))

4 pav. Kriterijų reikšmingumas, procentais

5 pav. 330 kV oro linijos „Lietuvos E-Vilnius“ situacijos schema

6 pav. Alternatyvų rangai apskaičiuoti skirtingais metodais

Ivadas

Problema ir aktualumas. Perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo planavimas dažnai susijęs su daugybe ekonominių prielaidų ir rėmimusi analitine veikla, siekiant įrodyti, kad projektas yra pagrįstas. Perdavimo tinklo operatorius susiduria su ilgais ir sudėtingais leidimų išdavimo procesais bei įvairiomis kitomis kliūtimis. Pagrindinės kliūtys, kurios sukelia projektų vėlavimą perdavimo linijų projektų planavimo etape yra techniniai iššūkiai, finansavimo problemos, politiniai interesai, koordinavimo nesutapimai ir visuomenės pasipriešinimas. Didžiausia kliūtis, stabdanti perdavimo tinklo plėtrą yra visuomenės pasipriešinimas, dėl ko suinteresuotos šalys pateikia daug prieštaravimų, kuriuos atitinkamos institucijos turi peržiūrėti, įvertinti ir pateikti atsakymus į juos. Dėl to stengiamasi, kad perdavimo tinklo trasos būtų įrengtos kuo toliau nuo tankiai apgyvendintų vietovių ir būtų išvengtas, ar bent jau sumažintas poveikis gyvenamajai aplinkai bei saugomoms teritorijoms. Perdavimo operatorius, atsižvelgdamas į tai, stengiasi išnaudoti savo infrastruktūrą. Kadangi didėja elektros energijos poreikis bei reikalingas didesnis pralaidumas, esamos oro linijos yra rekonstruojamos. Lietuvoje pagal gerąją kitų šalių praktiką viengrandės oro linijos keičiamos į dvigrandes. Rekonstruojant tokias elektros oro linijas siekiama išlikti esamos oro linijos apsaugos zonos ribose, išlaikant minimalius leistinus norminius ir technologinius atstumus tarp elektros laidų. Tačiau dėl dvigrandės linijos technologinių ypatumų, ypač dėl dvigrandžių metalinių atramų konstrukcijų, norint nepadidinti apsaugos zonos, tenka ieškoti rekonstruojamos oro linijos trasos alternatyvų. Čia ir iškyla problema. Kai identifikuojamos trasų alternatyvos, nėra sistemos ar modelio, kuris padėtų rasti tinkamiausią variantą tenkinantį visų interesantų poreikius.

Darbo tikslas. Atlikti perdavimo tinklo projektų alternatyvų pasirinkimo tyrimą remiantis daugiakriterine analize.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti įvairių šalių mokslinę literatūrą, susijusią su šio darbo tyrimo sritimi. Atrinkti ir pritaikyti tinkamiausius daugiakriterinius metodus tyrimo problematikai spręsti;
2. Sudaryti racionalių kriterijų sistemą, skirtą elektros perdavimo tinklo projektų alternatyvų tinkamumo vertinimui;
3. Taikant kriterijų sistemą ir daugiakriterinius metodus, sudaryti skaičiuoklę elektros perdavimo tinklo įgyvendinimo alternatyvų palyginimui;

4. Pritaikius skaičiuoklę parinkti priimtinausią alternatyvą. Pateikti rezultatus ir išvadas.

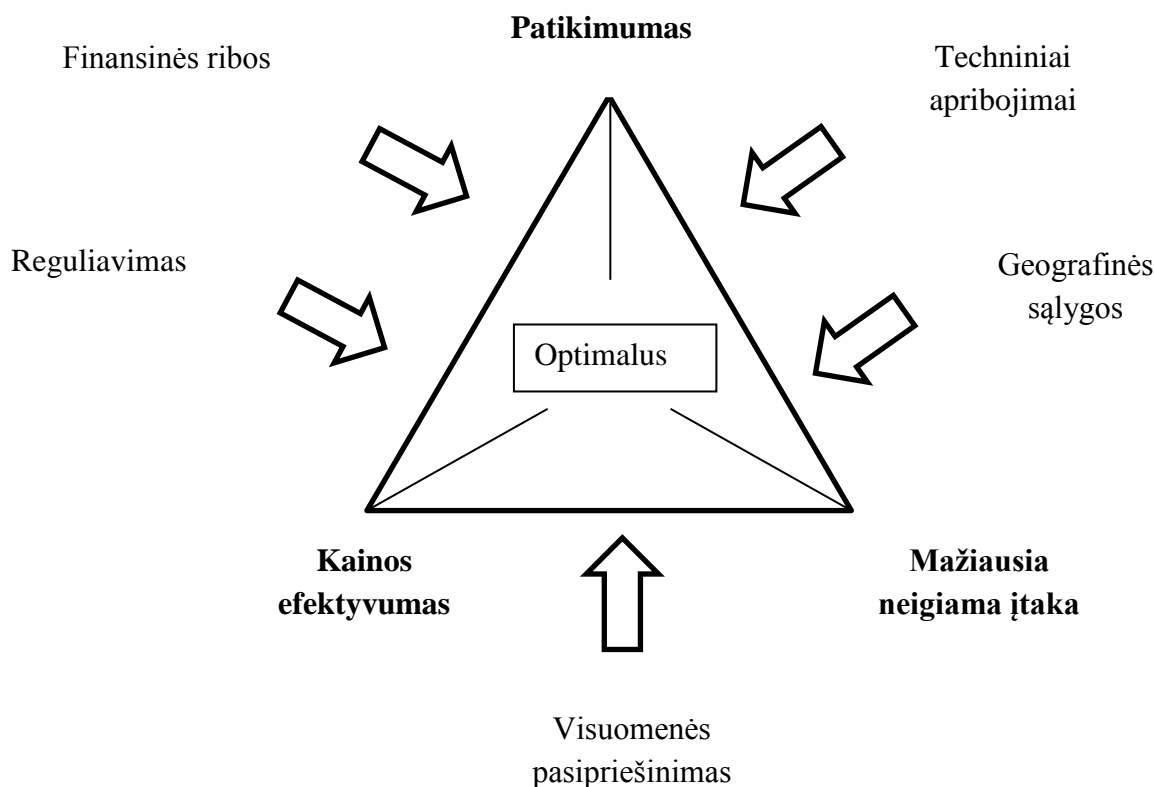
Tyrimo objektas: 330 kV oro linija Lietuvos E-Vilnius.

1. Tyrimo objekto ir problemos aptarimas

1.1 Perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo aspektai

Perdavimo sistemos operatorius yra atsakingas už elektros perdavimo linijų įrengimą ir eksploatavimą. Jis privalo užtikrinti stabilų elektros energijos tiekimą vartotojams, išvengiant įtampos šuolių bei tiekimo nutraukimo.

Stefanas Perras (2015) teigia, kad perdavimo sistemos operatorius (PSO), sistemos technologinį išpildymą pasirenka pagal tris pagrindinius aspektus, kurie sudaro sprendimų trikampį (žr. 1 pav.). Iš čia matyti, kad priimant projekto alternatyvą reikia rasti tą variantą, kuris geriausiai tenkintų patikimumo, kainos efektyvumo ir mažiausios įtakos aplinkai sąlygas.



1 pav. Tinklo planavimui sprendimų trikampis (sudaryta pagal Perras S. (2015))

Perdavimo tinklo operatoriaus tikslas užtikrinti saugų ir stabilų elektros energijos tiekimą. Tuo pačiu metu sistemos operatorius patirdamas investavimo ir eksploatavimo išlaidas, turi pasiekti atitinkamą pelno lygį (Alvarado, 2002). Norint pasiekti didesnę pelną, planuojamos statyti ar rekonstruoti linijos, turi būti kuo greičiau paleistos eksploatavimui. Kiekvienas ilgesnis oro linijos atjungimas sumažina

elektros energijos sistemos patikimumą. Ko pasekoje atsiranda didesnis kitų linijų apkrautumas bei išauga avarių tikimybė.

PSO siekia maksimaliai padidinti socialinę gerovę (Bond, 2000). Jų tikslas užtikrinti, kad visuomenė gautų didžiausią naudą per naujus perdavimo linijų įrenginius, mažiausiomis įmanomomis sąnaudomis bei sukeltant mažiausią neigiamą įtaką aplinkai (Perras, 2015).

Kiekvienas perdavimo tinklo projektas turi keturis pagrindinius įgyvendinimo etapus (Cotton, 2012):

1. Apimties ir projektų rengimo etapas: galimybių studijos ir viešosios konsultacijos su trečiosiomis šalimis;
2. Leidimų gavimo proceso etapas;
3. Infrastruktūros statybos etapas;
4. Eksploatavimo ir priežiūros etapas.

Galima išskirti penkias pagrindines žalas aplinkai sukeliančias didžiausią žmonių pasipriešinimą, kurias įtakoja perdavimo tinklai (Haggett, 2011):

1. Vizualinis poveikis gamtai;
2. Elektromagnetinio lauko poveikis žmonių ir gyvūnų sveikatai;
3. Elektros perdavimo tinklų sukiamas akustinis triukšmas;
4. Medžių ir krūmų iškirtimas;
5. Elektros nuostoliai (netiesioginis poveikis aplinkai).

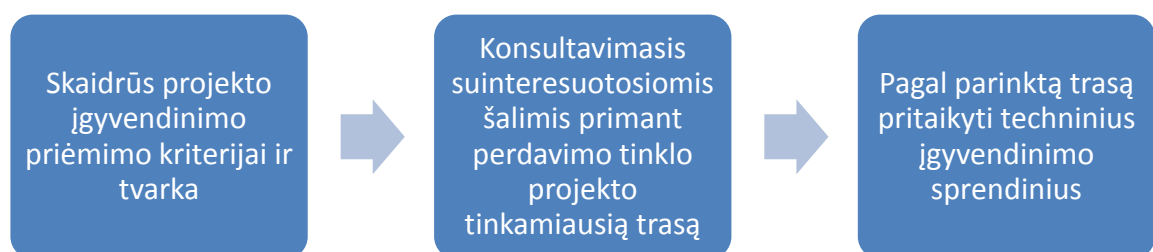
Šie aspektai yra labiausiai aptarinėjami, kai vyksta susitikimai su interesuotosiomis šalimis dėl naujų perdavimo projektų įgyvendinimo.

Prieš vykdant perdavimo tinklo atnaujinimo ar naujos linijos statybą, operatorius pateikia paraiškas ir dokumentus, taip pradėdamas oficialią leidimo išdavimo procedūrą. Šis etapas vertina projekto atitiktį atitinkamiems reglamentams ir valstybės strateginiams planams (Dore ir Lebel, 2010). Kai atsakinga institucija patikrina paraiškos išsamumą ir jei dokumentai tinkami, prasideda viešos konsultacijos. Tačiau dėl visuomenės pasipriešinimo projekto leidimo išdavimo etapas gali tapti daugiausiai laiko reikalaujančiu etapu (ENTSO-E, 2011).

Daugeliu atvejų leidimų išdavimo tvarka yra labai griežta atsižvelgiant į galimą perdavimo projekto poveikį aplinkai (IEEE, 2007). Prieš projektinių tyrimų metu pasirinkta trasa bei statoma infrastruktūra įtakoja socialinę ir aplinkosauginę aplinką. Pagrindinės kliūtys kurios sukelia projektų vėlavimą perdavimo linijų projektų planavimo etape yra techniniai iššūkiai, finansavimo problemos, politiniai interesai, koordinavimo nesutapimai ir visuomenės pasipriešinimas (Noack, 2010). Šie iššūkiai

dažniausiai būna dėl sudėtingų aplinkos sąlygų, ko pasekoje reikia taikyti naujas technologijas, kurios anksčiau nebuvo naudojamos. Taip pat gali kilti problemų dėl nesuderintų techninių procedūrų ir reikalavimų (Abelson ir Gauvin, 2006). Antras veiksnys lemiantis projekto įgyvendinimo vėlavimus yra finansavimo iššūkiai. Didelis išlaidų prieaugis gali atsirasti projekto leidimo išdavimo metu, kai dažniausiai reikia atlikti papildomus aplinkos tyrinėjimus ir vertinimus (ENTSO-E, 2011). Be to, valdžios institucijų nustatytos kompensavimo priemonės, siekiant sumažinti projekto poveikį, taip pat žymiai padidina projekto išlaidas. Kartais politiniai interesai irgi sukelia projektų vėlavimus. Atsakingos institucijos ar politikai gali daryti įtaką leidimo išdavimo proceso metu. Jei perdavimo tinklo projektas kerta nacionalines sienas ir todėl apima bent du skirtingus operatorius, gali kilti bendradarbiavimo kliūčių ir problemų.

Didžiausia kliūtys stabdanti perdavimo tinklo plėtrą yra visuomenės pasipriešinimas, ko pasekoje suinteresuotos šalys pateikia daug prieštaravimų, kuriuos atitinkamos institucijos turi peržiūrėti, įvertinti ir pateikti atsakymus į juos. Norint sumažinti visuomenės pasipriešinimą reikėtų sukurti atstovų grupę, susijusią su teritorijomis, kuriose bus numatomas elektros perdavimo projektas ir socialiniu bei aplinkosauginiu požiūriu rasti geriausią sprendimą bendradarbiaujant su visomis suinteresuotosiomis šalimis (ENTSO-E, 2015). Kad nekiltų kažkokių nesusipratimų pirmiausia reikia nurodyti aiškius kriterijus ir tvarką kaip vyks prieš-projektiniai perdavimo tinklo įgyvendinimo procesai. Tada turėtų būti konsultuojamasi su suinteresuotomis šalimis, norint rasti geriausią elektros perdavimo tinklo trasą. O tik tada turint planuojamą trasą, reikėtų pritaikyti techninius įgyvendinimo sprendimus.

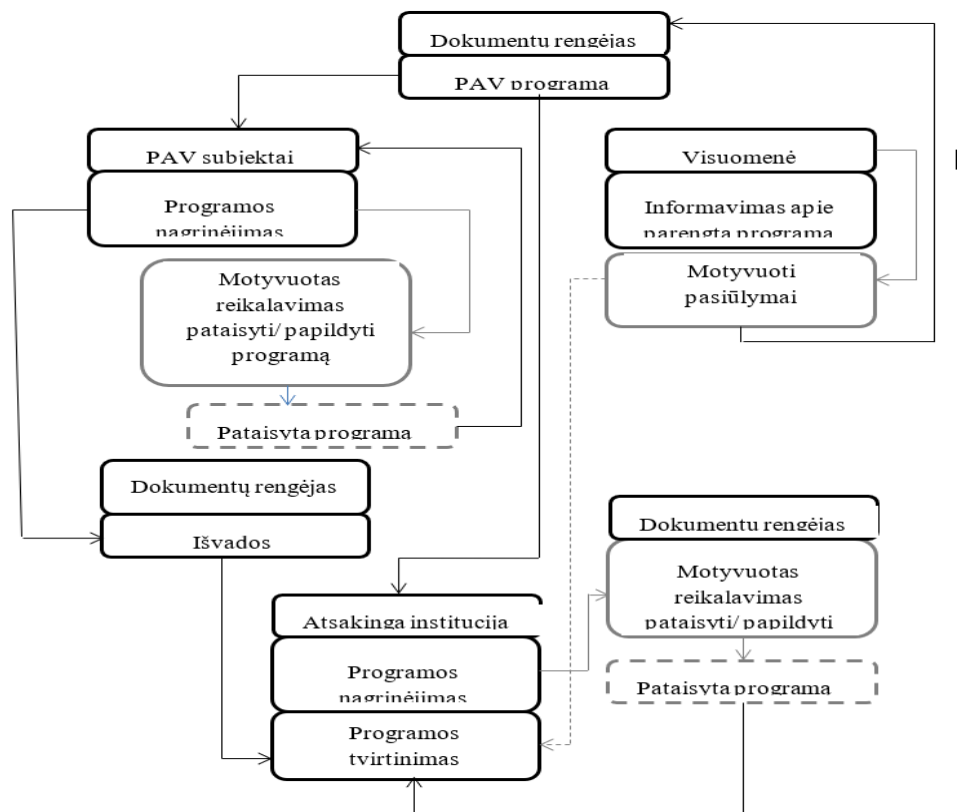


2 pav. Elektros perdavimo tinklo projekto įgyvendinimo alternatyvos pasirinkimo procesas tenkinantis trečiąsias šalis

Perdavimo sistemos projektai nėra labai populiarūs tarp vietinių bendruomenių (Berger, 2011). Dėlto stengiamasi, kad perdavimo tinklo trasos būtų įrengtos kuo toliau nuo tankiai apgyvendintų vietovių ir būtų išvengta poveikio kraštovaizdžiui.

Elektros perdavimo tinklų projektai yra įtraukti į Planuojamos ūkinės veiklos sąrašus. Dėlto šiems projektams turi būti sudaryta poveikio aplinkai ataskaita.

„Poveikio aplinkai vertinimas- tai konkrečios planuojamos ūkinės veiklos potencialaus poveikio aplinkai numatymo, apibūdinimo ir įvertinimo procesas, kurio pagrindinis tikslas yra užtikrinti, kad atsakinga institucija, priimanti sprendimą dėl veiklos leistinumo pasirinktoje vietoje disponuotų informacija apie galimą reikšmingą tos veiklos poveikį visuomenės sveikatai, gyvūnijai ir augalijai, dirvožemiui, žemės paviršiui“ (Taparauskienė, 2008, p. 11). Užtikrinamas ekologinis saugumas bei sumažinamas visuomenės pasipriešinimas. Taip pat poveikio aplinkai vertinimas gali suveikti kaip priemonė leidžianti užtikrinti, kad politika, jos įgyvendinimo planai ir programos atitiktų darniosios plėtros principus.



3 pav. Projekto sukeliama poveikio aplinkai įvertinimo procesas (sudaryta pagal Taparauskienė (2008))

Atliekant poveikio aplinkai vertinimą, procese dalyvauja šie pagrindiniai dalyviai: atsakinga institucija, veiklos organizatorius, dokumentų rengėjas ir subjektai. Šiame procese atsakinga institucija yra Aplinkos ministerija arba kita vyriausybės įgaliota institucija (Taparauskienė, 2008). PSO vykdo

atsakomybę už įstatymais nustatytą poveikio aplinkai vertinimo procedūrų atlikimą. Dokumentų rengėjas, dažniausiai būna viešąjį konkursą laimėjęs juridinis ar fizinis asmuo, turintis kvalifikaciją vykdyti tokius vertinimus. Šiame procese subjektų grupės nagrinėja ataskaitą savo kompetencijų ribose ir teikia pastabas apie planuojamą vykdyti veiklą.

Dokumentų rengėjas, parengęs vertinimo ataskaitą, ją pateikia subjektams išvadoms gauti ir apie parengtą programą informuoja visuomenę ir Aplinkos apsaugos agentūrą. Gavusi dokumentus Agentūra patalpina savo svetainėje visuomenės susipažinimui. Subjektai gavę programą, ją išnagrinėja ir pateikia motyvuotas išvadas ar motyvuotus reikalavimus pataisyti. Jei buvo pastabų, jas pataisęs rengėjas pateikia subjektams pakartotiniam išvadų gavimui. Agentūra išnagrinėja subjektų išvadas bei įvertinus suinteresuotos visuomenės pasiūlymus pateikia savo sprendimą rašto forma. (žr. 3 pav.).

2. Tyrimo metodika

2.1 Daugiakriterinės analizės vertinimas

„Sprendimų priėmimas inžinerijos, pramonės, ekonomikos, finansų ir kitose srityse dažnai yra susijęs su neapibrėžtimi, kurią lemia tiek objektyvios, tiek subjektyvios priežastys“ (Simanavičienė, 2011). Sprendimų priėmimą sudaro labai daug etapų. Pirmiausia, gaunami pradiniai duomenys, kurie leidžia identifikuoti situacijos esmę. Tada randami esminiai kriterijai pagal kuriuos bus įvertintos analizuojamos situacijos variantai. „Apskritai sprendimų priėmimas yra samprotavimo procesas, galintis būti ir racionalus, ir iracionalus, paremtas aiškiai suformuluotomis ar tik numanomomis prielaidomis“ (Šarkutė, 2009).

Įvairiose srityse sprendimų priėmimui yra naudojami daugiakriteriniai metodai. Jie gali būti naudojami tiek išrenkant geriausią technologinį, inovacinį pasiūlymą, tiek priimant vadybinius sprendimus. „Daugiakriteriniai sprendimo priėmimo metodai išsiskiria iš kitų optimizavimo metodų tuo, kad sprendžiamuose uždaviniuose iškeliamas sprendimo tikslas: geriausios alternatyvos atranka iš keleto pasiūlytų variantų arba alternatyvų rangavimas vertinimo tikslo atžvilgiu“ (Podvezko, 2013). Jie yra skirti atrasti geriausią variantą pagal išskirtus kriterijus, kurie gali būti skirtingų dimensijų.

„Šiuo metu taikoma daug pačių įvairiausių, vienas nuo kito savo sudėtingumu besiskiriančių, daugiakriterinio (tiek kokybinio, tiek kiekybinio) vertinimo būdų“ (Ginevičius ir Podvezko, 2008). Pasaulyje sukurta nemažai daugiakriterinių sprendimo metodų, bet kol kas nėra nustatyta, kuris labiausiai tinka spręsti vienokio ar kitokio tipo uždavinius.

1 lentelė. Daugiakriterinių metodų klasifikacija

| Metodo tipas | Matavimai | Metodai |
|--|---|---------------------------------------|
| Naudingumo teorijos metodai | Skaitiniai įverčiai | SAW, TOPSIS, MOORA, COPRAS, ARAS |
| Analitinės hierarchijos ir neapibrėžtų aibių metodai | Kokybiniai vertinimai perskaičiuoti į skaitinį pavidalą | AHP, FUZZY TOPSIS |
| Lyginamieji preferencijos metodai | Kiekybinių ir kokybinių įvertinimų visuma | ELECTRE, PROMETHEE, TACTIC, UTA, MAUT |

Atsižvelgiant į turimą informaciją apie rodiklius, kuri gaunama iš sprendimą priimančio asmens, daugiakriteriniai metodai gali būti klasifikuojami į keturias metodų klases: metodai pagrįsti daugiakriterine naudingumo teorija, analitinės hierarchijos ir neapibrėžtų aibių metodai, lyginamosios preferencijos metodai ir verbalinės analizės sprendimų metodai (žr. 1 lentelę).

Daugiakriterinę sprendimo priėmimo analizę sudaro trys pagrindiniai žingsniai:

1. Rodiklių ir alternatyvų nustatymas;
2. Rodiklių reikšmingumo nustatymas;
3. Rodiklių skaitinių reikšmių apdorojimas ir alternatyvų rangų nustatymas (nuo geriausios ir mažiausiai priimtinos).

Analizėje galima išskirti trijų rūšių kriterijus- kritinius, kokybinius ir kiekybinius. Jei bent vienas iš tiriamų alternatyvų netenkina kritinio kriterijaus, tai šia alternatyvą galima atmesti.

Kiekybinius kriterijus galima įvertinti šiais būdais: normatyviniu, analogijos ir skaičiavimo (žiūrėti 2 lentelę).

2 lentelė. Kiekybinių kriterijų reikšmingumų nustatymo metodai

| | |
|--------------|--|
| Normatyvinis | Jų reikšmės gaunamos iš technologinių specifikacijų, teisės aktų ir kt. |
| Skaičiavimo | Reikšmingumai gaunami taikant teorines funkcijas, statistinius modelius bei formules. |
| Analoginis | Reikšmingumai gaunami, kai lyginama su analogu ir randami perskaičiavimo koeficientai, kurie padeda suteikti vertes kriterijams. |

Kokybinių kriterijų naudojimas daugiakriterinėje analizėje yra sudėtingesnis, nei kiekybinių. Kartais analizuojamu variantų kokybines vertes, gali būti neįmanoma paversti kiekybinėmis. Kokybinių kriterijų reikšmių priskyrimui taikomi modeliai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Kokybinių kriterijų reikšmingumų nustatymo metodai

| | |
|--------------|--|
| Ekspertinis | Nustatomi pagal ekspertų patirtį bei nuomonę. |
| Sociologinis | Nustatomi išanalizavus rengtas sociologines apklausas. |
| Skaičiavimo | Nustatomi pagal empirines formules bei teorines funkcijas. |

Daugumoje daugiakriterinės analizės metodu, reikia nustatyti kriterijų reikšmių svorius. „Kriterijų svoriai dažniausiai nustatomi remiantis subjektyviais vertinimais ir perteikia vieno sprendimų priėmėjo nuomonę ar ekspertų grupės apibendrintą nuomonę“ (Podvieszko, 2013). Ekspertinį vertinimą turi vykdyti ekspertai esantis nagrinėjamos srities profesionalais. „Ekspertinio vertinimo etapas gali būti įvardijamas, kaip vienas iš daugiakriterinio vertinimo metodų taikymo trūkumų, dėl galimo subjektyvumo“ (Baranauskienė ir Maziliauskas, 2012). Taikomi svorių nustatymo metodai pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Kriterijų svorių nustatymo metodai

| | |
|-------------------|---|
| Porinis lyginimas | Kiekvienas ekspertas surašo matricos stulpelių sankirtoje savo vertinimą. Pateikus visiems ekspertams vertinimus, susumuojami rezultatai ir gaunami kriterijų svoriai. |
| Rangavimas balais | Kiekvienas ekspertas suskirsto kriterijus nuo reikšmingiausio iki mažiausiai reikšmingo. Tarkime yra 5 kriterijai, tai jie bus suskirstyti nuo 5 iki 1 balo. 5 balus gauna reikšmingiausias, o 1 mažiausiai reikšmingas kriterijus. |

Šiame darbe buvo naudojami kiekybiniais matavimais pagrįsti sprendimo priėmimo metodai:

1. Daugiakriterinio optimizavimo santykinų dydžių analizės pagrindu metodas (MOORA);
2. Kompleksinio proporcingumo vertinimo metodas (COPRAS);
3. Artumo idealiam taškui metodas (TOPSIS).

2.2 Daugiakriterinio optimizavimo santykinų dydžių analizės pagrindu metodas

Daugiakriterio optimizavimo santykinų dydžių analizės pagrindu metodas naudojamas, kai turima matrica yra su skirtingomis alternatyvų reikšmėmis. Šį metodą sudaro dvi dalys: santykių skaičiavimas ir atskaitos taško metodo taikymas. „Santykių sistema leidžia normalizuoti duomenis ir suvienodinti skirtingas rodiklių matavimo sistemas ir dėl to nereikalingas išorinis normalizavimo mechanizmas“ (Brauers, 2008).

Metodą galima suskaidyti į šiuos etapus:

1. Nustatyti tikslą ir vertinimas savybes;
2. Sudaroma sprendimo matrica. Eilutės atitinka variantą, o stulpelis konkretų kriterijų;
3. Palyginamos kiekvieno kriterijaus vertės su visais jo:

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

Čia \bar{x}_{ij} – i-osios alternatyvos, j-ojo efektyvumo rodiklio reikšmė

4. Ieškomas indeksas:

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g \bar{x}_{ij} - \sum_{j=g+1}^m \bar{x}_{ij} \quad (2)$$

5. Siekiant padidinti sprendimo priėmimo tikslumą papildomai dauginama iš atitinkamo reikšmingumo koeficiento, kuris gali būti gaunamas AHP arba entropijos metodu;
6. Indekso vertė gali būti teigiama arba neigiama, priklausomai nuo to ar siekiama maksimizuoti ar minimizuoti.

Geriausia alternatyva – didžiausios vertės, blogiausia alternatyva – mažiausios vertės.

2.3 Kompleksinio proporcingumo vertinimo metodas

Kompleksinio proporcingumo vertinimo metodas taikomas, tada kai reikia suderinti skirtingas alternatyvas bei sudėlioti jų eiliškumą. Šio metodo gaunami rezultatai priklausomi nuo sudarytos rodiklių sistemos, jų verčių bei kriterijų svorių. Šiuos duomenis gali pakeisti asmenys, kuriems yra svarbus, šiuo metodų gaunamas rezultatas.

Metodą galima suskaidyti į šiuos etapus:

1. Sukūriama sprendimų priėmimo matrica. Gautos kriterijų reikšmės, paverčiamos bemačiais vienetais.
2. „Lyginamų variantų santykinis reikšmingumas (efektyvumas) nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis ir neigiamomis savybėmis“ (Zavadskas ir Kaklauskas 1996):

$$S_{-j} = \sum_{i=1}^m x_{-ij}, (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}); \quad (3)$$

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m x_{+ij}, (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}); \quad (4)$$

Čia S_{-j} – minimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma;

S_{+j} – maksimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma;

m – kriterijų skaičius.

3. Nustatomas alternatyvų prioritetiškumas. Juo didesnis Q_j , tuo derybų varianto efektyvumas (prioritetiškumas) yra didesnis (Zavadskas ir Kaklauskas 1996):

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-j} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{S_{-i}}{S_{-min}}}{S_{-j} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{S_{-i}}{S_{-i}}}, i = \overline{1, m}; \quad (5)$$

Čia Q_j – alternatyvų santykinis reikšmingumas;

4. Apskaičiuojamas kiekvienos alternatyvos naudingumo laipsnis. „Alternatyvos naudingumo laipsnis išreiškia šia alternatyva suinteresuotų grupių tikslų pasiekimo lygį“ (Zavadskas ir Kaklauskas 1996).

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{max}} \cdot 100\%; \quad (6)$$

Čia N_j – projekto alternatyvų naudingumo laipsnis.

Kompleksinio proporcingo vertinimo metodu gana paprasta įvertinti, paskui ir išrinkti racionalų variantą, aiškiai matant šio proceso rezultato fizinę prasmę.

2.4 Artumo idealiam taškui metodas

Idealiojo taško artumo nustatymo daugiakriterinio vertinimo metodas, laikosi prielaidos, kad optimali alternatyva yra mažiausiai nutolusi nuo idealaus sprendinio ir labiausiai nutolusi nuo blogiausio sprendinio. Tarkime, kad kiekvieno rodiklio reikšmės nuolat didėja arba nuolat mažėja. Tada galima nustatyti idealiai geriausią sprendimą, kuris yra sudarytas iš geriausių rodiklių reikšmių, ir idealiai blogiausią sprendimą, kuris yra sudarytas iš blogiausių rodiklių reikšmių.

Metodą sudaro 6 etapai:

1. Sudaroma sprendimų matrica;
2. Sudaroma normalizuota matrica:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, (j = \overline{1, n}); \quad (7)$$

Čia \bar{x}_{ij} – i-osios alternatyvos, j-ojo efektyvumo rodiklio reikšmė.

3. Sudaroma normalizuota pasverta matrica:

$$\bar{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot q_i, (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}); \quad (8)$$

Čia \bar{x}_{ij} – normalizuotas, bedimensinis skaičius.

4. Nustatoma geriausia ir blogiausia alternatyva:

$$A^+ = \{(\max x | j \in J), (\min x_{ij} | j \in J') | i = \overline{1, m}\}; \quad (9)$$

$$A^- = \{(\min x_{ij} | j \in J), (\max x_{ij} | j \in J') | i = \overline{1, m}\}; \quad (10)$$

Čia J – rodiklių, kurių didesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė;

J' – rodiklių, kurių mažesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė.

5. Nustatomas atstumas tarp lyginamosios i-tosios ir blogiausios bei geriausios alternatyvos;

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - A_j^+)^2}, i = \overline{1, m} \quad (11)$$

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - A_j^-)^2}, i = \overline{1, m} \quad (12)$$

Čia L_i^+ – rodiklis, parodantis koks yra atstumas tarp tiriamos alternatyvos ir idealiai geriausios alternatyvos;

L_i^- – rodiklis, parodantis koks yra atstumas tarp tiriamos alternatyvos ir idealiai blogiausios alternatyvos;

6. Nustatomas racionalumo indeksas:

$$\bar{K}_i = \frac{L_i^-}{L_i^- + L_i^+}; \quad (13)$$

Šis metodas yra tinkamas, kai alternatyvų sprendimo priėmimui reikia daug kriterijų. „Skaičiuojant TOPSIS metodu trumpiausią atstumą iki idealaus teigiamo sprendinio ir ilgiausią atstumą iki idealaus neigiamo sprendinio, nepakankamai įvertinami tų atstumų santykiniai reikšmingumai“ (Poška, 2008).

3. Tyrimo eiga ir rezultatai

3.1 Pagrindinių kriterijų pasirinkimas

Šiame darbe norint išanalizuoti optimalios elektros perdavimo tinklo projekto įgyvendinimo alternatyvos pasirinkimo iš kitų alternatyvų sprendimo priėmimo aspektą reikia išskirti pagrindinius kriterijus lemiančius galutinio sprendimo priėmimą. Vertinant skirtingas pasirinkimo galimybes reikia naudotis kriterijais, kurie atspindi sprendimo priėmimo galutinį tikslą. Kadangi elektros perdavimo tinklų įrengimą ir eksploatavimą reglamentuoja teisės aktai, tai jie turi didelę įtaką kriterijų pasirinkimui.

Elektros perdavimo linijų trasos tęsiasi šimtus kilometrų ir dažnai numatant jų trasą nepavyksta išvengti saugomų teritorijų bei kultūros paveldo objektų ir jų apsaugos zonų. Šios teritorijos sukelia papildomų iššūkių projekto įgyvendinimo galimybei ir gali pakoreguoti projekto vietą bei perdavimo infrastruktūros mastą, konstrukcija ar konfigūracija. „Patirtis parodė, kad ankstyvame sprendimų priėmimo etape atsižvelgus į aplinkosauginius aspektus, sprendimą galima rasti dar net neapsvarsčius visų galimų variantų“ (Europos komisija, 2018). Tik atsižvelgus į galimą neigiamą poveikį aplinkai, valstybės bei NATURA 2000 saugomoms teritorijoms, atitiktį savivaldybių teritorijų bendriesiems planams, gali būti identifikuota elektros perdavimo tinklo trasos alternatyva. Dėl to galima daryti išvadą, kad sprendimo priėmimui reikia atsižvelgti į šiuos du kriterijus- poveikį kultūros paveldo teritorijoms ir poveikį saugomoms teritorijoms.

Statant naujus elektros perdavimo tinklus ar rekonstruojant juos, reikia įvertinti apsaugos zonos atsiradimą ar jos išsiplėtimą. Kadangi juose be perdavimo tinklo operatoriaus raštiško sutikimo negalima statyti, kapitališkai remontuoti, rekonstruoti arba griauti statinių ir kitų inžinerinių tinklų, vertinant alternatyvas reikia įvertinti gyvenamąją aplinką, kiek įgyvendinus projekto alternatyvą gyvenamųjų namų patektų į apsaugos zoną. Patekę statiniai į apsaugos zoną turėtų atitikti „Elektros įrenginių įrengimo bendrųjų taisyklių“ keliamus reikalavimus. Daugiausia problemų gali kilti dėl metalinių ir vielinių tvorų, nes perdavimo tinklo operatorius reikalautų jų įžeminimo. O tai savininkams kainuotų papildomų lėšų, dėl ko gali kilti visuomenės pasipriešinimas.

Prieš projektinėje stadijoje reikėtų nepamiršti įsivertinti, koks galimas servitūtų nustatymo poreikis. Prioritetas rasti tokią alternatyvą, kuri leistų išvengti jų. Kiekvienas reikalingas servitutas yra kliūtis ilginanti įgyvendinimo procesą. Servituto pasirašymo procesas ilgas ir gali užtrukti iki metų ar net ilgiau. Dėlto tai svarbus kriterijus leidžiantis pasirinkti tinkamą variantą.

Jei rekonstruojama jau esama 330 kV oro linija labai svarbu, kad kuo trumpesnį laikotarpį būtų sumažintas pastotės maitinimo patikimumas. Patikimumo sumažinimu laikoma, kai pastotė maitinama per vieną 330 kV oro liniją. Pirmenybė teikiama tiems projektų sprendiniams, kurie leistų rekonstrukciją atlikti etapais. Iš čia išryškėja dar vienas kriterijus, tai atjungimo trukmė.

Kaip ir kiekvienoje srityje, taip ir energetikos projektuose apskaičiavimas statybos kainos įvertinant išlaidas- būtinas statytojo, šiuo atveju perdavimo tinklo operatoriaus, žingsnis. Žinoti statybos kaštus svarbu dėlto, kad reikia PSO suplanuoti reikalingų investicijų kiekį bei šaltinius jam gauti. Dėl tos priežasties prieš projektinėje stadijoje renkantis optimaliausią projekto alternatyvą iš esamų, svarbu atkreipti statybos kainos kriterijų.

Būtų galima detalizuoti ir taip išskirti daugiau rodiklių, bet geriausios alternatyvos pasirinkimui pilnai užtenka ir šių šešių pagrindinių kriterijų:

1. Poveikio gyvenamajai aplinkai;
2. Poveikio kultūros paveldo teritorijoms;
3. Poveikio saugomoms teritorijoms;
4. Servitutų nustatymo poreikio;
5. Atjungimo trukmės;
6. Statybos kainos.

Sprendimų matricoje kriterijai skirstomi i dvi grupes: kiekybinius ir kokybinius. Kokybiniai rodikliai, tai tokie rodikliai, kurie vertinami asmens potyriais. Jie tarsi aprašymas arba rangavimas, apibūdinantis reiškinio ar tendencijos savybes. Tai gali būti skonis, kvapas ar kraštovaizdis. Kiekybiniai rodikliai yra objektyvus, apskaičiuojami ar išmatuojami. Tai gali būti kaina, saugomų teritorijų plotas ir kita. Juos reikėtų skirti nuo standarto – skaičiais išreikšto reikalavimo. Iš išskirtų šešių kriterijų, matome, kad visi jie yra kiekybiniai.

5 lentelė. Pagrindiniai vertinimo kriterijai ir jų matavimo vienetai

| Eil. Nr. | Kriterijus | Matavimo vnt. |
|----------|--|---|
| 1 | Poveikis gyvenamajai aplinkai | Gyvenamieji namai, vienetų skaičius |
| 2 | Poveikis kultūros paveldo teritorijoms | Oro linijos apsaugos zonos plotas (hektarai), patenkantis į Kultūros paveldo teritorijų apsaugos zoną |
| 3 | Poveikis saugomoms teritorijoms | Oro linijos apsaugos zonos plotas (hektarai), patenkantis į saugomas teritorijas |
| 4 | Servitutų nustatymo poreikis | Servitutų plotas, hektarai |
| 5 | Atjungimo trukmė | Dienų skaičius |
| 6 | Statybos kaštai | Eurai |

3.2 Kriterijų svorių nustatymas

Norint gauti tikslius daugiakriterinės analizės rezultatus pasirinktiems kriterijams, reikia nustatyti jų reikšmingumus. „Nagrinėjamą projekto gyvavimo procesą galima apibūdinti tik remiantis daugelio skirtingą prasmę ir dimensijas turinčių kriterijų sistema. Dėl tokios kriterijų įvairovės yra sunku tiesiogiai lyginti projektus“ (Kaklauskas ir Lepkova, 2001, p. 27). Dėlto reikia išskirti, kurie yra labiau svarbūs, o kurie mažiau svarbūs. Kriterijų reikšmės yra nustatomos remiantis alternatyvų duomenimis, o kriterijų reikšmingumai apskaičiuojami remiantis ekspertų įvertinimais (Zavadskas ir Kaklauskas, 1996).

Darbe reikšmingumo nustatymui buvo naudojama ekspertų apklausa. Buvo apklausti 27 ekspertai, kuriuos sudarė energetikos įmonių projektų vadovai, darbų vadovai ir inžinieriai, dalyvaujantis perdavimo tinklų projektų įgyvendinimo procesuose. Svorių vertinimui buvo naudojamos 27 anketos, nes visos jos buvo užpildytos teisingai.

Ekspertas apklausoje turėjo kiekvienam kriterijui priskirti balą nuo 1 iki 6. Svarbiausias kriterijus įgyja 6 balų reikšmę, o mažiausiai reikšmingam kriterijui suteikiama 1 balo įvertinimas. Visus rezultatus įvertinus, buvo sudaryta ekspertų vertinimo apklausos lentelė 6

6 lentelė. Ekspertų apklausos rezultatai

| Kriterijus | Ekspertas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Iš viso: |
|------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | |
| 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 6 | 2 | 1 | 1 | 6 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 63 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | 3 | 1 | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 52 |
| 3 | 5 | 3 | 3 | 6 | 6 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 80 |
| 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 102 |
| 5 | 4 | 5 | 6 | 4 | 1 | 5 | 4 | 5 | 3 | 6 | 5 | 4 | 6 | 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 6 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 127 |
| 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 6 | 6 | 6 | 5 | 4 | 4 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 3 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 144 |
| Iš viso: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 568 | |

Remiantis apklausos rezultatais buvo apskaičiuotas kiekvieno rodiklio reikšmingumo svoris.

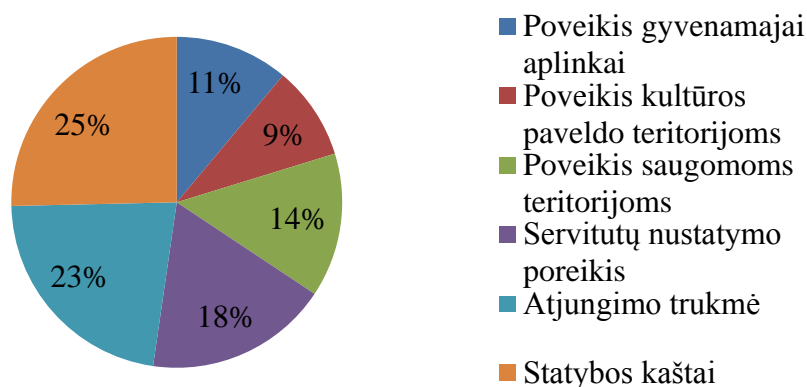
7 lentelė. Kriterijų reikšmingumas, procentais

| Eil. Nr. | Kriterijus | Svoris, proc. |
|----------|--|---------------|
| 1 | Poveikis gyvenamajai aplinkai | 11,1 |
| 2 | Poveikis kultūros paveldo teritorijoms | 9,2 |
| 3 | Poveikis saugomoms teritorijoms | 14,1 |
| 4 | Servitutų nustatymo poreikis | 18,0 |
| 5 | Atjungimo trukmė | 22,4 |
| 6 | Statybos kaštai | 25,4 |

Apdorojus apklausos duomenis akivaizdu, kad svarbiausiais dvejais kriterijais tapo- statybos kaštai ir atjungimo trukmė. Statybos kaštai net 14 anketų buvo pažymėti kaip svarbiausi, o antru pagal svarbą- 9. Tokia ekspertų nuomonė, parodo, kad kaina gali nulemti projekto sprendinius. Atjungimo trukmė kaip svarbiausia pažymėjo 7 apklaustieji, o antru pagal svarbumą- 10. Tokiai ekspertų nuomonei

galėjo turėti įtakos galimybė kilus avarijai maitinančioje linijoje likti be elektros. Šie kriterijai beveik lygiaverčiai, nes juos skiria tik 2 procentiniai punktai.

Kriterijų reikšmingumas, procentais



4 pav. Kriterijų reikšmingumas, procentais

Vidutinės svarbos kriterijumi buvo išskirtas servitutų nustatymo poreikis. Tokiai nuomonei susidaryti, galėjo padėti ankstesnė ekspertų patirtis, kai buvo iškilusių problemų sudarant servitutus. Apklausoje buvo 1 apklaustasis, kuris šį kriterijų pažymėjo kaip svarbiausią. Dar 3 pažymėjo, kaip antrą pagal svarbumą.

Mažiausiai įvertinti liko poveikis saugomoms teritorijoms, poveikis gyvenamajai aplinkai bei poveikis kultūros paveldo teritorijoms. Tačiau jų atotrūkis tarpusavyje nėra didelis. Kai kurie korespondentai juos net buvo išskirę kaip svarbiausius. Poveikiui gyvenamajai aplinkai 6 balus suteikė net 3 žmonės, o poveikiui saugomoms teritorijoms 2 apklaustieji. Tokius rezultatus galėjo lemti jų asmeninė patirtis.

3.3 Ekspertų nuomonės suderinamumas

Naudojant daugiakriterinius metodus ir nustačius kriterijų svorius, svarbu įvertinti ekspertų nuomonių suderinamumą. Kadangi svoriu verčių apsibrėžimui didžiausią įtaką turi ekspertų apklausos rezultatai. „Ekspertų nuomonės ir požiūris į sprendžiamą problemą dažnai skiriasi, gali būti ir prieštaringi. Jeigu reikia priimti sprendimą ekspertų vertinimų pagrindu, būtina įvertinti ekspertų nuomonių suderinamumo laipsnį“ (Podviezko, 2013, p. 102). Suderinamumui įvertinti bus naudojamas konkordancijos koeficientas.

Visus rezultatus įvertinus, buvo sudaryta ekspertų nuomonės suderinamumo skaičiavimo rezultatų lentelė 8.

8 lentelė. Ekspertų nuomonės suderinamumo skaičiavimų rezultatai

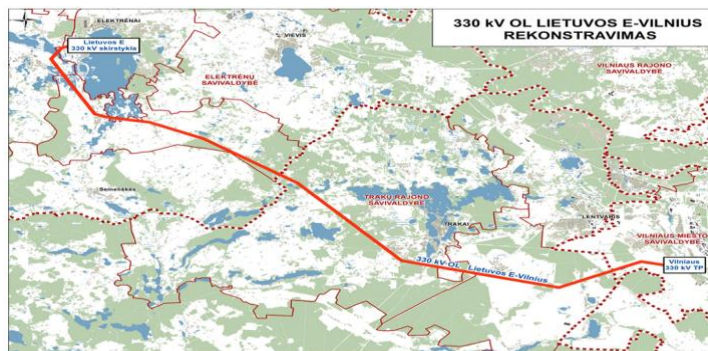
| Kriterijus | Vidutinė kriterijaus vertinimo reikšmė | Kriterijaus reikšmingumas |
|--|---|---------------------------|
| Poveikis gyvenamajai aplinkai | 2,33 | 0,11 |
| Poveikis kultūros paveldo teritorijoms | 1,93 | 0,09 |
| Poveikis saugomoms teritorijoms | 2,96 | 0,14 |
| Servitutų nustatymo poreikis | 3,78 | 0,18 |
| Atjungimo trukmė | 4,70 | 0,22 |
| Statybos kaštai | 5,33 | 0,25 |
| Iš viso: | 21,04 | 1,00 |
| | Bendras ekspertų suteiktų balų skaičius | 568 |
| | Kriterijų sumos vidurkis | 94,67 |
| | Nuokrypio kvadratų suma | 6571,33 |
| | Ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientas | 0,52 |
| | Konkordancijos koeficiento reikšmingumas | 69,54 |

Kaip matome ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientas yra lygus 0,52 ir jis yra didesnis už 0. Todėl galima teigti, kad nuomonės suderintos. Tačiau reikia patikrinti šio koeficiento įtaką. Jo gauta skaitinė vertė lygi 69,54. Iš X^2 skirstinio P-osios kritinės reikšmės lentelės randame, kad jis lygus 16, kai 6 kriterijai ir reikšmingumo lygis 1% (Kruopis, 1993). Apskaičiuotas konkordancijos koeficiento reikšmingumas yra didesnis už kritinę reikšmę rastą lentelėje, todėl ekspertų suderintų ranžiruočių hipotezė priimama. Galima teigti, kad ekspertų nuomonės suderintos.

3.4 Tiriama objekto aptarimas

Esama viengrandė 330 kV elektros oro linija „Lietuvos E-Vilnius“ rekonstruojama į dvigrandę elektros oro liniją esamos elektros oro linijos apsaugos zonos ribose, išlaikant minimalius leistinus norminius ir technologinius atstumus tarp elektros laidų (UAB „Ardynas“, 2017).

Prieš numatoma rekonstrukcija 330 kV oro linija „Lietuvos E- Vilnius“ buvo suprojektuota ir pastatyta 1963 metais. Bendras jos ilgis 41,4 km ir ja sudaro 120 vienetų atramų (UAB „Ardynas“, 2017). Šios linijos rekonstravimo priežastis Vilniaus regiono maitinimo patikimumo padidinimas, kurio reikia įgyvendinant Baltijos šalių energetikos projektą- elektros energetikos sistemos sujungimą su kontinentinės Europos tinklais darbui sinchroniniu režimu.



5 pav. 330 kV oro linijos „Lietuvos E-Vilnius“ situacijos schema

Taigi visa oro linijos trasa buvo suskaidyta į atkarpas (UAB „Ardynas“, 2017):

1. Pirmoji atkarpa, kuri yra esama LN 332 Vilnius linija (330 kV). Pradžia -Lietuvos elektrinė, pabaiga -atrama Nr.26.
2. Antroji atkarpa, kuri yra esama 330 kV LN 331 Neris linija. Pradžia- Lietuvos elektrinė, pabaiga- atrama Nr.30.
3. Trečioji atkarpa, kuri yra esama 330 kv LN 332 Vilnius linija. Pradžia- atrama Nr.26, pabaiga- Vilniaus TP.

„Kadangi buvo numatyta 330 kV oro linijos „Lietuvos E-Vilnius“ rekonstrukcija vykdyti esamame inžinerinės infrastruktūros koridoriuje, esamų elektros oro linijų apsaugos zonos ribose, buvo numatytos dvi galimos alternatyvos“ (UAB „Ardynas“, 2017):

:

1. Pirmoji alternatyva, kuri susideda iš pirmos ir trečios atkarpos. Visa dvigrandė 330 kV elektros oro linija statoma esamos viengrandės elektros oro linijos LN 332 „Lietuvos E-Vilnius“ vietoje, išlaikant esamą apsaugos zoną;
2. Antroji alternatyva, kuri susideda iš antros ir trečios atkarpos. Dvigrandė 330 kV elektros oro linija nuo Lietuvos elektrinės iki atsišakojimo atramos Nr. 30 statoma esamos viengrandės LN 331 „Lietuvos E- Neris“ vietoje išlaikant esamą apsaugos zoną. Nuo atramos Nr. 30 iki Vilniaus TP dvigrandė 330 kV elektros oro linija statoma esamos viengrandės elektros oro linijos LN 332 „Lietuvos E-Vilnius“ vietoje. Šioje alternatyvoje panaudojama ir kitos linijos trasa, bandant gauti efektyvesnę projektą.

Pagal daugiakriterinės analizės metodus sukurtas modelis bus pritaikytas šio objekto optimaliausios alternatyvos radimui. Tyrimo metu gautas rezultatas (rangavimo eilutė) parodys, ar tikslinga keičiant viengrandę oro liniją į dvigrandę įsivertinti ir tokia alternatyva, kai panaudojama dalis šalia einančios viengrandės linijos, o ne tik statoma esamos linijos vietoje.

3.5 Pradinių uždavinio duomenų pagrindimas

Kadangi viešai prieinamame „330 KV oro linijos Lietuvos E-Vilnius rekonstravimas“ poveikio aplinkai vertinime pateikta 330 kV OL Lietuvos E-Vilnius situacijos schema buvo galima išsinagrinėti abiejų alternatyvų trases. Pirmasis nagrinėjamas kriterijus yra poveikis gyvenamajai aplinkai. Naudojantis regionų geoinformacinės aplinkos paslauga buvo išnagrinėta, kiek gyvenamųjų namų patenka į alternatyvų apsaugos zonas. Į pirmos alternatyvos apsaugos zoną patenka 6 gyvenamieji namai, o į antros alternatyvos apsaugos zoną patenka 5 namai.

9 lentelė. Alternatyvų padėtis gyvenamųjų namų atžvilgiu

| Eil. Nr. | Adresas | Pirmoji alternatyva | Antroji alternatyva |
|------------|--|---------------------|---------------------|
| 1 | Medžiotojų g. 1, Žaizrių k., Trakų r. sav. | + | + |
| 2 | Žaizdrių g. 16, Žaizdrių k., Trakų r. sav. | + | + |
| 3 | Ežero g. 34, Mustėnų k., Elektrėnų sav. | + | + |
| 4 | Pievų g., Senųjų Kietaviškių k., Elektrėnų sav. | + | - |
| 5 | Pievų g. 11, Senųjų Kietaviškių k., Elektrėnų sav. | + | - |
| 6 | Pievų g. 7, Senųjų Kietaviškių k., Elektrėnų sav. | + | + |
| 7 | Obenių g. 18, Obenių k. Elektrėnų sav. | - | + |
| Rezultatas | | 6 | 5 |

Norint įvertinti poveikį kultūros paveldo teritorijoms buvo pasitelkta regionų geoinformacinės aplinkos paslauga bei kultūros paveldo teritorijų žemėlapis. 330 kV oro linijos Lietuvos E-Vilnius trasa kerta keturias paveldo saugomas teritorijas - Daniliškių piliakalnį su gyvenvieta, Vokietijos karių kapinės, Senųjų Trakų kaimo istorinę dalį, Senųjų trakų piliavietę su papiliu. Kadangi nagrinėjamų alternatyvų, tramos šiose vietose vienodos, tai abiejų apsaugos zonų plotas patenkantis į paveldo saugomas teritorijas yra 4,20 hektarai.

10 lentelė. Alternatyvų padėtis kultūros paveldo teritorijų atžvilgiu

| Eil. Nr. | Pavadinimas | Pirmoji alternatyva Oro linijos apsaugos zonos plotas (hektarai), patenkantis į Kultūros paveldo teritorijų apsaugos zoną | Antroji alternatyva Oro linijos apsaugos zonos plotas (hektarai), patenkantis į Kultūros paveldo teritorijų apsaugos zoną |
|--------------------------|--------------------------------------|--|--|
| 1 | Daniliškių piliakalnis su gyvenvieta | 2,00 | 2,00 |
| 2 | Vokietijos karių kapinės | 0,20 | 0,20 |
| 3 | Senųjų Trakų kaimo istorinė dalis | 1,00 | 1,00 |
| 4 | Senųjų Trakų piliavietė su papiliu | 1,00 | 1,00 |
| Bendras plotas, hektarai | | 4,20 | 4,20 |

Dar vienas kriterijus lemiantis vienos iš alternatyvų pasirinkimą yra poveikis saugomoms teritorijoms. „Ekologinės apsaugos prioriteto saugomos teritorijos, išskiriamos norint išvengti neigiamo poveikio saugomiems gamtos kompleksams bei objektams arba neigiamo antropogeninių objektų poveikio aplinkai. Šiai kategorijai priskiriamos ekologinės apsaugos zonos“ (Taparauskienė, 2008, p. 11). Norint išsiaiškinti jų vietas buvo pasitelkta regionų geoinformacinės aplinkos paslauga ir jos dėka buvo nustatyta, kad alternatyvos iš viso kerta septynias skirtingų rūšių saugomas teritorijas. Į pirmos alternatyvos apsaugos zoną patenka 92,04 hektarų saugomų teritorijų, o į antros alternatyvos apsaugos zoną patenka 91,67 hektarų tokių teritorijų.

11 lentelė. Alternatyvų padėtis saugomų teritorijų atžvilgiu

| Eil. Nr. | Saugoma teritorija | Pirmos alternatyvos, oro linijos apsaugos zonos plotas (hektarai), patenkantis į saugomas teritorijas | Antros alternatyvos, oro linijos apsaugos zonos plotas (hektarai), patenkantis į saugomas teritorijas |
|--------------------------|---|---|---|
| 1 | Ilgio ornitologinis draustinis | 3,00 | 2,67 |
| 2 | EB svarbos gamtinių buveinių kriterijus atitinkančios teritorijos | 5,11 | 4,75 |
| 3 | Trakų nacionalinis parkas | 69,21 | 69,21 |
| 4 | Daniliškių kaimo architektūrinis draustinis | 3,10 | 3,10 |
| 5 | Daniliškių kaimo archeologinis draustini | 1,6 | 1,6 |
| 6 | Plomėnų ornitologinis draustinis | 0,80 | 0,80 |
| 7 | Senųjų Trakų archeologinis draustinis | 9,33 | 9,33 |
| Bendras plotas, hektarai | | 92,04 | 91,67 |

Šiuo atveju servitutų nustatymo poreikio tiek pirmajai, tiek antrajai alternatyvai nėra. Kadangi jų trasos renkamos taip, kad kuo mažiau išeitų iš rekonstruojamos linijos apsaugos zonų. Tačiau šis kriterijus svarbus, tada kai tiesiama nauja linija ar koreguojama jau esamos linijos trasa. Tai šis kriterijus svarbus sukurto modelio funkcionalumui, esant kitokiems nei tiriamame objekte techniniams įgyvendinimo sprendiniams.

Remiantis panašių projektų įgyvendinimo gerąja patirtimi Europoje buvo nustatyta kiek kiekviena alternatyva lems, veikiančių elektros įrenginių atjungimo trukmę oro linijos statybos metu. Įgyvendinant pirmąją alternatyvą rekonstruojama linija bus atjungta 350 dienų, o vykdant antrąją alternatyvą bus atjungta 320 dienų. Aišku, tai yra apytiksliai duomenys, bet jie įtakos daugiakriterinės metodikos pritaikymui neturės.

Pirmai ir antrai alternatyvai galime paskaičiuoti tik preliminarias statybos kainas. Kadangi oro linijų rekonstravimo kainos nėra viešai skelbiamos. Norint įvertinti šios linijos rekonstravimo statybos kaštus, reikės remtis užsienio šalių patirtimi. Norvegijoje ir Šveicarijoje viengrandės 380 kV oro linijos statybos kaina vienam kilometrui yra 250000 eurų, o tokios pat įtampos dvigrandės kilometras kainuoja 400000 eurų (Europos komisija, 2003). Apžvelgus Vokietijos projektų kainas, pastebėta, kad vienas kilometras 380 kV dvigrandės oro linijos kainuoja 380000 eurų (Tarptautinė energetikos agentūra, 2014). Kaimyninėje Lenkijoje 380 kV dvigrandės linijos statybos kaina 650000 km/eur (Lenkijos perdavimo operatorius, 2015). Naudoti Europos šalių kainas sudėtinga dėl labai skirtingų linijų kainų įvairiuose šalyse, kurios priklauso nuo perduodamos galios, ilgio ir trasos sąlygų. Tačiau mes imsime keturių šalių kainų vidurkį su 15 procentiniu prieaugiu dėl kainų kilimo. Tai gauname, kad vienas kilometras kainuos 529000 eurų. Taigi pirmosios alternatyvos statybos kaštai bus lygus 21847700 eurų, o antros 22101620 eurams.

Remiantis pasirinktomis elektros perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo alternatyvomis bei atrinktų kriterijų vertėmis, sudaroma pradinė uždavinio lentelė su duomenimis, kuriais remiantis bus atliekama modelio pritaikymas (žiūrėti 3.4.4 lentelę).

12 lentelė. Pradiniai alternatyvų duomenys

| Kriterijai | Kriterijaus svoris | Alternatyvos | |
|--|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | Pirmoji alternatyva | Antroji alternatyva |
| Poveikis gyvenamajai aplinkai | 0,11 | 6 | 5 |
| Poveikis kultūros paveldo teritorijoms | 0,09 | 4,20 | 4,20 |
| Poveikis saugomoms teritorijoms | 0,14 | 92,04 | 91,67 |
| Servitutų nustatymo poreikis | 0,18 | 0 | 0 |
| Atjungimo trukmė | 0,22 | 350 | 320 |
| Statybos kaštai | 0,25 | 21847700 | 22101620 |

3.6 Alternatyvų parinkimas taikant kompleksinio proporcingumo vertinimo metodiką

Atliekant daugiakriterinę sprendinių priėmimo analizę būtina išanalizuoti visus galimus derinius. Turint pradinį duomenį taikant šį metodą reikalinga sudaryti normalizuotą sprendinių priėmimo matricą, bet tam reikia iš lyginamųjų rodiklių gauti bedimensinius, įvertintus dydžius.

Uždavinio matricos elementai normalizuojami pagal formulę:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}); \quad (14)$$

Čia \bar{x}_{ij} – normalizuotas, bedimensinis skaičius, priklausantis intervalui $[0,1]$ ir apibrėžia normalizuotą

i-osios alternatyvos, j-ojo efektyvumo rodiklio reikšmę;

x_{ij} – i kriterijaus reikšmė j sprendimo variante;

m – kriterijų skaičius;

n – lyginamųjų variantų skaičius;

g_i – i kriterijaus svoris.

$$\bar{x}_{11} = \frac{6}{6+5} = 0,06; \quad (15)$$

Kitos reikšmės apskaičiuojamos analogiškai.

Žinant juos, galima palyginti visus skirtingų matavimo vienetų rodiklius. Kiekvieno kriterijaus gautų bedimensinių reikšmingumų suma lygi šio kriterijaus svoriui. Kitaip sakant, nagrinėjamo kriterijaus svoris proporcingai paskirstomas visiems alternatyviems variantams, atsižvelgiant į jų reikšmes.

13 lentelė. Pradiniai alternatyvų duomenys bedimensiniais dydžiais

| Kriterijai | * | Kriterijaus svoris | Matavimo vienetai | Alternatyvos | |
|--|---|--------------------|---|---------------------|---------------------|
| | | | | Pirmoji alternatyva | Antroji alternatyva |
| Poveikis gyvenamajai aplinkai | - | 0,11 | Gyvenamieji namai, vienetų skaičius | 0,060 | 0,050 |
| Poveikis kultūros paveldo teritorijoms | - | 0,09 | Oro linijos apsaugos zonos plotas (hektarai), patenkantis į Kultūros paveldo teritorijų apsaugos zoną | 0,045 | 0,045 |
| Poveikis saugomoms teritorijoms | - | 0,14 | Oro linijos apsaugos zonos plotas (hektarai), patenkantis į saugomas teritorijas | 0,070 | 0,070 |
| Servitutų nustatymo poreikis | - | 0,18 | Servitutų plotas, hektarai | 0,000 | 0,000 |
| Atjungimo trukmė | - | 0,22 | Dienų skaičius | 0,115 | 0,105 |
| Statybos kaštai | - | 0,25 | Eurai | 0,124 | 0,126 |

Apskaičiuojami alternatyvas apibūdinančios minimizuojamčių ir maksimizuojančių normalizuotų rodiklių sumos. Jos apskaičiuojamos pagal:

$$S_{-j} = \sum_{i=1}^m x_{-ij}, (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}); \quad (16)$$

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m x_{+ij}, (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}); \quad (17)$$

Čia S_{-j} – minimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma;

S_{+j} – maksimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma;

m– kriterijų skaičius.

$$S_{-A1} = 0,06 + 0,045 + 0,07 + 0,115 + 0,124 = 0,41 \quad (18)$$

Kitos reikšmės apskaičiuojamos analogiškai. Nagrinėjamų kriterijų pagal kuriuos bus parinkta alternatyva, reikšmės yra geresnės, kai jos vertės mažesnės. Dėlto maksimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma bus lygi 0. Iš gautu rezultatų matyti, kad pagal minimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma antroji alternatyva nežymiai geresnė už pirmąją. Kuo mažesnis šis dydis tuo labiau yra pasiekiamas suinteresuotų grupių tikslas.

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-j} \cdot \sum_{i=1}^m S_{-i}}{S_{-j} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{S_{-i}}{S_{-i}^{min}}}, i = \overline{1, m}; \quad (19)$$

Čia Q_j – alternatyvų santykinis reikšmingumas;

$$Q_{A1} = \frac{0,40 \cdot (0,41 + 0,40)}{0,41 \cdot \left(\frac{0,40}{0,41} + \frac{0,40}{0,40}\right)} = 0,40; \quad (20)$$

$$Q_{A2} = \frac{0,40 \cdot (0,41 + 0,40)}{0,40 \cdot \left(\frac{0,40}{0,41} + \frac{0,40}{0,40}\right)} = 0,41; \quad (21)$$

Kuo didesnis alternatyvos reikšmingumas, tuo variantas efektyvesnis. Mūsų atveju jis lygus minimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių sumos vertei, nes maksimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma bus lygi 0.

Tačiau suinteresuotas grupes domina labiau ne nagrinėjamų projektų reikšmingumas ar prioretitiškumas, bet tai koks yra alternatyvos naudingumo laipsnis ir kokia iš to išeinanti vertė. Nustačius ji galima pamatyti, kur efektyviau bus panaudoti pinigai.

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{max}} \cdot 100\%; \quad (22)$$

Čia N_j – projekto alternatyvų naudingumo laipsnis.

$$N_{A1} = \frac{0,40}{0,41} \cdot 100\% = 97,56 \%; \quad (23)$$

$$N_{A2} = \frac{0,41}{0,41} \cdot 100\% = 100 \%; \quad (24)$$

Iš dviejų elektros perdavimo tinklo projekto įgyvendinimo alternatyvų analizės matyti, kad geriausia alternatyva yra antroji. Iš skaičiavimų galima pastebėti, kad pirmas ir antras variantas naudingumo laipsniu skiriasi nežymiai tik 2,44 procentiniais punktais.

14 lentelė. Įvertinimo rezultatai

| Kriterijai | * | Kriterijaus svoris | Matavimo vienetai | Alternatyvos | |
|---|---|--------------------|--|---------------------|---------------------|
| | | | | Pirmoji alternatyva | Antroji alternatyva |
| Poveikis gyvenamajai aplinkai | - | 0,11 | Gyvenamieji namai, vienetų skaičius | 0,060 | 0,050 |
| Poveikis kultūros paveldo teritorijoms | - | 0,09 | Oro linijos apsaugos zonos plotas (hektarai) | 0,045 | 0,045 |
| Poveikis saugomoms teritorijoms | - | 0,14 | Oro linijos apsaugos zonos plotas (hektarai) | 0,070 | 0,070 |
| Servitutų nustatymo poreikis | - | 0,18 | Servitutų plotas, hektarai | 0,000 | 0,000 |
| Atjungimo trukmė | - | 0,22 | Dienų skaičius | 0,115 | 0,105 |
| Statybos kaštai | - | 0,25 | Eurai | 0,124 | 0,126 |
| Maksimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma | | | | 0,00 | 0,00 |
| Minimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma | | | | 0,41 | 0,40 |
| Alternatyvų santykinis reikšmingumas | | | | 0,40 | 0,41 |
| Alternatyvos naudingumo laipsnis | | | | 97,56 | 100 |
| Alternatyvos prioritetiškumas | | | | 2 | 1 |

Kompleksinio proporcingumo vertinimo metodika leidžia, nustatyti, kiek kartų alternatyva geresnė už kitą. Tačiau norint išsiaiškinti ar pirmoji alternatyva tikrai yra geriausia yra tikslinga pritaikyti dar vieną daugiakriterinės analizės metodą.

3.7 Alternatyvų parinkimas taikant išplėsto artumo idealiajam taškui metodika

Taikant išplėsto artumo idealiajam taškui metodą kaip ir kompleksinio proporcingumo metodikoje reikia sudaryti normalizuotų sprendinių priėmimo matricą. Lyginamųjų rodiklių skaitinės vertės turi būti paverstos bedimensiniais dydžiais. Šiuo atveju taikoma vektorinė normalizacija.

Uždavinio matricos elementai normalizuojami pagal formulę:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{l=1}^m x_{lj}^2}}, (j = \overline{1, n}); \quad (25)$$

Čia \bar{x}_{ij} – i-osios alternatyvos, j-ojo efektyvumo rodiklio reikšmė.

$$\bar{x}_{11} = \frac{6}{\sqrt{6^2+5^2}}, = 0,77; \quad (26)$$

Kitos reikšmės apskaičiuojamos analogiškai.

15 lentelė. Pradiniai alternatyvų duomenys bedimensiniais dydžiais taikant vektorinę normalizaciją

| Kriterijai | Kriterijaus svoris | Alternatyvos | |
|--|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | Pirmoji alternatyva | Antroji alternatyva |
| Poveikis gyvenamajai aplinkai | 0,11 | 0,77 | 0,64 |
| Poveikis kultūros paveldo teritorijoms | 0,09 | 0,71 | 0,71 |
| Poveikis saugomoms teritorijoms | 0,14 | 0,71 | 0,71 |
| Servitutų nustatymo poreikis | 0,18 | 0,00 | 0,00 |
| Atjungimo trukmė | 0,22 | 0,74 | 0,67 |
| Statybos kaštai | 0,25 | 0,70 | 0,71 |

Turint bedimensius dydžius skaičiuojama svertinė normalizuota sprendimo priėmimo matrica, kuri sudaroma normalizuota matrica dauginant iš kriterijaus svorio:

$$\bar{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot q_i, (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}); \quad (27)$$

Čia \bar{x}_{ij} – normalizuotas, bedimensinis skaičius.

$$\bar{x}_{11} = 0,77 \cdot 0,11 = 0,08; \quad (28)$$

Kitos reikšmės gaunamos analogiškai.

16 lentelė. Svertinė normalizuota sprendimo priėmimo matrica

| Kriterijai | Kriterijaus svoris | Alternatyvos | |
|--|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | Pirmoji alternatyva | Antroji alternatyva |
| Poveikis gyvenamajai aplinkai | 0,11 | 0,08 | 0,07 |
| Poveikis kultūros paveldo teritorijoms | 0,09 | 0,06 | 0,06 |
| Poveikis saugomoms teritorijoms | 0,14 | 0,10 | 0,10 |
| Servitutų nustatymo poreikis | 0,18 | 0,00 | 0,00 |
| Atjungimo trukmė | 0,22 | 0,16 | 0,15 |
| Statybos kaštai | 0,25 | 0,176 | 0,178 |

Sudaromos iš visų alternatyvų geriausios ir blogiausios alternatyvos modelis, kurių elementai sudaromi pagal formulę:

$$A^+ = \{(\max x | j \in J), (\min x_{ij} | j \in J') | i = \overline{1, m}\}; \quad (30)$$

$$A^- = \{(\min x_{ij} | j \in J), (\max x | j \in J') | i = \overline{1, m}\}; \quad (31)$$

Čia J – rodiklių, kurių didesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė;

J' – rodiklių, kurių mažesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė.

Naudojant šias formules gaunama idealiai geriausios ir idealiai blogiausios alternatyvos matrica.

17 lentelė. Idealiai geriausios ir idealiai blogiausios alternatyvos

| Kriterijai | Alternatyvos | |
|--|--------------------|---------------------|
| | Idealiai geriausia | Idealiai blogiausia |
| Poveikis gyvenamajai aplinkai | 0,07 | 0,08 |
| Poveikis kultūros paveldo teritorijoms | 0,06 | 0,06 |
| Poveikis saugomoms teritorijoms | 0,10 | 0,10 |
| Servitutų nustatymo poreikis | 0,00 | 0,00 |
| Atjungimo trukmė | 0,15 | 0,16 |
| Statybos kaštai | 0,176 | 0,178 |

Tada nustatoma abiejų tiriųjų alternatyvų atstumas tarp idealiai geriausios ir idealiai blogiausios alternatyvos. Taikomos šios formulės:

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - A_j^+)^2}, i = \overline{1, m} \quad (32)$$

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - A_j^-)^2}, i = \overline{1, m} \quad (33)$$

Čia L_i^+ – rodiklis, parodantis koks yra atstumas tarp tiriamos alternatyvos ir idealiai geriausios alternatyvos;

L_i^- – rodiklis, parodantis koks yra atstumas tarp tiriamos alternatyvos ir idealiai blogiausios alternatyvos.

$$L_{A1}^+ = \sqrt{(0,08 - 0,07)^2 + \dots + (0,176 - 0,176)^2} = 0,0198 \quad (34)$$

Kitos reikšmės gaunamos analogiškai ir sudaroma alternatyvų nutolimo nuo idealiųjų padėčių analizės lentelė 18.

18 lentelė. Nutolimas alternatyvų nuo idealiai geriausios ir idealiai blogiausios alternatyvos

| | Nutolimas nuo idealiai geriausios situacijos | Nutolimas nuo idealiai blogiausios situacijos |
|---------------------|--|---|
| Pirmoji alternatyva | 0,0198 | 0,0021 |
| Antroji alternatyva | 0,0021 | 0,0198 |

Nustatoma, koks yra sąlyginis artumas lyginamųjų alternatyvų idealiai alternatyvai. Tai apskaičiuojama pagal formulę:

$$\bar{K}_i = \frac{L_i^-}{L_i^- + L_i^+}; \quad (35)$$

$$\bar{K}_{A1} = \frac{0,0021}{0,0021 + 0,0198} = 0,095; \quad (36)$$

Kitos reikšmės gaunamos analogiškai taikant formulę. Alternatyva yra geresnė, kuo sąlyginio artumo skaitinė vertė yra didesnė. Iš rezultatų matome, kad antroji alternatyva yra geresnė negu pirmoji. Šio metodo rezultatai pagal prioritetinę eilę ne prieštarauja gautiems kompleksinio proporcingumo vertinimo metodo rezultatams.

19 lentelė. TOPSIS rezultatai

| | Sąlyginis artumas lyginamųjų alternatyvų idealiai alternatyvai | Prioritėtinė eilė |
|---------------------|--|-------------------|
| Pirmoji alternatyva | 0,095 | 2 |
| Antroji alternatyva | 0,904 | 1 |

3.8 Alternatyvų parinkimas taikant daugiatislio optimizavimo santykinių dydžių analizės pagrindo metodą

Daugiatikslio optimizavimo santykinių dydžių analizės pagrindo metodas leidžia išvengti subjektyvumo, nes nereikalauja nustatyti nagrinėjamų kintamųjų reikšmingumo svorių. „Santykių sistema apibrėžia duomenų normalizavimą, kiekvieno rodiklio konkrečią reikšmę lyginant su visomis rodiklio reikšmėmis“ (Brauers 2004).

Šiame metode uždavinio matricos elementai normalizuojami taip pat kaip ir išplėsto artumo idealiam taškui metode. Todėl tolimesniems skaičiavimam naudosime 3.11 lentelės duomenis.

Nagrinėjamų kriterijų pagal kurias bus parinkta alternatyva, reikšmės yra geresnės, kai jos vertės mažesnės. Dėlto skaičiuojant indeksą rodikliai bus atimami, kadangi siekiama minimali kriterijų reikšmė:

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g \bar{x}_{ij} - \sum_{j=g+1}^m \bar{x}_{ij} \quad (37)$$

Čia g – siekiamų maksimizuoti rodiklių skaičius;

m – siekiamų minimizuoti rodiklių skaičius.

$$y_{A1}^* = 0 - (0,77 + 0,71 + 0,71 + 0,74 + 0,70) = -3,62 \quad (38)$$

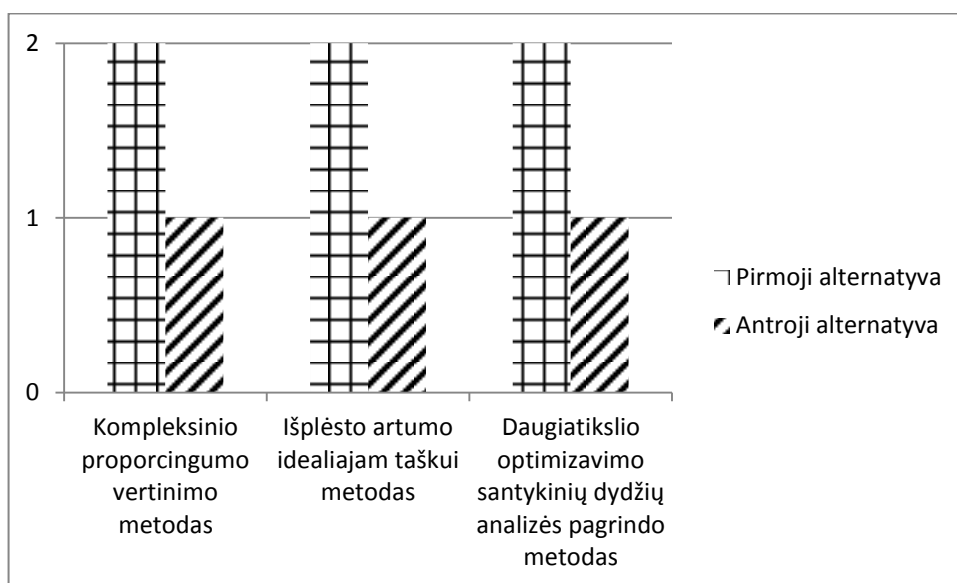
Kitos reikšmės gaunamos analogiškai. Iš sudarytos prioritėtinės eilės matome, kad antroji alternatyva pagal šį metodą yra nors ir nežymiai, bet geresnė už pirmąją.

20 lentelė. MOORA rezultatai

| | Indeksas | Rangas |
|---------------------|----------|--------|
| Pirmoji alternatyva | -3,62 | 2 |
| Antroji alternatyva | -3,44 | 1 |

3.8 Daugiakriterinės analizės metodais gautų rezultatų palyginimas

Tiriamajame darbe buvo naudojamas sprendimo priėmimo modelis, kuris remiasi daugiakriteriniais sprendimo priėmimo metodais- kompleksinio proporcingumo vertinimo, išplėsto artumo idealiajam taškui ir daugiakriterinio optimizavimo santykinų dydžių analizės pagrindo. Skyriuose 3.5, 3.6 ir 3.7 buvo pateiktas kiekvieno metodo pritaikymas modelyje. Pritaikius visus modelio metodus paaiškėjo, kad antroji alternatyva, kai statant dvigrandę oro linija panaudojama ne tik rekonstruojama, bet ir kitos oro linijos trasos dalis yra pranašesnė už tą, kuri naudoja tik rekonstruojamos linijos trasą (žiūrėti 6 pav.). Iš tyrimo paaiškėjo, kad prieš projektinėje stadijoje tikslinga išanalizuoti ir kitas šalia esančias trasas norint pagerinti projekto efektyvumą ir sumažinti žalą aplinkai.



6 pav. Alternatyvų rangai apskaičiuoti skirtingais metodais

4. Išvados

1. Siekiant kuo tiksliau atlikti daugiakriterinį sprendimo priėmimo vertinimą būtina sudaryti efektyvią bei literatūros analize pagrįstą rodiklių sistemos visumą ir nustatyti jų reikšmingumus. Elektros perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo trasų alternatyvų pasirinkimui įvertinti buvo nustatyti šeši pagrindiniai kriterijai- poveikis gyvenamajai aplinkai, poveikis kultūros paveldo teritorijoms, poveikis saugomoms teritorijoms, servitutų nustatymo poreikis, atjungimo trukmė bei statybos kaina.
2. Darbe kriterijų reikšmingumo (svorių) nustatymui buvo naudojama ekspertų apklausa bei ištirtas ekspertų nuomonių pasiskirstymas. Buvo apklausti 27 ekspertai, kuriuos sudarė energetikos įmonių projektų vadovai, darbų vadovai ir inžinieriai, dalyvaujantys perdavimo tinklų projektų įgyvendinimo procesuose. Apdorojus apklausos duomenis akivaizdu, kad svarbiausiais dvejais kriterijais tapo- statybos kaštai (25,4 %) ir atjungimo trukmė (22,4 %). Statybos kaštai net 14 anketų buvo pažymėtas kaip svarbiausias, o antru pagal svarbą kriterijumi- 9. Vidutinės svarbos kriterijumi buvo išskirtas servitutų nustatymo poreikis (18,0 %). Tokiai nuomonei susidaryti, galėjo padėti ankstesnė ekspertų patirtis, kai buvo iškilusių problemų sudarant servitutus. Mažiausiai įvertintais liko poveikis saugomoms teritorijoms (14,1 %), poveikis gyvenamajai aplinkai (11,1 %) bei poveikis kultūros paveldo teritorijoms (9,2 %).
3. Naudojant daugiakriterinius metodus ir nustačius kriterijų svorius, svarbu įvertinti ekspertų nuomonių suderinamumą. Kadangi svoriu verčių apibrėžimui didžiausią įtaką turi ekspertų apklausos rezultatai buvo ištirtas ekspertų nuomonių suderinamumo laipsnis. Apskaičiuotas konkordancijos koeficiento reikšmingumas, kurio skaitinė vertė lygi 69,54 ir jį palyginus su X^2 skirstinio P-osios funkcijos kritine reikšme, kai 6 kriterijai ir reikšmingumo lygis 1% yra didesnis už kritinę reikšmę, todėl ekspertų suderintų ranžiruočių hipotezė buvo priimta ir gauta, kad ekspertų nuomonės suderintos.
4. Buvo sukurtas daugiakriterinio vertinimo modelis (žiūrėti priedas Nr. 2) pasitelkus kompleksinio proporcingumo vertinimo, išplėsto artumo idealiajam taškui ir daugiakriterinio optimizavimo santykinų dydžių analizės pagrindo metodus. Pasitelkus sukurtą modelį buvo parinkta racionaliausia rekonstruojamos 330 kV oro linijos „Lietuvos E-Vilnius“ trasos alternatyva. Pagal visus metodus antroji alternatyva, kuri susideda iš dvigrandės 330 kV elektros oro linijos nuo Lietuvos elektrinės iki atsišakojimo atramos Nr. 30 statomos esamos viengrandės LN 331 „Lietuvos E- Neris“ vietoje, išlaikant esamą apsaugos zoną trasos ir nuo atramos Nr. 30 iki

Vilniaus TP dvigrandė 330 kV elektros oro linijos statomos esamos viengrandės elektros oro linijos LN 332 „Lietuvos E-Vilnius“ vietoje trasos.

5. Išnagrinėjus elektros perdavimo tinklo projektų įgyvendinimo trasų alternatyvas buvo pastebėta, kad yra tikslinga trasas numatyti esamame inžinerinės infrastruktūros koridoriuje, esamų elektros oro linijų apsaugos zonos ribose bei norint didinti linijos galingumą statant vietoj viengrandės oro linijos dvigrandę naudinga išnaudoti ne tik rekonstruojamos linijos trasa, bet ir kitas šalia esančias trasas. Tyrimas parodė, kad taikymas dalies kitos oro linijos trasos, kai yra tokia galimybė, leidžia pasiekti geresnį galutinį projekto efektyvumą, nei visos rekonstruojamos oro linijos trasos išnaudojimo alternatyvoje. Dėlto prieš-projektinėje stadijoje yra tikslinga įsivertinti ir tokią alternatyvą.

Literatūros sąrašas

1. Abelson, J., Gauvin, F. (2006). Assessing the impacts of public participation: concepts, evidence and policy implications. Ottawa: Canadian Policy Research Networks, p. 25-39.
2. Alvarado, F., Oren, S.S. (2002). Transmission system operation and interconnection.
3. UAB „Ardynas“ (2017). 330 kV oro linijos Lietuvos E-Vilnius rekonstravimas. Poveikio aplinkai vertinimas. PAV ataskaita. Vilnius.
4. Baranauskienė, J., Maziliauskas, A. (2012). Daugiakriteriniai metodai vandentvarkos projektuose, *I(8)*, 21–27.
5. Brauers, W. K. M. (2008). Multi-objective optimization of road desing alternatives with an application of the MOORA method, 541–548.
6. Bond, S., Hopkins, J. (2000). The impact of transmission lines on residential property values: results of a case study. *Pacific Rim Property Journal*, 6, p. 52–60.
7. Cotton, M. & Devine-Wright, P. (2012). Making electricity networks "visible": industry actor representations of "publics" and public engagement in infrastructure planning. *Public Understanding of Science*, 21(1), p. 17– 35.
8. Cotton, M., Devine-Wright, P. (2012). Making electricity networks "visible": industry actor representations of "publics" and public engagement in infrastructure planning. *Public Understanding of Science*, 21(1), p. 17– 35.
9. Dore, J. & Lebel, L. (2010). Gaining public acceptance: a critical strategic priority of the World Commission on Dams. *Water Alternatives*, 3(2), p. 124–141.
10. Haggett, C. (2011). Planning and persuasion: public engagement in energy decision-making. In P. Devine-Wright (Ed.), *Renewable energy and the public. from NIMBY to participation*, p. 15–27.
11. Electrical Power Research Institute (EPRI) (2001). *Communicating with the public about rights-of-way: a practitioner's guide*. Palo Alto, CA.
12. IEEE (2007). *Power Engineering Society General Meeting 2007*: IEEE Press. IEEE (Ed.) (2009). *6th International Conference on the European Energy Market: 27-29 May 2009*. Piscataway, NJ: IEEE Press.
13. ENTSO-E (2015). *Real-life implementation of electricity project of common interest- best practices*. Briuselis, p. 10.
14. ENTSO-E (2011d). *Hourly consumption data of all countries*.

15. Europos komisija (2018). Partial undergrounding of extra high voltage power transmission lines - Stirling visual impact mitigation scheme. Brussels.
16. Noack, F. (2010). Statement of evidence in the matter of an electricity development application to An Board Pleanala and in the matter of an oral hearing.
17. Kruopis J. (1993). Matematinė statistika. Kaunas: Mokslas.
18. Roland Berger (2011). Permitting procedures for energy infrastructure projects in the EU: evaluation and legal recommendations: Selection of good practices in Member States. Berlin.
19. Ginevičius, R., Podvezko, V., Ginevičius, R., Podvezko, V. (2008). A feasibility study of multicriteria methods application to quantitative evaluation of social phenomena, p. 81–87.
20. Kaklauskas A., Lepkova N. (2001). Pastatų ūkio valdymo objekta ir daugiakriterinė analizė. The 7 th International Conference, p.8.
21. Poškas P., Kilda R., Poskas G., (2008). Comparison of Candidate Sites for installation of Landfill facility at Ignalina NPP site using Fuzzy Logic approach // WM2008 Conference, February 24-28, p. 15-28.
22. Podvezko, V., Podvezko, A. (2013). Naujos absoliutaus daugiakriterio vertinimo galimybės, p. 54–59.
23. Soini, K., Pouta, E., Salmiovirta, M., Usitalo, M. & Kivinen, T. (2011). Local residents' perceptions of energy landscape: the case of transmission lines. Land Use Policy, 28(1), pp. 294–305
24. Perras S. (2015). Electricity transmission line planning: Success factors for transmission system operators to reduce public opposition. Dresden.
25. Šimanavičienė, R. (2011). Daugiatikslių sprendimo priėmimo metodų jautrumo analizė taikant Monte Karlo modeliavimą.
26. Šarkutė, L. (2009). Sprendimų priėmimo samprata ir tyrimų tradicijos. Sociologija. Mintis ir veiksmas, p.105-119.
27. Štreimikienė, D. (2012). Sprendimų priėmimas energetikos sektoriuje. P. 30–38.
28. Taparauskienė L (2008). Poveikio aplinkai vertinimas, Kaunas: Ardiva, 2008, 68p.
29. Zavadskas E. K., Kaklauskas, A. (1996). Pastatų sistemos techninis įvertinimas // Technika, 280 p. Vilnius.

Priedai

Priedas Nr. 1

Ekspertų apklausos anketa kriterijų reikšmingumo nustatymui

Užduotis. Įvertinkite balai nuo 6 (reikšmingiausias) iki 1 (mažiausiai reikšmingas) kriterijų reikšmingumo svorį, norint įvertinti elektros perdavimo tinklo projektų trasos alternatyvas ir išrinkti geriausias iš jų.

| Eil. Nr. | Kriterijus | Reikšmingumo svoris, balais |
|----------|--|-----------------------------|
| 1 | Poveikis gyvenamajai aplinkai | |
| 2 | Poveikis kultūros paveldo teritorijoms | |
| 3 | Poveikis saugomoms teritorijoms | |
| 4 | Servitutų nustatymo poreikis | |
| 5 | Atjungimo trukmė | |
| 6 | Statybos kaštai | |

