

## GII-04. GEOGRAFINĖS INFORMACIJOS INFRASTRUKTŪROS TAIKYMAI

### 5 praktinis darbas. Darbas su skaitmeniniais aukščių modeliais

#### Aprašymas ir uždaviniai

2 ir 3 praktiniuose darbuose nagrinėjome transporto priemonių eismą transporto tinklu ir vandens tekėjimą miesto vandentiekiu. Abiejuose šiuose darbuose laikėme, kad šie tinklai jau sukurti ir jų trasų pakeisti neįmanoma. O kaip panaudoti GIS planuojant naują tinklą?

Šiame darbe nustatysime geriausią 110 kV elektros linijos trasą nuo centrinėje Vilniaus dalyje esančios šiluminės elektrinės iki šiaurės rytuose esančio Verkių mikrorajono, naudodamiesi sąnaudų paviršiumi ir skaitmeniniu aukščių modeliu (DEM).

Nutiesti tokią elektros liniją labai sudėtinga, nes trumpiausia trasa eitų per centrinės Vilniaus dalis, kur statyti aukštos įtampos elektros stulpus labai brangu ir nepopuliaru politiniu požiūriu. Taigi mums teks tiesti liniją aplinkiniu keliu.



Linijos tiesimo sąnaudas nustatyti mums padės CORINE žemės dangų klasės. Palei kelius elektros linijas tiesti yra kur kas pigiau, todėl šiose vietose CORINE klasių reikšmes pakeisime kitomis. Sujungę CORINE duomenis su kelių buferiais, galėsime sukurti sąnaudų paviršių (*cost surface*), vaizduojantį elektros linijų tiesimo sąnaudas įvairiose teritorijose. Elektros linijos tiesimo per konkrečią sritį kainą tikslinsime remdamiesi skaitmeniniu aukščių modeliu. Laikysime, kad pigiausia tiesti elektros liniją per visiškai lygų paviršių, o didėjant nuolydžiui darbų kaina didėja.

Kelio atstumo (*Path Distance*) komanda skaičiuoja kelio sąnaudas tolstant nuo tam tikro taško, atsižvelgdama į sąnaudų paviršių, iš skaitmeninio aukščių modelio gaunamą „vertikalų daugiklį“ ir horizontalias jėgas (pavyzdžiui, vėją) įvertinantį „horizontalų daugiklį“. Horizontalaus daugiklio nenaudosime, nes jis daug naudingesnis tiriant transporto priemonių eismą, negu elektros linijų tiesimą.

Apskaičiavę linijos tiesimo sąnaudas nuo pradinio taško, po to – nuo galinio taško, galime sudėti šios analizės rezultatus ir nustatyti linijos tiesimo sąnaudas vaizduojantį koridorių. Žinodami konkretų biudžetą, pagal šį koridorių galime nustatyti visas biudžeto neviršijančias trasas. Taip pat galima nustatyti vienintelę mažiausių sąnaudų trasą nuo pradinio iki galinio taško. Ši trasa eina nustatyto koridoriaus viduriu.

#### Atlikimo gairės

Nesistenkite atlikti darbo labai greitai: per skubėjimą dažnai praleidžiami kurie nors veiksmas ir pridaroma nereikalingų klaidų. Nors kelių šiame darbe kuriamų sluoksnių pavadinimai labai ilgi, geriau jų netrumpinkite. Ilgi pavadinimai pasirinkti tam, kad tiksliau aprašytų dažnai naudojamų sluoksnių paskirtį ir padėtų išvengti painiavos.

Jei kiekvieną veiksmą apgalvosite ir suprasite, kas vyksta, bus daug lengviau ištaisyti galimas klaidas. Jei padarytumėte klaidą, kruopščiai atšaukite atliktus veiksmus atgaline tvarka tol, kol šią klaidą surasite. Paprastai nereikia pradėti visko iš naujo nuo pat pradžios (nebent

pamirštumėte saugoti atliktus veiksmus). Šis darbas ilgas, todėl patartina po kiekvienos stambesnės užduoties išsaugoti *ArcMap* seansą.

Kad darbo medžiaga nebūtų per ilga, naudojamos funkcijos paprastai aiškinamos tik vieną kartą. Antrąkart naudojama funkcija neaiškinama; jei reikia, jos aprašymą galima rasti toje teksto vietoje, kur ji buvo panaudota pirmą kartą.

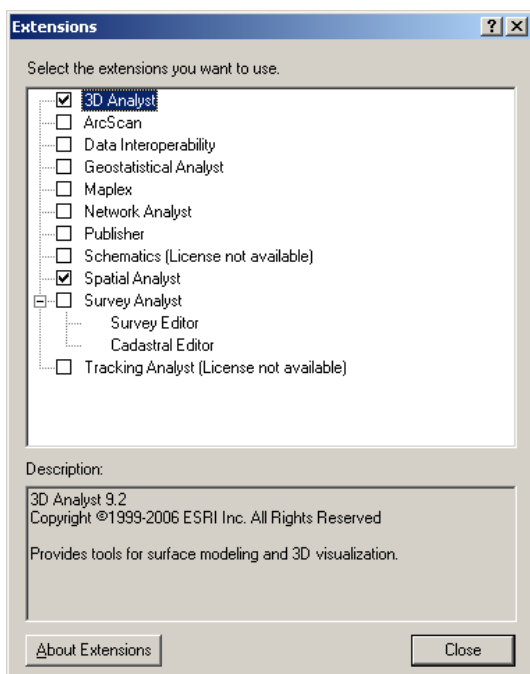
### **Atsiskaitymo reikalavimai**

Tarp tolesnių nurodymų pateikti klausimai, kurie paskatins jus pagalvoti apie kiekvieną pratimo veiksmą. Baigę darbą, nukopijuokite ir įkelkite klausimus bei atsakymus į naują tekstinį dokumentą ir pateikite šį failą per *BlackBoard* sistemą.

### **Pasiruošimas**

Šiame darbe įkelsime ir keisime daug Vilniaus ir jo apylinkių sluoksnių. Reikalingi duomenys yra prisegtame faile. Sukurkite darbinį aplanką C:\Data\GII04\_05 ir *ArcCatalog* programa nukopijuokite į jį visus failus iš išarchyvuoto katalogo.

Šiame darbe naudojami du papildomi *ArcMap* moduliai. Paleiskite *ArcMap* ir pasirinkite "A new empty map" (naujas tuščias žemėlapis). Tada išskleidžiamuosiuose meniu pažymėkite *Tools/Extensions...* (įrankiai / moduliai) ir įjunkite *3D Analyst* bei *Spatial Analyst*, pažymėdami šalia jų esančius žymimuosius langelius (1 pav.).



1 pav. *ArcMap* modulių *3D Analyst* ir *Spatial Analyst* įkėlimas

## **1 DALIS. SAŃAUDŲ PAVIRŠIAUS KŪRIMAS**

Įkelkite iš C:\Data\GII04\_05\ katalogo į *ArcMap* šiuos failus:

- CORINE\_Vilnius.shp
- CORINE\_LUT.dbf
- Road\_Buffer\_Vilnius.shp
- Power\_Source.shp
- Power\_Destination.shp
- vilniaus

CORINE\_Vilnius.shp failas – tai Europos aplinkos agentūros 2000 m. CORINE žemės dangų duomenys, apkirpti iki Vilniaus miesto ribų. Pietuose trūksta nedidelio plotelio, bet tai neturės įtakos mūsų analizei. CORINE\_Vilnius.shp faile žemės dangų klasės pažymėtos triskaitmeniu kodu, pavyzdžiui, 242 reiškia kompleksinės žemdirbystės plotus. Patys šie kodai nieko nereiškia, todėl sukurta CORINE\_LUT.dbf peržiūros lentelė, kurioje kiekvienam triskaitmeniam kodui priskirtas prasmingas pavadinimas ir linijos tiesimo sąnaudos. Pavadinimas paimtas iš CORINE dokumentacijos, bet linijos tiesimo sąnaudos yra tik labai apytikslės.

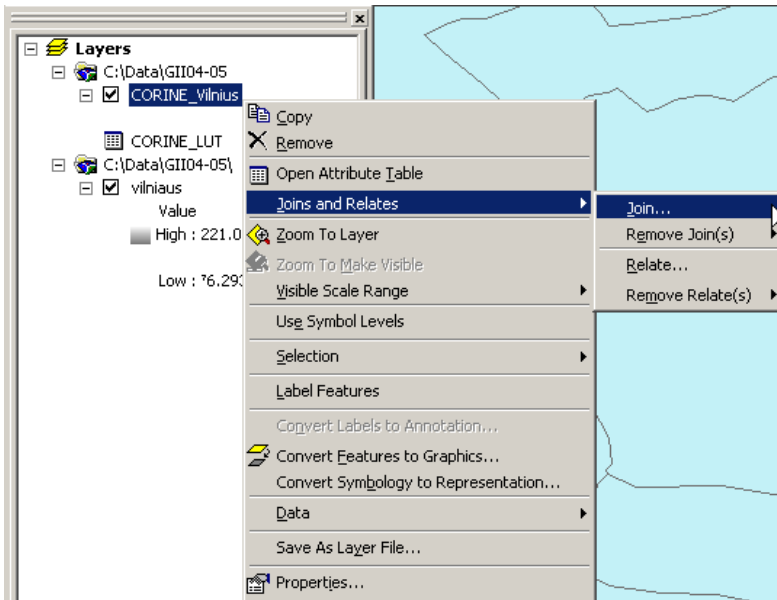
Šios sąnaudos pagrįstos įsivaizdavimu, kiek galėtų kainuoti nutiesti elektros linijas per įvairių žemės dangų tipų teritorijas, ir atspindi santykinę linijų tiesimo sudėtingumą skalėje nuo 1 iki 5. Pavyzdžiui, CORINE „Ištisinio užstatymo“ klasei aš priskyriau elektros linijos tiesimo sąnaudas „5“, o „Ganyklų“ klasei – „1“. Aišku, kad tiesti elektros linijas per užstatytas miesto teritorijas daug brangiau, negu per ganyklas. Kiek tiksliai brangiau – neaišku. Realiau atveju linijų tiesimo įvairiomis teritorijomis įverčiai būtų tikslūs, o miesto zonoms būtų galima priskirti labai dideles sąnaudas (pvz., 9999) ir taip visai uždrausti per jas tiesti linijas.

Vilniaus kelių buferio failas Road\_Buffer\_Vilnius.shp yra kintamo pločio buferis aplink kelius, saugomus ankstesniems darbams naudotame kelių faile roads\_adr.shp. Buferio plotis iš anksto apskaičiuotas atsižvelgiant į kelio klasių reikšmes; Kategor=1 (pagrindinių magistralių) buferiai plačiausi, o Kategor=12 (pėsčiųjų takų) – siauriausi. Šį failą jūs gavote paruoštą, nes surinkti ir apdoroti reikiamus duomenis truko maždaug pusvalandį.

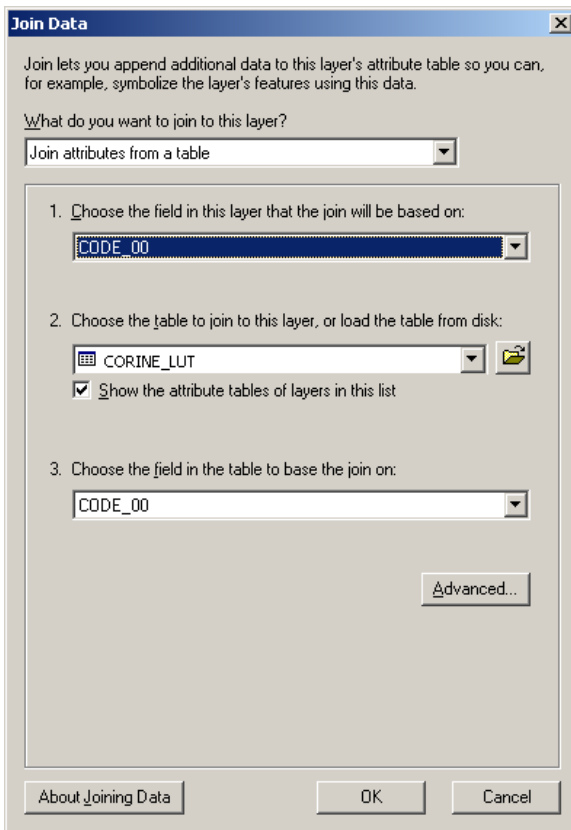
Power\_Source.shp ir Power\_Destination.shp yra taškinių vektorinių objektų failai, nurodantys atitinkamai elektrinės vietą ir tą Verkių vietą, kurioje bus pastatyta nauja pastotė, tiekianti energiją vietiniams vartotojams.

Pirmiausia iš CORINE ir kelių buferių duomenų sukursime sąnaudų paviršių. Vėliau jį naudosime skaičiuodami kainą kelio atstumo (*Path Distance*) komanda. Iš pradžių reikia sujungti peržiūros lentelę su CORINE\_Vilnius.shp failu. Turinyje dešiniuoju pelės klavišu spustelėkite CORINE\_Vilnius.shp ir pasirinkite *Joins and Relates/Join...* (jungti ir sieti / jungti..., 2 pav.). Mums reikia sujungti CORINE\_Vilnius.shp failo CODE\_00 stulpelį su atitinkamo CORINE\_LUT.dbf failo CODE\_00 stulpeliu (3 pav.). Įveskite šias reikšmes, spustelėkite OK, ir lentelės bus sujungtos. Sujungę lenteles, dirbdami su CORINE\_Vilnius.shp failu galėsime pasiekti peržiūros lentelėje saugomus aprašus ir sąnaudas.

Kad patikrintumėte, ar lentelės sujungtos tinkamai, peržiūrėkite jungtinę atributų lentelę: turinyje dešiniuoju pelės klavišu spustelėkite CORINE\_Vilnius ir pasirinkite komandą *Open Attribute Table* (atverti atributų lentelę). Slinkite vaizdą iki pat dešiniojo krašto ir patikrinkite, ar CORINE\_LUT.dbf informacija prijungta teisingai. Jūsų gauti rezultatai turi būti panašūs į pavaizduotus 4 pav.



2 pav. ArcMap jungimo operacijos pradžia




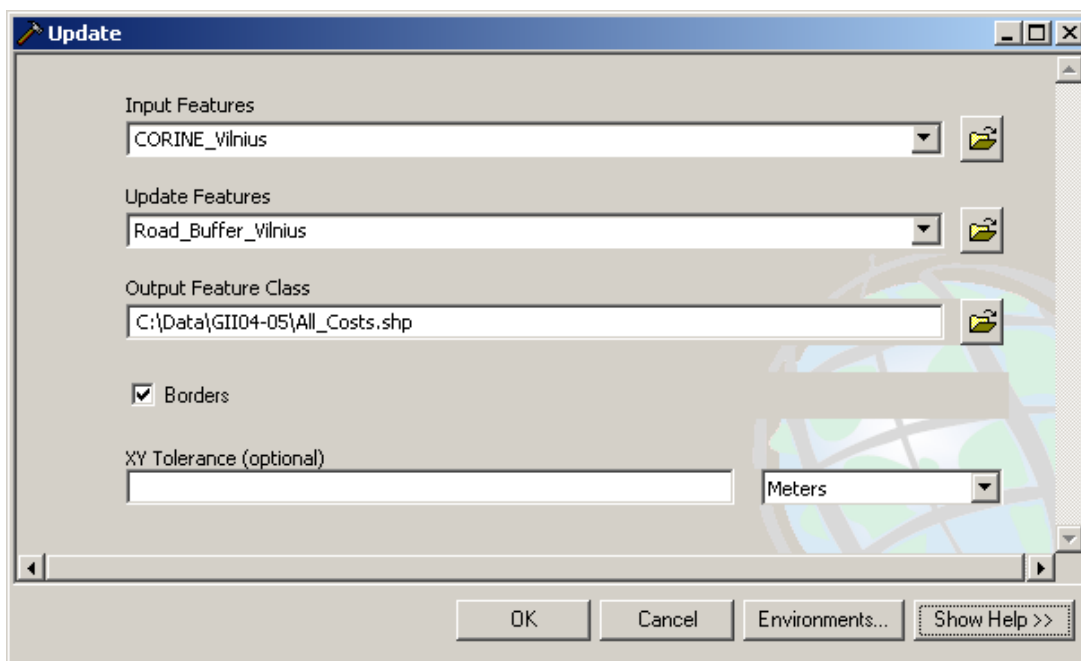
3 pav. CORINE\_Vilnius.shp jungimas su CORINE\_LUT.dbf, naudojant identišką abejose lentelėse stulpelį CODE\_00

CORINE_Vilnius.CLC00_20_1	CORINE_Vilnius.CODE_00	CORINE_LUT.OID	CORINE_LUT.CODE_00 *	CORINE_LUT.FEATURE	CORINE_LUT.COST
30436	511	39	511	Water courses	4
34523	312	23	312	Coniferous forest	2
34666	242	19	242	Complex cultivation patterns	2
34691	313	24	313	Mixed forest	1
34879	231	17	231	Pastures	1
34979	312	23	312	Coniferous forest	2
35222	312	23	312	Coniferous forest	2
35040	311	22	311	Broad-leaved forest	2

4 pav. Stulpeliai dešiniajame jungtinės lentelės krašte

Dabar užverkite atributų lentelę. CORINE žemės dangų duomenyse kelių nedaug, o keliai yra geri koridoriai elektros linijų trasoms. Todėl mes pakeisime kai kurias CORINE\_Vilnius.shp dalis Vilniaus kelių buferiais iš failo Road\_Buffer\_Vilnius.shp. Gautą SHAPE failą galima redaguoti ir konvertuoti į rastrą – sukurti sąnaudų paviršiaus rastrą.

Pirmiausia atverkite *ArcToolbox* įrankinę, jei ji dar neatverta. *ArcToolbox* galima paleisti standartinės įrankių juostos mygtuku *Show/Hide ArcToolbox Window* (rodyti / slėpti *ArcToolbox* langą, ). Tada pasirinkite *ArcToolbox* įrankį *Analysis Tools/Overlay/Update* (analizės įrankiai / perdanga / atnaujinti) ir atnaujinkite CORINE\_Vilnius žemės dangas Road\_Buffer\_Vilnius kelių buferiais; rezultatą įrašykite į naują SHAPE failą All\_Costs.shp (5 pav.). Spustelėkite OK ir tęskite darbą.



5 pav. Sąnaudų pagal CORINE keitimas persidengiančiose su kelių buferiais srityse, naudojant atnaujinimo perdengiant funkciją

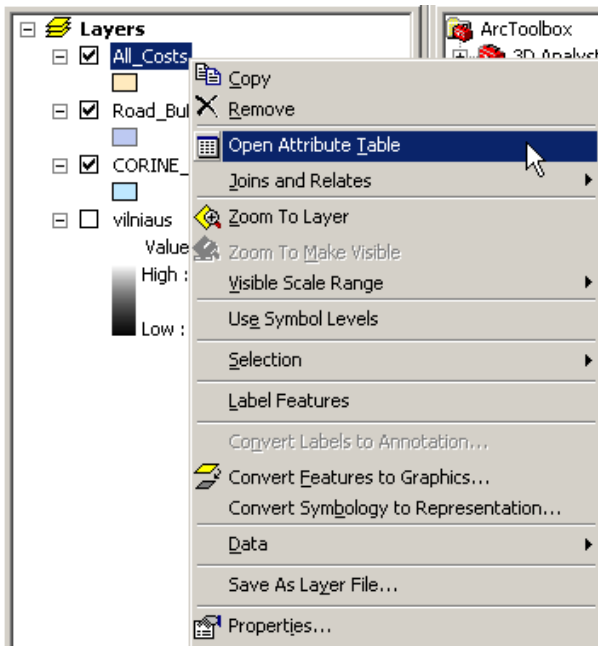
Nors išvesties failo CORINE poligonuose liko elektros linijų tiesimo kainos (gautos sujungus lenteles), ką tik pridėtiems kelių buferiams linijų tiesimo sąnaudos nepriskirtos. Keliam priskirsime sąnaudas „2“.

Turinyje dešiniuoju mygtuku spustelėkite sąnaudų failą All\_Costs ir atverkite jo atributų lentelę (*Open Attribute Table*, 6 pav.). Slinkite lentelę iki tuščios eilutės netoli apačios (FID=328, arba gali būti FID=307). Visų šio įrašo laukų reikšmės tuščios arba 0. Spustelėkite langelį šios eilutės kairėje (7 pav.) – įrašas ir visi kelių buferiai žemėlapyje turėtų tapti pažymėti.

Dabar kelių buferiams priskirsime kainą „2“. Ši kaina atspindi tai, kad esamais koridoriais elektros linijas tiesti gana lengva, bet sunkiau negu per ganyklą ar dirvą, nes gali tekti rekonstruoti tam tikras kelio atkarpas arba periodiškai stabdyti darbus ir praleisti transporto priemonės.

Dešiniuoju pelės klavišu spustelėkite stulpelį CORINE\_L\_3 (anksčiau jis vadinosi COST (sąnaudos), bet eksportuojant jungtinę lentelę pavadinimas buvo pakeistas) ir pasirinkite laukų skaičiuotuvą (*Field Calculator...*, 8 pav.). Laukų skaičiuotuvo lange nustatykite CORINE\_L\_3 stulpelio reikšmę „2“ ir spustelėkite OK (9 pav.).

1 klausimas. Faile roads\_adr buvo daug kelių segmentų, bet atnaujinimo (*Update*) funkcija pridėjo tik vieną poligoną. Kodėl? (1 balas)



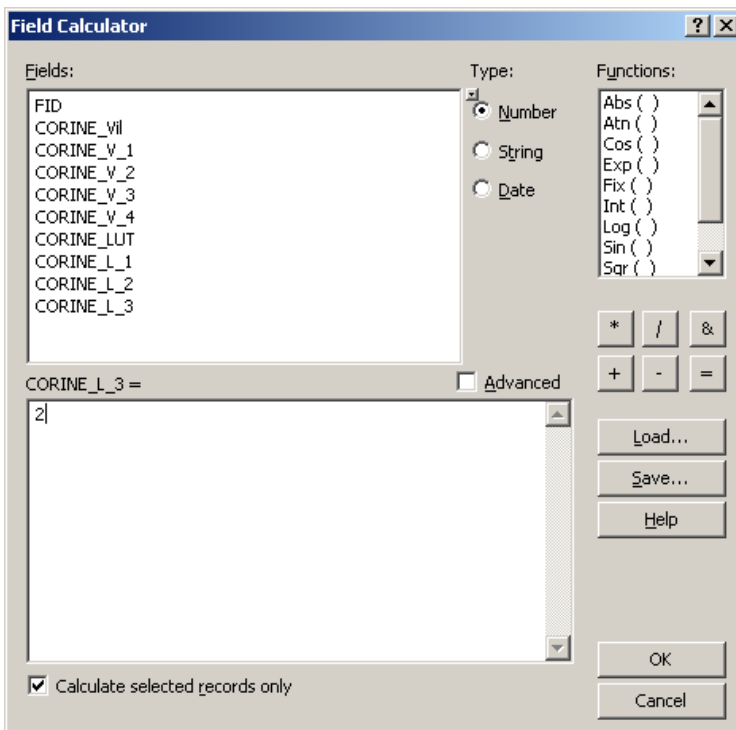
6 pav. All\_Costs.shp atributų lentelės atvėrimas

FID	Shape *	CORINE_VII	CORINE_V_1	CORINE_V_2	CORINE_V_3	CORINE_V_4	CORINE_LUT	CORINE_L_1	CORINE_L_2	CORINE_L_3
321	Polygon	943975.527153	6240.92522	38510	38453	313	24	313	Mixed forest	1
322	Polygon	4069795.10609	20802.164018	38525	38468	242	19	242	Complex cultivation patterns	2
323	Polygon	633983.480544	4788.42913	38527	38470	231	17	231	Pastures	1
324	Polygon	985501.361345	5928.67377	38551	38494	324	28	324	Transitional woodland/shrub	3
325	Polygon	618070.794332	3838.348746	38579	38522	211	11	211	Non-irrigated arable land	1
326	Polygon	261696.867877	3174.108171	38586	38529	311	22	311	Broad-leaved forest	2
327	Polygon	1640447.7667	12437.131497	38611	38554	312	23	312	Coniferous forest	2
328	Polygon	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7 pav. All\_Costs.shp atributų lentelės eilutės, kurioje įrašyti kelių buferių atributai, pažymėjimas

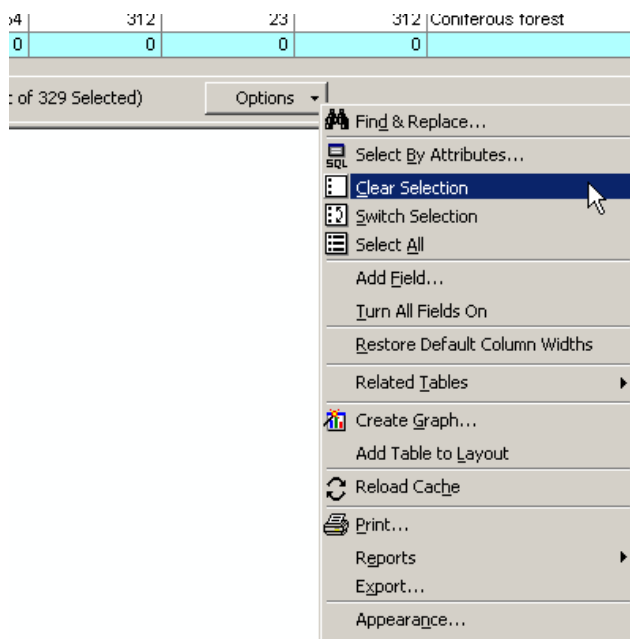
FID	Shape *	CORINE_VII	CORINE_V_1	CORINE_V_2	CORINE_V_3	CORINE_V_4	CORINE_LUT	CORINE_L_1	CORINE_L_2	CORINE_L_3
321	Polygon	943975.527153	6240.92522	38510	38453	313	24	313	Mixed forest	
322	Polygon	4069795.10609	20802.164018	38525	38468	242	19	242	Complex cultivation patterns	
323	Polygon	633983.480544	4788.42913	38527	38470	231	17	231	Pastures	
324	Polygon	985501.361345	5928.67377	38551	38494	324	28	324	Transitional woodland/shrub	
325	Polygon	618070.794332	3838.348746	38579	38522	211	11	211	Non-irrigated arable land	
326	Polygon	261696.867877	3174.108171	38586	38529	311	22	311	Broad-leaved forest	
327	Polygon	1640447.7667	12437.131497	38611	38554	312	23	312	Coniferous forest	
328	Polygon	0	0	0	0	0	0	0	0	

8 pav. Laukų skaičiuotuvo atvėrimas pažymėtos eilutės CORINE\_L\_3 stulpeliui pakeisti



9 pav. Reikšmės „2“ priskyrimas pažymėtos eilutės CORINE\_L\_3 laukui

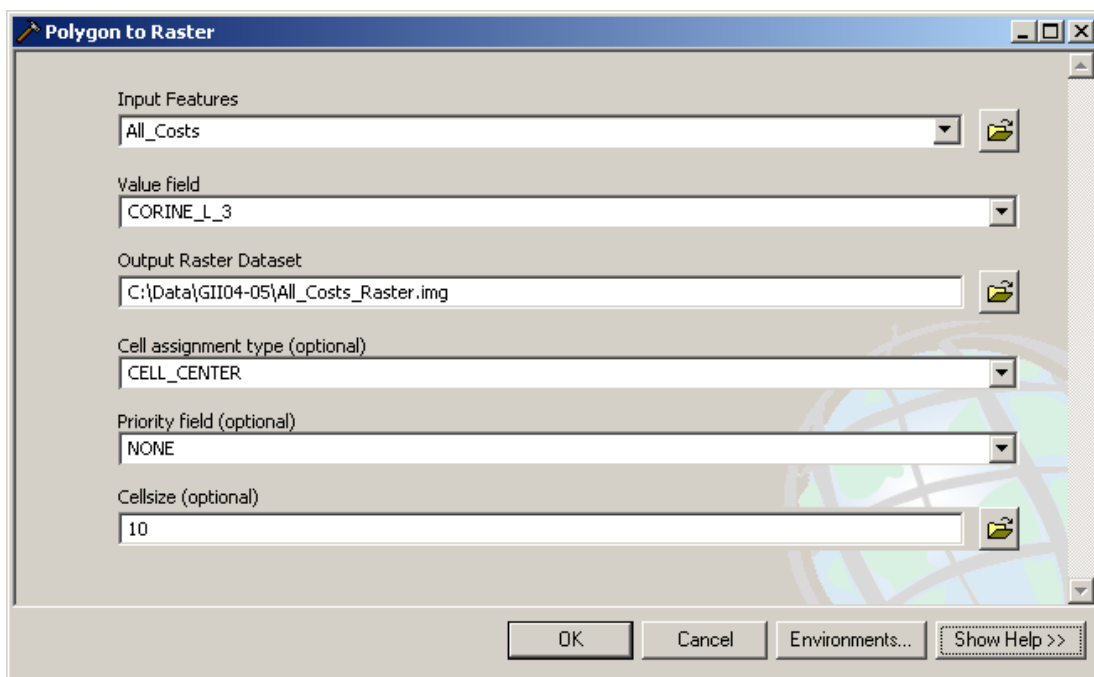
Ši operacija pakeitė tik vieną eilutę, nes tik viena eilutė buvo pažymėta. Bet prieš tęsdami darbą atverkite atributų lentelės parinkčių meniu (*Options*) ir įvykdysite išrinktos išvalymo komandą (*Options/Clear Selection*, 10 pav.), kad nė viena atributų lentelės eilutė neliktų pažymėta. Jei to nepadarysite, tolesnės operacijos apdoroja tik pažymėtą eilutę.



10 pav. Pažymėjimo panaikinimas atributų lentelėje

Dabar visų sąnaudų failas All\_Costs.shp sukurtas, sukonfigūruotas ir paruoštas konvertuoti į rastrinį sluoksnį. *ArcToolbox* įrankinėje pasirinkite įrankį *Conversion Tools/To Raster/Polygon to Raster* (konvertavimo įrankiai / į rastrą / poligonus į rastrą). Į vektorinių įvesties duomenų (*Input Features*) lauką įrašykite All\_Costs, į reikšmės lauką (*Value field*) – CORINE\_L\_3 , į

išvesties rastro duomenų rinkinio lauką (*Output Raster Dataset*) – All\_Costs\_Raster.img. Nustatykite 10 m gardelės dydį ir spustelėkite OK (11 pav.).



11 Sąnaudų sluoksnio All\_Costs konvertavimas į rastrinį sąnaudų paviršių All\_Costs\_Raster.img

## 2 DALIS. LINIJOS TIESIMO SĄNAUDŲ NUSTATYMAS

Dabar nustatysime visos elektros linijos tiesimo sąnaudas. Tam reikia apskaičiuoti mažiausias sąnaudas iki visų taškų tolstant nuo elektros energijos šaltinio taško, ir dar kartą jas apskaičiuoti tolstant nuo galinio linijos taško. Sudėję šiuos du rezultatus, gausime rastrą, kurio gardelės reikšmė nurodo mažiausias sąnaudas, kurių reikia elektros linijai nutiesti nuo pradinio iki galinio taško per šią gardelę, ir galėsime nustatyti mažiausios kainos koridorių. Taip pat galėsime nustatyti mažiausių sąnaudų kelią nuo pradinio iki galinio taško.

Pirmiausia apskaičiuosime mažiausias sąnaudas tolstant nuo galinio linijos taško. *ArcToolbox* įrankinėje pasirinkite *Spatial Analyst* įrankį, skirtą kelio atstumui skaičiuoti (*Spatial Analyst Tools/Distance/Path Distance*). Įvesties duomenys turi būti *Power\_Destination* (galinis linijos taškas), o atstumų išvesties rastras – *Dest\_Cost*. Kainos rastras bus ką tik sukurtas *All\_Costs\_Raster*, o įvedamu paviršiaus rastru pasirinksime „vilniaus“ DEM. Horizontalaus daugiklio parametru nekeisime, o vertikalaus daugiklio parametru skiltyje vertikalaus daugiklio rastro lauke dar kartą įvesime „vilniaus“.

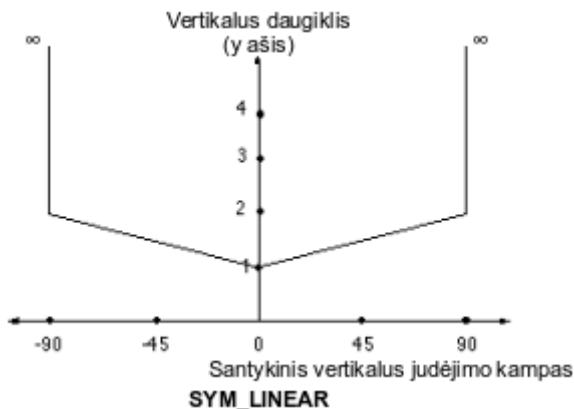
Gali kilti klausimas: kodėl gi „vilniaus“ DEM įvedamas dukart? Kaip paviršiaus rastras, jis skirtas kelio ilgiui koreguoti – nelygiu paviršiumi atstumas tarp tų pačių taškų didesnis negu lygiu. Kaip vertikalaus daugiklio įvesties rastras, jis naudojamas apskaičiuoti sąnaudų padidėjimą tiesiant liniją šlaitu. Pigiausia liniją tiesti horizontaliu paviršiumi, o didėjant paviršiaus nuolydžiui linijos tiesimo sąnaudos auga.

Linijos tiesimo sąnaudų priklausomybę nuo nuolydžio atspindi vertikalus daugiklis. Kadangi linijos tiesimo sąnaudos didesnės ir įkalnėje, ir nuokalnėje, naudosisime simetrinį tiesinį vertikalų (*Symmetric Linear*) daugiklį. Apatinę ribą nustatysime  $-80^\circ$ : nors ir įmanoma tiesti elektros



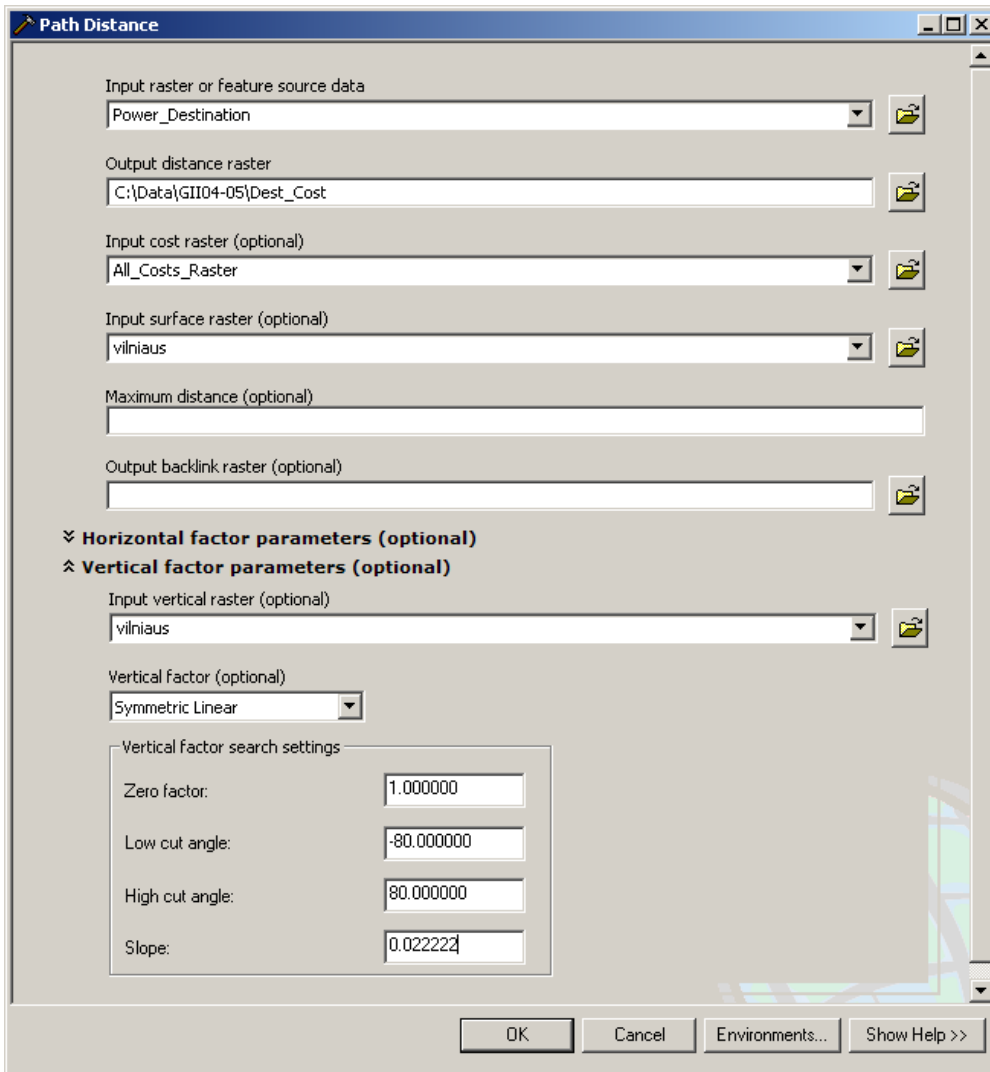


linijas labai stačiais šlaitais (kaip paveikslėlyje dešinėje), bet jei šlaitas beveik vertikalus (aišku, Lietuvoje tokių nedaug!), sąnaudos tampa pernelyg didelės. Dėl tos pačios priežasties viršutinė riba bus  $80^\circ$  (12 pav.).



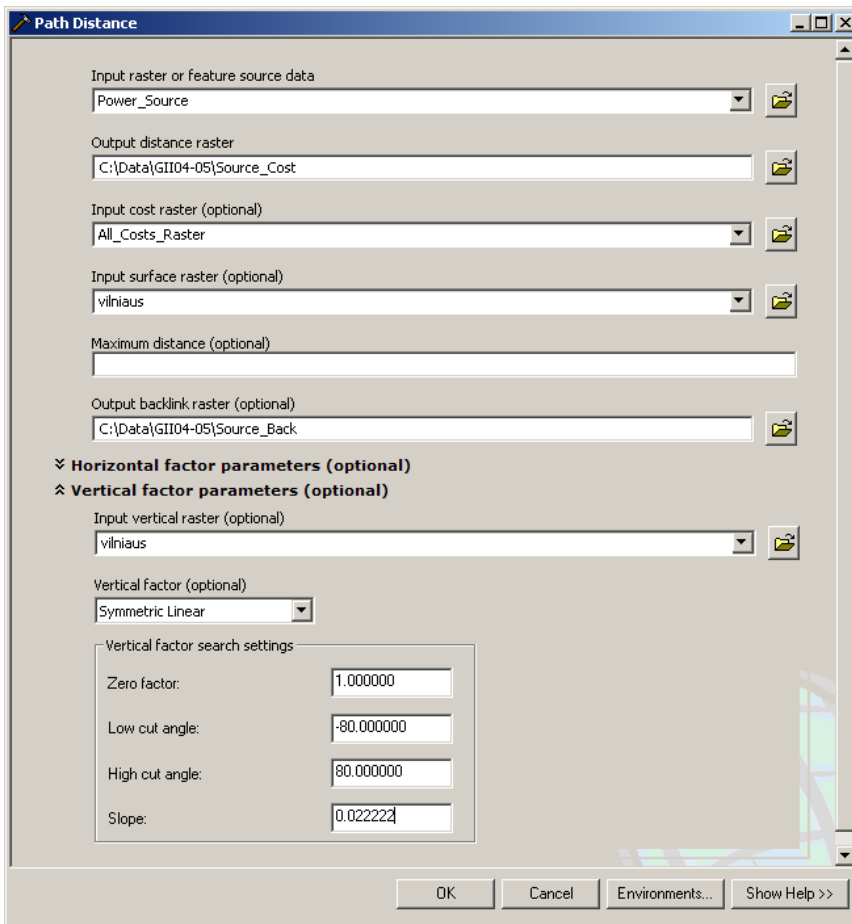
**12 pav.** Taip simetrinė tiesinė funkcija (SYM\_LINEAR) konvertuoja šlaito kampą (vertikalų santykinį judėjimo kampą) į sąnaudas (vertikalų daugiklį). Apatinę ir viršutinę ribas pakeisime: vietoje diagramoje nurodytų 90 ir -90 laipsnių nustatysime 80 ir -80.

Simetrinio tiesinio vertikalaus daugiklio tiesės statumas skaičiuojamas šiek tiek keistokai. Norint nurodyti 45 procentų statumą, reikia apskaičiuoti  $1/45$  ir įvesti 0,022222. Kadangi statumas išreiškiamas procentais, o ne dešimtainėmis trupmenomis, įvedama reikšmė yra  $1/100$  matematinės reikšmės. Spustelėkite OK ir tęskite darbą (13 pav.).



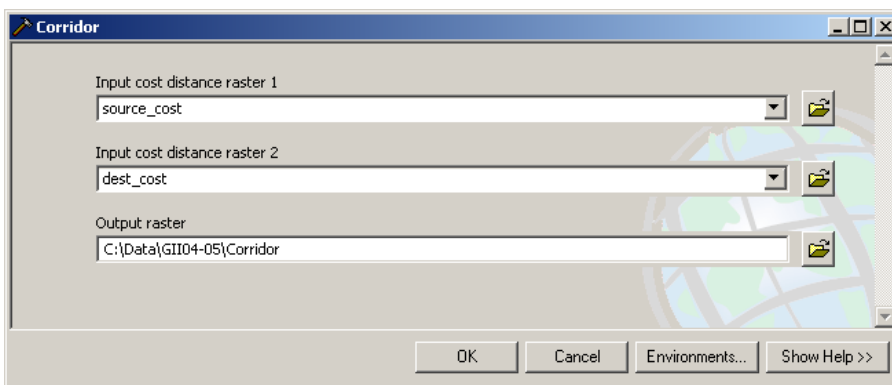
13 pav. Kelio atstumo parametrai linijos tiesimo sąnaudoms nuo galinio taško skaičiuoti

Dabar reikia apskaičiuoti elektros linijos tiesimo sąnaudas tolstant nuo pradinio taško. Procesas iš esmės toks pat kaip ir ankstesnis, tik įvesties elementai bus Power\_Source, atstumo išvesties rastras – Source\_Cost, ir dar reikia sukurti grįžtamąjį išvesties rastrą (*Output backlink raster*) Source\_Back, kurio vėliau reikės koridoriaus komandai. Įvedę šiuos parametrus, spustelėkite OK (14 pav.).



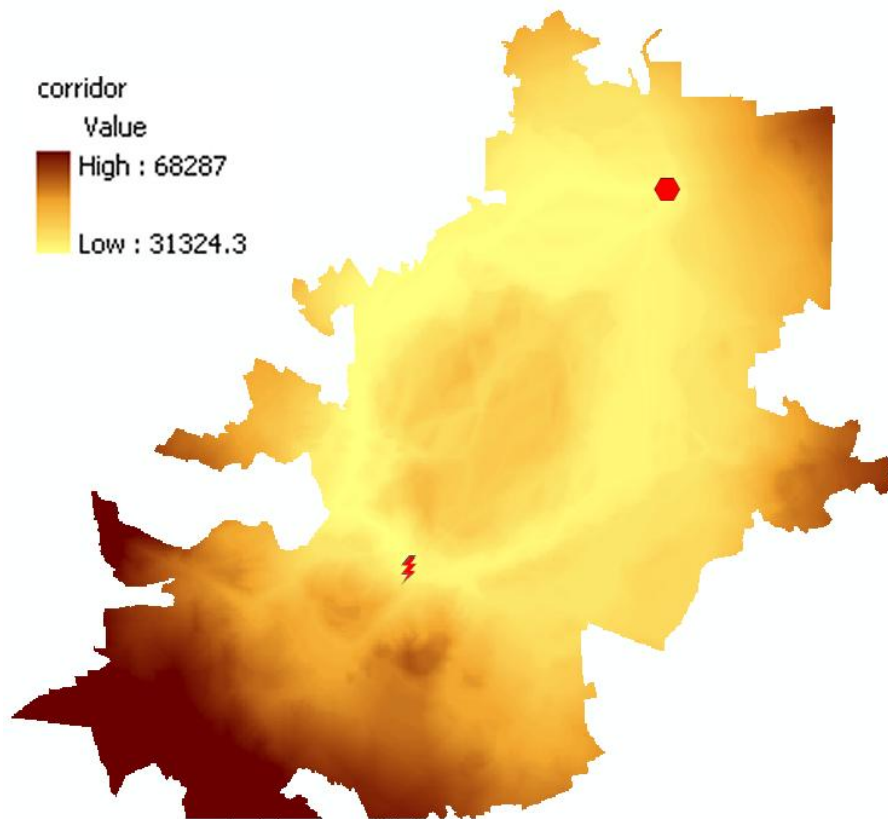
**14 pav. Kelio atstumo parametrai linijos tiesimo sąnaudoms nuo pradinio taško skaičiuoti. Pastaba: sukurtas (neprivalomas) grįžtamasis rastras pavadinimu „Source\_Back“.**

Suskaičiavę linijos tiesimo sąnaudas abiem kryptimis, galime įvykdyti koridoriaus (*Corridor*) komandą. *ArcToolbox* įrankinėje pasirinkite *Spatial Analyst* koridoriaus įrankį (*Spatial Analyst Tools/Distance/Corridor*) ir sukurkite naują rastrinį sluoksnį pavadinimu „Corridor“; pirmasis sąnaudų atstumo įvesties rastras (Input cost distance raster 1) turi būti Source\_Cost, antrasis – Dest\_Cost . Paleiskite analizę mygtuku OK (15 pav.).



**15 pav. Koridoriaus kūrimas iš dviejų sąnaudų rastrų**

Koridoriaus komanda sukurs paviršių, kurio kiekvienos gardelės reikšmė lygi mažiausioms sąnaudoms, reikalingoms nutiesti liniją nuo pradinio iki galinio taško per šią gardelę. Jei norite sąnaudas matyti kaip tolygiai kintančius atspalvius, pakeiskite rastro rodymo tipą iš klasifikuoto (*Classified*) į pereinamąjį (*Stretched*).

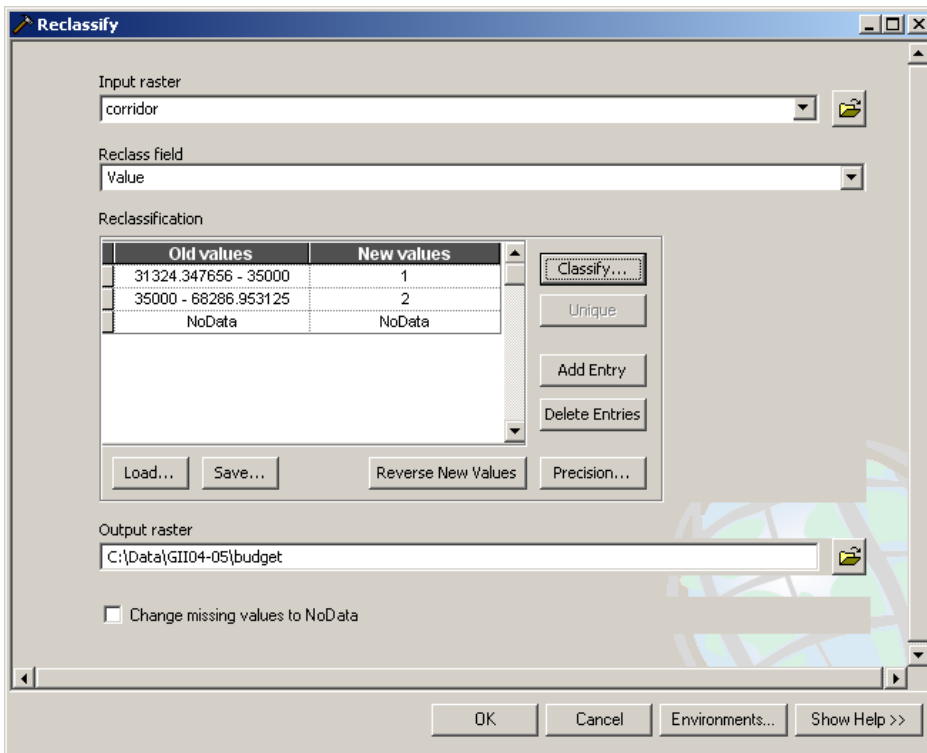


16 pav. Koridoriaus komandos rezultatas – atspalviai nuo geltonos iki rudos spalvos

**2 klausimas. Tarp elektrinės ir Verkių pastotės yra didesnių santykinų sąnaudų sritis, pavaizduota ruda dėme geltonoje srityje (16 pav.). Paaiškinkite tai, remdamiesi sąnaudų paviršiumi. (1 balas)**

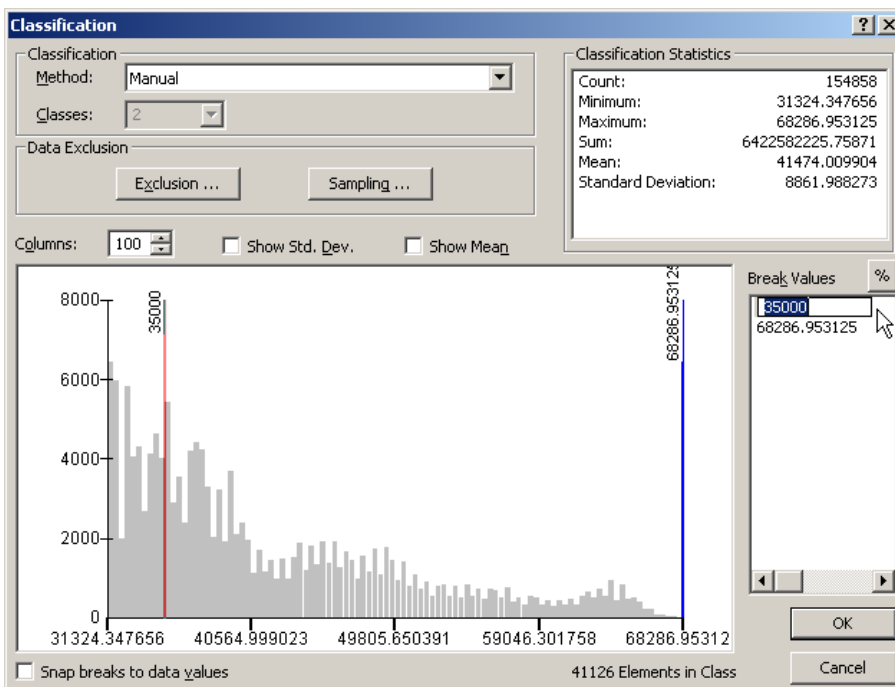
Iš 16 pav. legendos matyti, kad mažiausios elektros linijos tiesimo nuo elektrinės iki Verkių sąnaudos yra 31 324,3 vienetų. Šios sąnaudos nereiškia konkrečios sumos kuria nors valiuta; jei sąnaudų paviršiaus reikšmes būtume nurodę litais, gautos sąnaudos būtų kur kas prasmingesnės. Jei pasirinktume aplinkinį kelią, einantį į Verkius per patį pietinį Vilniaus kraštą, tai elektros linijos tiesimo sąnaudos būtų net 68 287 vienetų.

Tarkime, kad mūsų biudžetas yra 35 000 vienetų. Kiek linijos variantų gausime šiuo atveju? Kad tai nustatytume, perklasifikuosime koridorių taip, kad matytume visas sritis, per kurias įmanoma nutiesti liniją pigiau negu už 35 000 vienetų. *ArcToolbox* įrankinėje pasirinkite *Spatial Analyst* perklasifikavimo įrankį (*Spatial Analyst Tools/Reclass/Reclassify*). Spustelėkite klasifikavimo mygtuką (*Classify...*) ir apibrėžkite 2 klases (17 pav.).



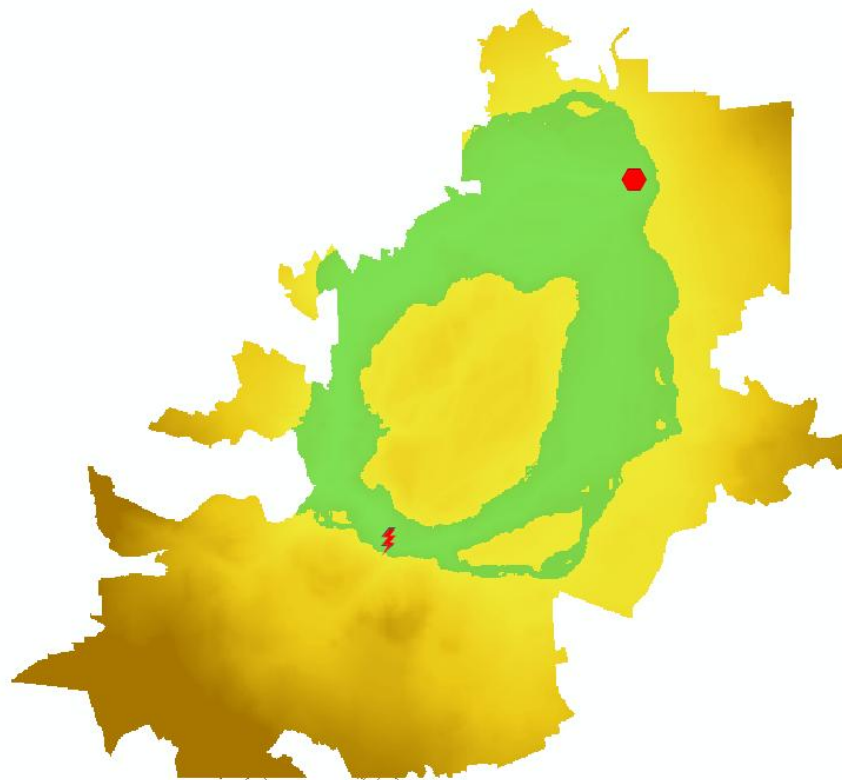
17 pav. Koridoriaus sluoksnio perklasifikavimas ir naujo „biudžeto“ sluoksnio (Budget) sukūrimas

Klasifikavimo lange pakeiskite klasių skaičių į „2“ (gali prireikti įjungti natūralių ribų (*Natural Breaks (Jenks)*) klasifikavimo metoda) ir pakeiskite pirmosios klasės ribą į 35 000 (18 pav.). Dukart spustelėjus OK, biudžeto rastras bus įtrauktas į turinį. Jo gardelių reikšmės bus dvi: 1 ( $\leq 35\ 000$ ) ir 2 ( $> 35\ 000$ ).




18 pav. Kad sukurtumėte dvi klases – vieną mažesnę už 35 000, kitą didesnę už 35 000, pakeiskite pirmosios ribos reikšmę į 35 000

Panagrinėję biudžeto rastrą pamatysite, kad į 35 000 vienetų buferį patenka trys plačios juostos (19 pav.). Šiose juostose linijos trasas pasirinkti galima pakankamai laisvai, nors viena juosta iš tiesų yra gan siaura.



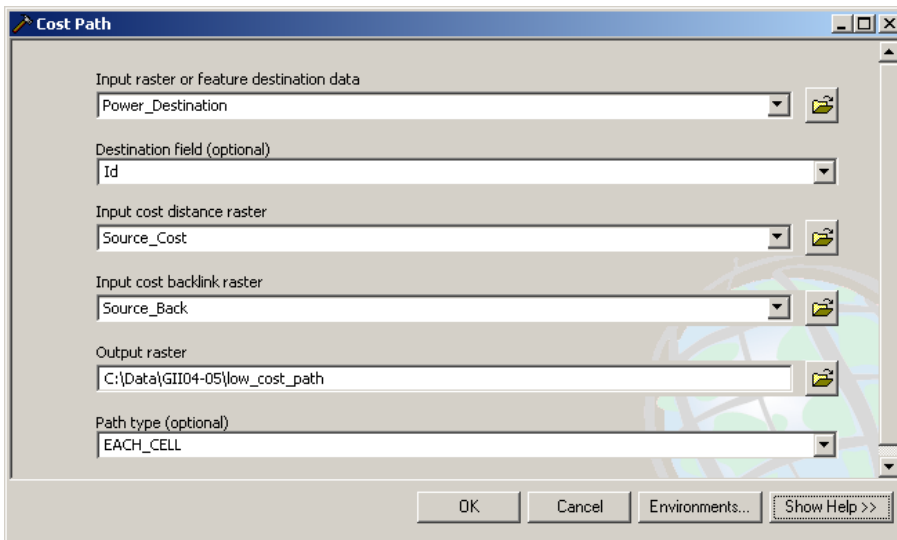
19 pav. Perklasifikavimo funkcija nustato vietas, kuriose visos sąnaudos linijai tiesi neviršytų 35 000 vienetų biudžeto

3 klausimas. Įrankių juostoje esančiu matavimo įrankiu () išmatuokite siauriausios juostos plotį siauriausioje vietoje. Koks apytiksliai yra koridoriaus plotis šioje vietoje? (1 balas)

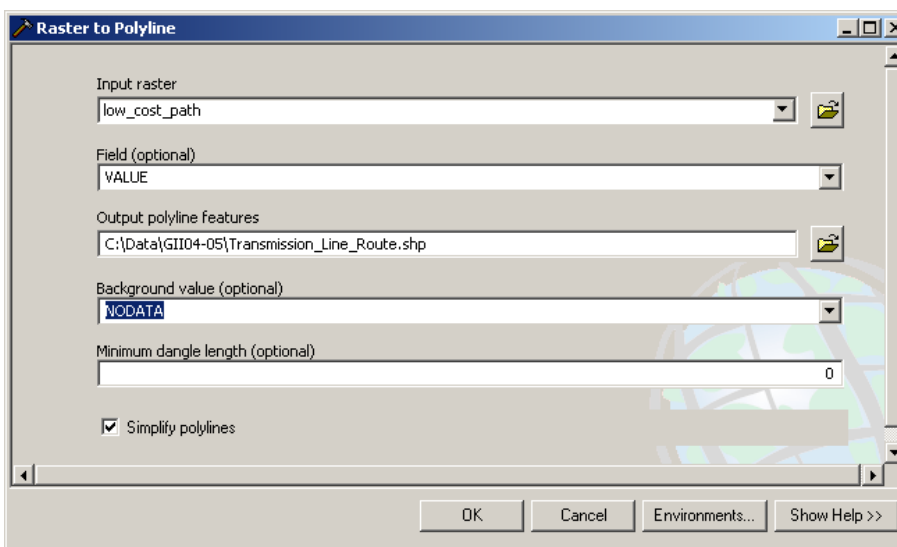
4 klausimas. Turinyje dešiniuoju pelės klavišu spustelėkite biudžeto (*Budget*) sluoksnį ir pasirinkite komandą *Properties* (savybės). Šaltinio (*Source*) ir simbolikos (*Symbology*) skyreliuose apskaičiuokite plotą (km<sup>2</sup>), kuriame nebus viršytas 35 000 vienetų biudžetas. Paaiškinkite, kaip atlikote skaičiavimus. (2 balai)

Ir pagaliau atėjo laikas atlikti svarbiausią automatizuoto tinklų planavimo GIS sistemomis užduotį: nustatyti mažiausių sąnaudų kelią nuo elektrinės iki Verkių pastotės. Tam naudosime *ArcToolbox* mažiausių sąnaudų kelio (*Cost Path*) funkciją. Pasirinkite *Spatial Analyst* mažiausių sąnaudų kelio įrankį (*Spatial Analyst Tools/Distance/Cost Path*); nurodykite įvesties failus: vektorinių galinio taško duomenų šaltinį – *Power\_Destination*, sąnaudų atstumo rastrą – *Source\_Cost* ir sąnaudų grįžtamąjį rastrą – *Source\_Back*. Išvesties failą pavadinkite „low\_cost\_path“ (mažų sąnaudų kelias) ir spustelėkite OK (20 pav.). Bus sukurtas rastras su dviem gardelių reikšmėmis – 1 (vienintelė gardelė – pradinis elektros linijos taškas) ir 3 (kelias tarp pradinio ir galinio taškų).

Kad kelias atrodytų gražiau, konvertuosime jį į vektorinį formatą. Pasirinkite rastro konvertavimo į polilinijas įrankį (*Conversion Tools/From Raster/Raster to Polyline*), įvesties rastro langelyje įveskite „low\_cost\_path“, o polilinių išvesties failą (*Output polyline features*) pavadinkite „Transmission\_Line\_Route.shp“ (elektros linijos trasa). Nustatykite fono reikšmę NODATA ir paleiskite konvertavimą mygtuku OK (21 pav.).



20 pav. Mažiausių sąnaudų kelio nuo elektrinės iki pastotės generavimas *Cost Path* funkcija



21 pav. Elektros linijos mažiausių sąnaudų kelio konvertavimas iš rastrinio formato į vektorinį

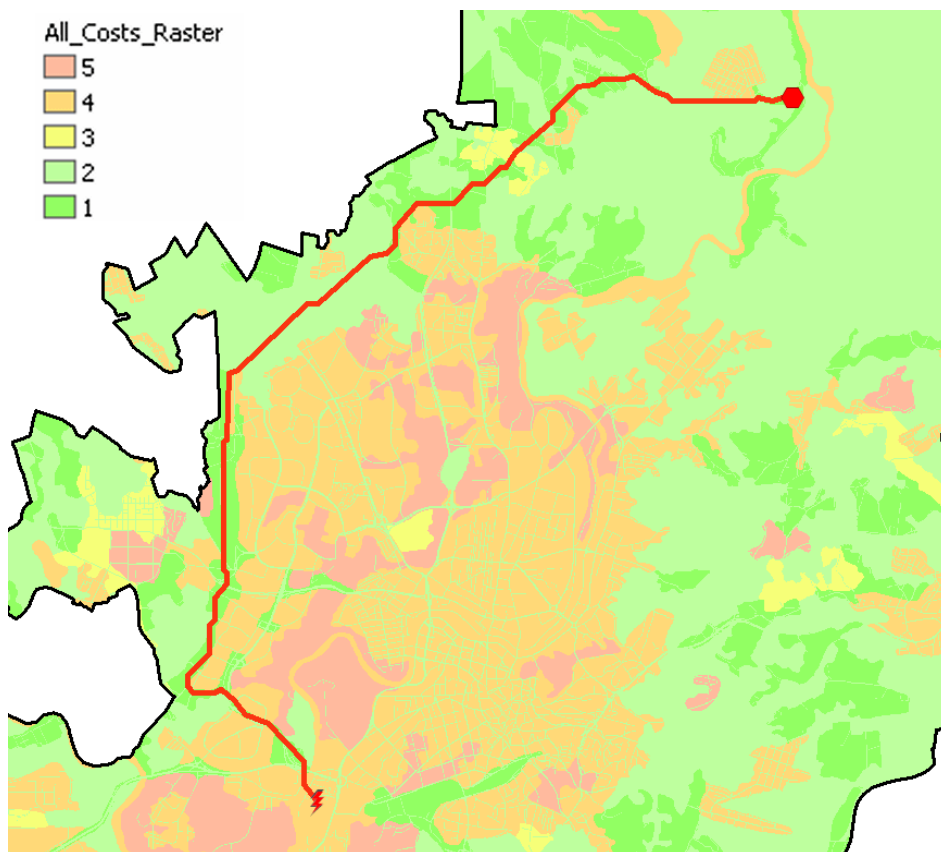
Atliktos analizės rezultatai pavaizduoti 22, 23 ir 24 pav.

**5 klausimas. Koks elektros linijos mažiausių sąnaudų kelio ilgis? Kiek šis kelias ilgesnis už tiesią atkarpą? (Patarimas: prie atributų lentelės pridėkite papildomą stulpelį ir su juo atlikite geometrijos skaičiavimo operaciją) (3 balai)**

**6 klausimas. Kaip būtų pasikeitęs elektros linijos mažiausių sąnaudų kelias, jei kelių koridoriams būtume priskyre kainą „1“, o ne „2“? (1 balas)**

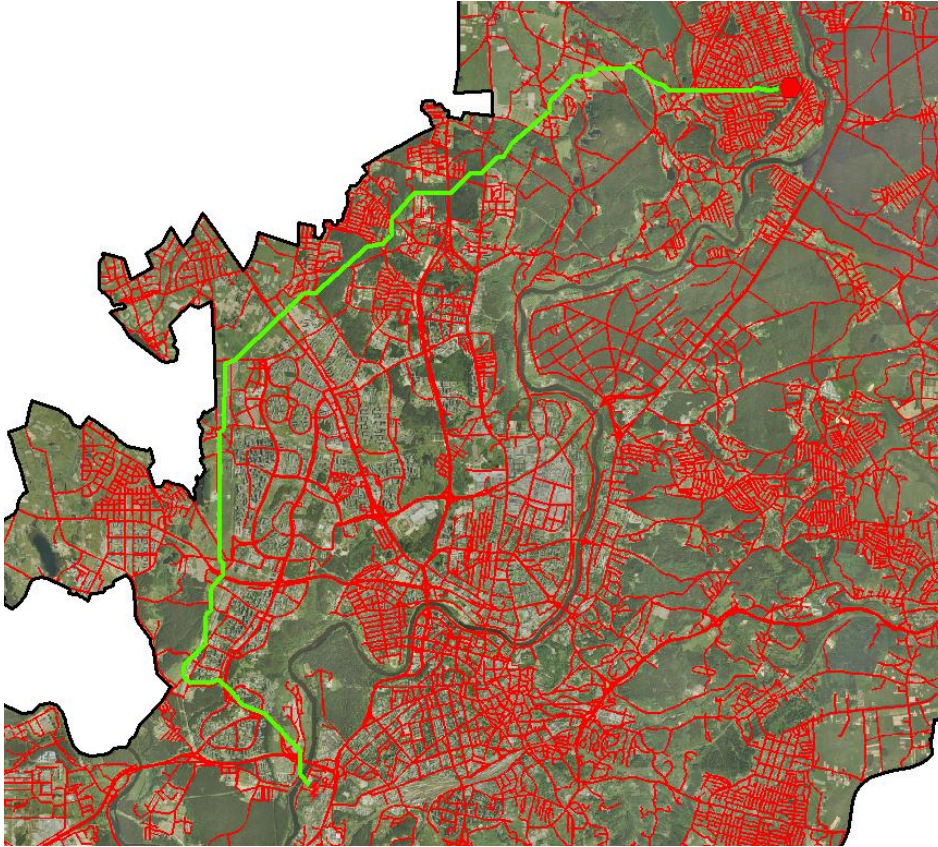


22 pav. Elektros linijos mažiausių sąnaudų trasa, užklota ant Vilniaus ortofotografinio žemėlapiu. Atkreipkite dėmesį, kad trasa neina per centrinius Vilniaus rajonus.



23 pav. Elektros linijos mažiausių sąnaudų trasa, užklota ant sąnaudų paviršiaus. Atkreipkite dėmesį, kad trasa eina per sritis, kuriomis liniją tiesti pigiausia.





**24 pav. Elektros linijos mažiausių sąnaudų trasa, užklota ant ortofotografinio žemėlapis su keliais (kelių buferiai paplatinti, kad geriau matytųsi). Atkreipkite dėmesį, kad daug kur ši trasa eina palei esamus kelius, nes čia linijos tiesimo sąnaudos yra vienos mažiausių iš visų žemės dangos tipų.**

Šiame darbe mes nustatėme hipotetinės elektros linijos nuo centrinėje Vilniaus dalyje esančios elektrinės iki Verkių mikrorajono tiesimo sąnaudas, naudodami sudėtingas rastrinio modeliavimo priemones. Kadangi turėjome DEM ir iš CORINE duomenų sukurtą sąnaudų paviršių, sąnaudas nustatyti galėjome pagal šią informaciją:

1. atstumus tarp rastro gardelių, įskaitant jų padidėjimą dėl paviršiaus nuolydžio;
2. CORINE klasėms priskirtas apytikres linijos tiesimo sąnaudas;
3. linijos tiesimo nuolaidžiu paviršiumi sąnaudas.

Turėdami linijos tiesimo sąnaudas tolstant nuo elektrinės, grįžtamąjį rastrą, nurodantį trumpiausią kelią nuo kiekvienos gardelės iki elektrinės, ir galinio linijos taško duomenis, galėjome įvykdyti mažiausių sąnaudų kelio (*Cost Path*) komandą ir apskaičiuoti mažiausių sąnaudų kelią nuo pradinio iki galinio taško.

Nors būtų šaunu, jei galėtume tiesiog pasinaudoti kompiuterio patarimais neatsižvelgdami į situaciją realiame pasaulyje, bet vargu ar įmanoma surasti vienintelę pigiausią linijos trasą, nes yra ir daug kitų veiksnių, neįvertintų mūsų modelyje. Iš tikrųjų gautą elektros linijos mažiausių sąnaudų trasą reikėtų koreguoti. Koridoriaus komanda suteikia galimybę apskaičiuoti elektros linijos tiesimo kainą trasomis, nesutampančiomis su mažiausių sąnaudų keliu. Šios komandos rezultatą galima perklasifikuoti ir pavaizduoti visas įmanomas trasas, kuriomis nutiestos linijos kainuos mažiau už tam tikrą sumą. Taip gausime kitus įmanomus linijos trasų variantus. Juos galėtume nagrinėti, jei paaiškėtų, kad dėl tam tikrų priežasčių nustatyta mažiausių sąnaudų trasa linijos nutiesti neįmanoma.

Kad ši analizė veiktų teisingai, reikia tikslaus skaitmeninio aukščių modelio (DEM) ir tikslios žemės dangų ir žemėnaudos informacijos arba kitų duomenų, pagal kuriuos būtų galima tiksliai nustatyti linijos tiesimo sąnaudas. Tiekti šiuos duomenis yra nacionalinės geografinės informacijos infrastruktūros funkcija; turint kokybišką informaciją, galima atlikti sudėtingą analizę (panašią į ką tik atliktą) visoje Lietuvos teritorijoje.