

Ekstremalių įvykių rizikos kompleksinio vertinimo kartografinis metodas

Kęstutis Papšys

Vilniaus universitetas,
M. K. Čiurlionio g. 21,
LT-03101 Vilnius
El. paštas: kestutis.papsys@rytai.lt

Papšys K. Ekstremalių įvykių rizikos kompleksinio vertinimo kartografinis metodas. *Geografija*. T. 48(2). ISSN 1392-1096

Visais laikais žmoniją domino jos gyvenamosios aplinkos kokybė, kuri gali būti vertinama labai įvairiai. Vienas iš svarbesnių vertinimo parametrų yra gyvenamosios aplinkos saugumas. Žmonėms visuomet aktualu žinoti, ar saugu yra jų gyvenamojoje teritorijoje, ar saugus jų turtas. Atsižvelgiant į tiriamosios Lietuvos teritorijos geografines sąlygas ir ypatumus pačioje teritorijoje, yra įmanoma identifikuoti grėsmes, numatyti galimus nuostolius ir įvertinti jų grėsmių riziką. Didelis sukauptos informacijos kiekis apie ekstremalius įvykius ir pažeidžiamus objektus bei naujausių technologijų panaudojimo galimybės sudaro sąlygas sukurti aplinkos vertinimui reikalingą lanksčią ir dinamišką rizikos vertinimo sistemą. Tokia sistema sudarytų galimybes Lietuvos įvairioms institucijoms vertinti ekstremalius įvykius ar jų bendros sintetinės išraiškos riziką ir ją apibendrinti įvairiu detalumu.

Raktažodžiai: ekstremalus įvykis, rizika, erdvinis modeliavimas, žemėlapių algebra, rastriniai duomenys, meteorologiniai duomenys, GIS, geografinės informacijos infrastruktūra

ĮVADAS

Keičiantis klimato sąlygoms, kinta ir gamtinė, ekologinė, technogeninė bei antropologinė rizika visame pasaulyje, žinoma, ir Lietuvoje. Pastaraisiais metais Lietuvoje fiksuojami tokie ekstremalūs reiškiniai: škvalas, darantis didžiulius nuostolius miškų ūkiui; ekstremali vasaros ir žiemos temperatūra; gausūs krituliai, nešantys nuostolius žemės ūkiui; ekstremalūs vėjai ar didelės audros, keliantys grėsmę žmonių turto saugumui, dėl jūroje sukeltų aukštų bangų vyksta krantų erozija.

Rizikos laipsnio nustatymas ir lokalizavimas teritorijoje pastarąjį dešimtmetį ypač domina įvairių sričių tyrinėtojus. Mokslinėje literatūroje ekstremalaus įvykio rizika nusakoma kaip galimos sąveikos tarp pavojingo reiškinio ir jo pažeidžiamų visuomenės elementų, tokių kaip žmonės, pastatai ar infrastruktūra, rezultatą (Burton et al., 1978; Blaikie et al., 1994; Cannon, 1994; Cuttler et al.,

2000). Ši sąsaja paprastai išreiškiama formule: $rizika_{(bendra)} = pavojus \times pažeidžiamumas \times elementai$ (Granger, 1998; Granger et al., 1999). Sutinkama ir dar paprastesnė išraiška: $rizika = potencialus pavojus \times pažeidžiamumas$ (Kumpulainen, 2006), kuri leidžia moksliniuose tyrimuose nagrinėti ryšį tarp visų paminėtų elementų.

Pasitelkiant naujausias technologijas, ypač naudojant geografinių informacijos sistemų (toliau – GIS) teikiamas galimybes, tampa daug paprasčiau tyrinėti rizikos lokalizavimą dinaminėse geografinėse sistemose, o naudojant naujausią informaciją – patys tyrimai gali būti atliekami interaktyviai, todėl rezultatai paprastai nepraranda aktualumo. Dažniausiai tyrimai vystomi dviem kryptimis: konkretaus vieno pobūdžio ekstremalaus įvykio rizikos arba daugiakriterinis ekstremalių įvykių analizavimas ir vertinimas. Pvz., C. F. Chung su kolegomis (1995), vertindami nuošliaužų riziką, pasiūlė teritorijose, kuriose yra

nuošliaužų grėsmė, sudaryti žemėlapius naudojant GIS priemonėmis sukurtus daugiakriterinius regresijos metodus, kurie paremti nustatytais statistiniais ryšiais tarp anksčiau įvykusių nuošliaužų ir atitinkamų erdvinį duomenų apie žemės naudos, geologines sąlygas ir t. t. Reikėtų atkreipti dėmesį, kad dažniausiai tokie tyrimai yra vykdomi analizuojant tik tam tikras konkrečias teritorijas ir tik jose kylančias grėsmes. 1998 m. Australijos mokslininkas K. Granger kartu su kolegomis, naudodami GIS technologijas, sukūrė sistemą *Risk-GIS*, vertinančią keleto gamtinių ekstremalių įvykių riziką tam tikroje teritorijoje. Šis modelis buvo praktiškai išbandytas vertinant ekstremalių įvykių grėsmių riziką keliose Australijos teritorijose – Kvinslendo valstijos miestuose: Karne (Granger et al., 1999), Makėjuje (Middelmann, Granger, 2000) ir Gladstoune (Granger, Michael-Leiba, 2001), taip pat pietrytinėje Kvinslendo valstijos dalyje (Granger, Hayne, 2001) bei Australijos vakarinėje dalyje esančiame Perto mieste (Jones et al., 2005). Tyrimais, apimančiais žemės drebėjimų, nuošliaužų, potvynių ir ciklonų riziką, buvo siekiama nustatyti, ar nagrinėjama teritorija yra saugi. Erdvinės informacijos infrastruktūros apimtimi veikianti *PREVIEW Global Risk Data Platform* yra portalas, suteikiantis prieigą prie daugiau nei 60 pasaulio erdvinį duomenų rinkinių, susijusių su gamtiniais ekstremaliais įvykiais ir jų rizika (Giuliani, Peduzzi, 2011). Pateikiami duomenys, deja, yra nedetalūs, todėl gali būti naudojami tik preliminariam rizikos vertinimui.

Lietuvoje yra sukaupta pakankamai tinkamų duomenų ir informacijos apie pačios teritorijos specifiką bei vyraujančius Lietuvoje gamtinius ir antropogeninius reiškinius. Didelis kiekis sukaupytų ir nuolatos atnaujinamų geografinių duomenų bei internetinio ryšio sparta atveria galimybes sukurti dinamišką bei elektroniniu tinklu pasiekiamą ekstremalių įvykių rizikos vertinimo (toliau – EĮRV) kartografinę informacinę sistemą Lietuvoje, kuri gali sujungti skirtingų institucijų geografinių duomenų rinkinius realiu laiku (naudojantis Lietuvos erdvinės informacijos portalo www.geoportal.lt (toliau – LEI portalas) teikiamomis priemonėmis).

GRĖSMIŲ VERTINIMO METODIKA

Atlikus preliminarų ekstremalių įvykių statistikos analizę galima būtų daryti tam tikras prielaidas,

kur Lietuvoje yra galimi ekstremalūs įvykiai, tačiau tikslesniam grėsmių vertinimui būtina sudaryti metodiką.

Šiuo metu ekstremalių įvykių statistinė informacija yra kaupiama skirtingose institucijose ir įvairiomis formomis. Nuosekliam grėsmių vertinimo procesui tokie duomenys nėra tinkami ir jie turėtų būti harmonizuoti. Buvo sukurta ekstremalių įvykių duomenų bazė, kuri yra EĮRV kartografinės informacijos sistemos pradinis duomenų šaltinis. Ekstremalių įvykių duomenų bazėje turi būti saugomi:

1. Gamtinio pobūdžio duomenys (geologiniai, hidrometeorologiniai reiškiniai, įvykiai, susiję su gyvūnų, augalų ligomis ir t. t.).
2. Techninio pobūdžio informacija (transporto įvykiai, įvykiai pramonėje, energetikos sistemoje ir t. t.).
3. Ekologinio pobūdžio (duomenys apie aplinkos, vandens užterštumą, taršą naftos produktais ir t. t.).
4. Socialinio pobūdžio (įvykiai pasienio ruože, nusikaltimai ir t. t.).
5. Kiti ekstremalūs įvykiai (gaisro keliamas pavojus, pavojingi radiniai ir t. t.).

Grėsmių vertinimo tarpiniams ir galutiniams rezultatams saugoti sukurta grėsmių duomenų bazė, kurioje saugoma analizuojamosios grėsmės ar kelių grėsmių išraiška rastriniu duomenų formatu. Toks sprendimas priimtas, nes:

- erdvinio pobūdžio grėsmės, kurios visuomet yra plotinės (t. y. pasiskirsto tam tikroje teritorijoje);
- grėsmių vertinimui atlikti pasirinkta žemėlapių algebra, kaip vienas iš efektyviausių būdų, atliekant erdvinės analizės vertinimus.

Kiekvienam grėsmės pobūdžiui įvertinti turi būti sudaromas visą Lietuvos Respublikos teritoriją apimantis rastrinis sluoksnis, kurio gardelės dydis 100×100 m. Toks gardelės dydis pasirinktas atsižvelgiant į tenkinantį rezultatų tikslumą ir atliekamų skaičiavimų greitį.

Kai pradinių duomenų vieta yra nuolatinė, rastrinių duomenų gardelių nustatymai atliekami naudojant D. Shepard (1968) interpoliacijos metodą. Pvz., šis metodas turi būti taikomas meteorologiniams duomenims, kurie gaunami iš stacionarių meteorologinių stotelių. Priešingu atveju atliekami branduolio (ang. *Kernel*) skaičiavimai.

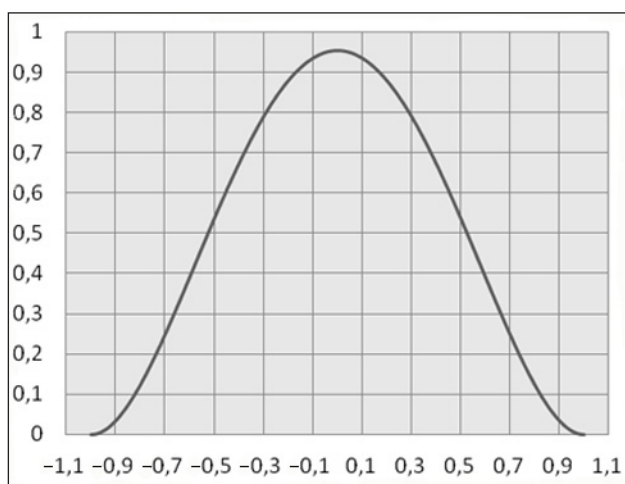
Kai pradiniai duomenys yra taškiniai, rastrinių duomenų gardelių reikšmių skaičiavimai turi būti vykdomi šia tvarka:

1. Branduolio K (*Kernel*) reikšmės skaičiavimai, kurie atliekami naudojant ketvirtjo laipsnio (sferinė) branduolio funkciją (Silverman, 1986)

$$K = \frac{3}{\pi} \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right)^2, \text{ kai } \frac{r}{R} \leq 1, \text{ kitaip } K = 0, \quad (1)$$

kur r – atstumas iki tiriamosios gardelės; o R – tyrimų spindulys.

1 pav. parodyta, kaip erdvėje pagal šią funkciją pasiskirsto reikšmės tolstant nuo tiriamosios gardelės centro.



1 pav. Branduolio reikšmės pasiskirstymas

Fig. 1. Distribution of Kernel values

Jeigu gardelės nelygybė $\frac{r}{R} \leq 1$ yra teisinga daugiau nei vienam taškui iš sluoksnio, pagal kuriuos nustatoma branduolio reikšmė, tuomet reikšmės turi būti sudedamos:

$$K = K_1 + \dots + K_n. \quad (2)$$

2. Branduolio tankio K_T (angl. *Kernel Density*) reikšmė kiekvienai rastrinio sluoksnio gardelei įvertinama branduolio tankio reikšmę padalinus iš tiriamojo ploto:

$$K_T = \frac{K}{\pi R^2}. \quad (3)$$

3. Branduolio tankio K_S (angl. *Weighted Kernel Density*) reikšmė su svorio įverčiu nustatoma padauginus branduolio K reikšmę iš svorio įverčio a ir padalinus iš tiriamojo ploto:

$$K_S = \frac{Ka}{\pi R^2}. \quad (4)$$

Kai pradiniai duomenys yra linijiniai, rastrinių duomenų gardelių reikšmės skaičiuojamos ta pačia tvarka, kaip ir anksčiau aprašytas atvejis (kai pradiniai duomenys yra taškiniai). Branduolio tankis turi būti įvertinamas kaip ir taško branduolio tankis, tačiau linijos branduolio tankio nustatymui sudaromas branduolio rastrinis paviršius aplink kiekvieną liniją. Kaip svorinis įvertis a skaičiuojant naudojamas linijos ilgis.

Kadangi gardelių reikšmių intervalai gali būti labai skirtingi ir įvairūs, todėl sudarant galutinius grėsmių rastrinius sluoksnius reikalinga suvienodinti nustatytų reikšmių skales. Uždaviniui išspręsti atliekamas reikšmių perklasifikavimas. Šio proceso metu perklasifikuojamo rastrinių sluoksnių gardelių reikšmės ar reikšmių intervalams suteikiamos naujos reikšmės, kurios gali kisti nuo 0 iki 9 (po vieną).

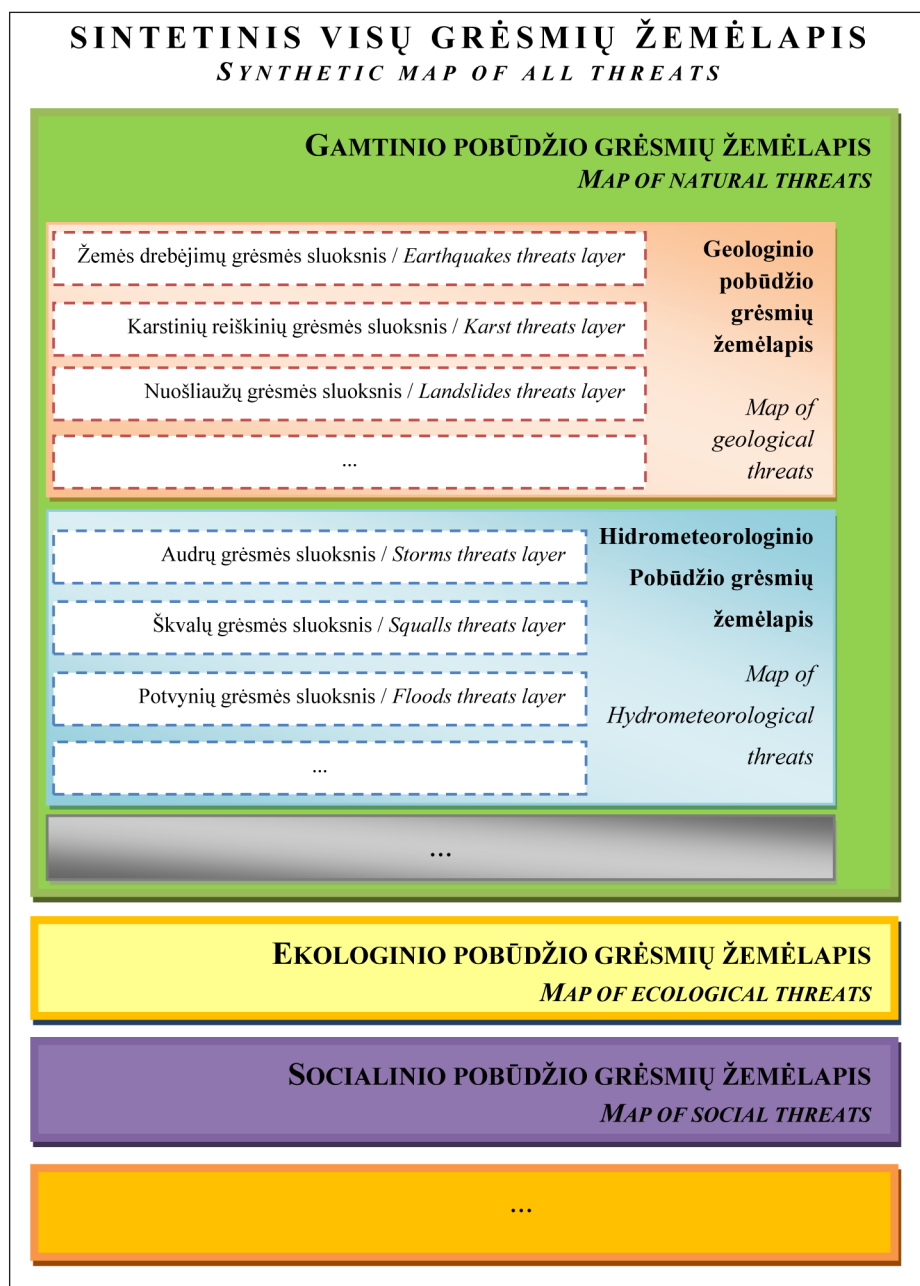
Vertinant grėsmių visumą, sukuriamas sintetinės grėsmės rastrinis sluoksnis, kurio gardelių svorio suma V nustatoma kiekvienoje sudaromo rastrinio sluoksnio gardelėje pagal formulę:

$$V = \sum_{i=1}^n a_i k_i, \text{ kur } \sum_{i=1}^n k_i = 1, \quad (5)$$

kur a yra svorio sumoje dalyvaujančių sluoksnių gardelių reikšmės.

Kuriant sintetinius grėsmių žemėlapius turi būti naudojama perdengimo analizė, kuri yra tinkamiausias būdas integruotai vertinti skirtingų šaltinių įvairius kriterijus, kai tiriamieji duomenys pasiskirstę erdvėje ir tuo pačiu naudojamos rastrinės duomenų bazės. Ši analizė leidžia sukurti tiek skirtingo pobūdžio grėsmių grupių sintetinius žemėlapius iš įvairių pavienių grėsmių sluoksnių, tiek bendrą Lietuvos teritorijos sintetinį grėsmių žemėlapi (2 pav.)

Sudarant sintetinius grėsmių žemėlapius iš įvairių kitų specifinių grėsmių sintetinių žemėlapių ar grėsmių sluoksnių, galima nustatyti jų svarbą (reikšmingumą). Priklausomai nuo poreikio visos grėsmės (ar tam tikro pobūdžio grėsmių žemėlapi) gali būti tokios pačios arba skirtingos svarbos



2 pav. Pavienių grėsmių sluoksnių principinė persidengimo analizės schema
Fig. 2. Principal scheme for overlapping analysis of individual extreme events layers

(pvz., gamtinio pobūdžio grėsmės gali būti svarbesnės nei socialinio pobūdžio). Šiuo atveju taip pat turi būti naudojamas svorinis perdengimas pagal [5] formulę.

GRĖSMIŲ IR RIZIKOS ANALIZĖS PAGAL SUKURTĄ MODELĮ METODIKA

Ekstremalūs įvykiai yra svarbūs tuomet, kai kyla grėsmė žmonėms, turtui, infrastruktūrai ar aplin-

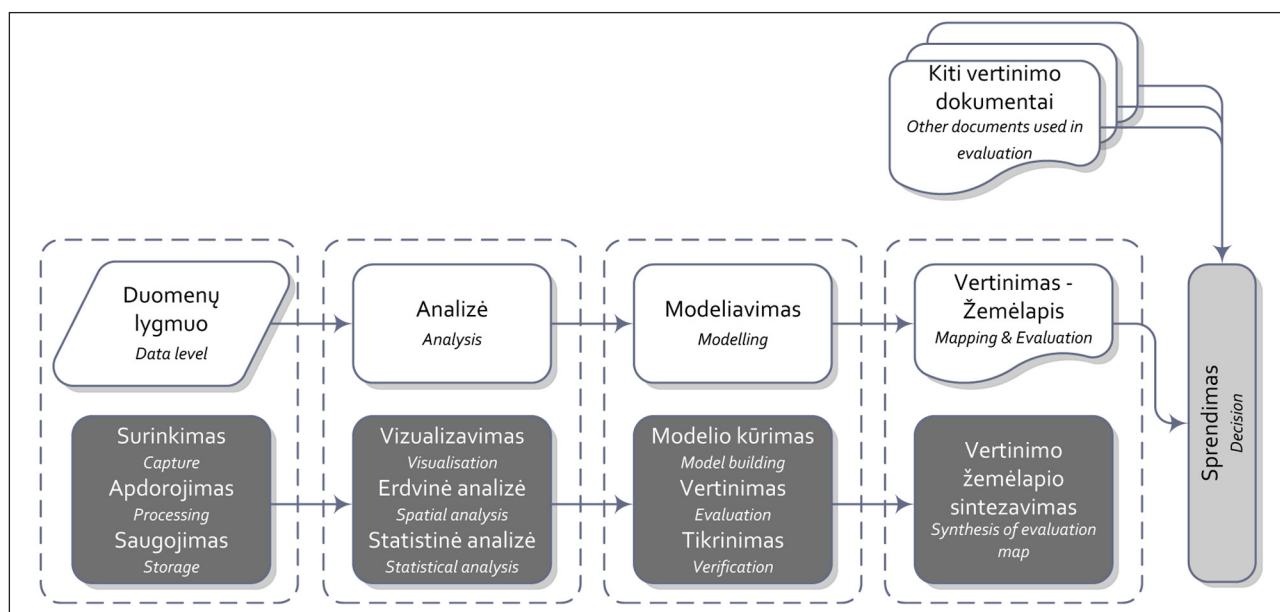
kai. Pvz., didelis potvynis ar sausra neapgyvendintame, tuščiame regione nesukeltų nelaimės ir įvertintas rizikos laipsnis būtų žemas. Jeigu toks pats įvykis atsitiktų tankiai apgyvendintame mieste, kur daug pramonės įmonių ar intensyvios žemdirbystės regione, rizika būtų didelė ar net labai didelė.

Teisingi prognozavimo ir vertinimo sprendimai visada paremti supančios aplinkos analizės rezultatais, o atlikti vertinimai ir prognozės yra neatskiriamos tvarios plėtros komponentės. Rizikos žemė-

lapio sudarymas remiasi gamtinės ir visuomenės veiklos erdviniais duomenimis ir jų kitimu bėgant laikui. Tokia rizikos vertinimo parametru gausa ir sudėtingumas bei didelis alternatyvų kiekis, egzistuojantys prieštaringi duomenys, nuolatinis įvairių duomenų apie aplinką kitimas gali būti aprėptas ir įvertintas panaudojant kintančio žemėlapių sudarymo modelį. Tokiame modelyje visuose jo etapuose turi būti naudojami šiam uždaviniui spręsti būtini erdvinės analizės metodai.

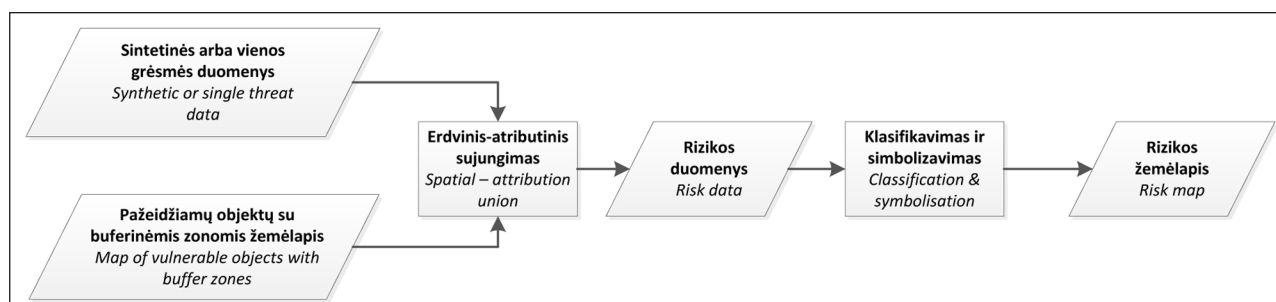
3 pav. parodyta principinė sprendimo priėmimo schema, atlikus vertinimą pagal sumodeliuotą žemėlapi, kuri gali būti pritaikyta kartografinėse sprendimų priėmimo sistemose ir EĮRV kartografinėje informacinėje sistemoje.

Rizikos žemėlapių sudarymo modelis, apimančias anksčiau pateiktoje schemoje matomas dalis, turi būti sudaromas naudojantis GIS programine įranga ir remiantis anksčiau aprašyta metodika. Modelio pateikiamas rezultatas: tiriamosios teritorijos rizikos žemėlapis, kurio gardelės reikšmės vaizduoja rizikos reikšmes, priklausančias nuo grėsmės intensyvumo ir naudmenos, kurioje kyla grėsmė, kombinacijos. Toks žemėlapis turi būti gaunamas atlikus Lietuvos teritorijos sintetinės (galimi įvairūs sintetinės ir pavienių grėsmių variantai) grėsmės sluoksnių (ar žemėlapių) erdvinį sujungimą su pažeidžiamų objektų buferinių zonų žemėlapiu. Šio veiksmo modelis pateiktas 4 pav.



3 pav. Sprendimo priėmimo principinė schema (remiantis erdviniais duomenimis)

Fig. 3. Principal scheme for a decision making process based on spatial data



4 pav. Rizikos žemėlapių kūrimo principinis modelis

Fig. 4. Principal model of risk mapping

Erdvinis-atributinis sujungimas gali pateikti skirtingas grėsmių ir naudmenų kombinacijas, taip parodydamas skirtingą riziką (4 pav.):

- 1) neintensyvios grėsmės ir nestipriai paveikiamos naudmenos – mažesnė rizika;
- 2) intensyvios grėsmės ir nestipriai paveikiamos naudmenos bei neintensyvios grėsmės ir stipriai paveikiamos naudmenos – vidutinė rizika;
- 3) intensyvios grėsmės ir stipriai paveikiamos naudmenos – didesnė rizika.

Prieš sukuriant rizikos žemėlapi (naudojant erdvinį-atributinį sujungimą), pirmiausia turi būti sukurti pažeidžiamų objektų ir sintetinis arba vienos grėsmės žemėlapiai.

EJRV SISTEMOS TESTAVIMAS METEOROLOGINIŲ DUOMENŲ PAVYZDŽIU

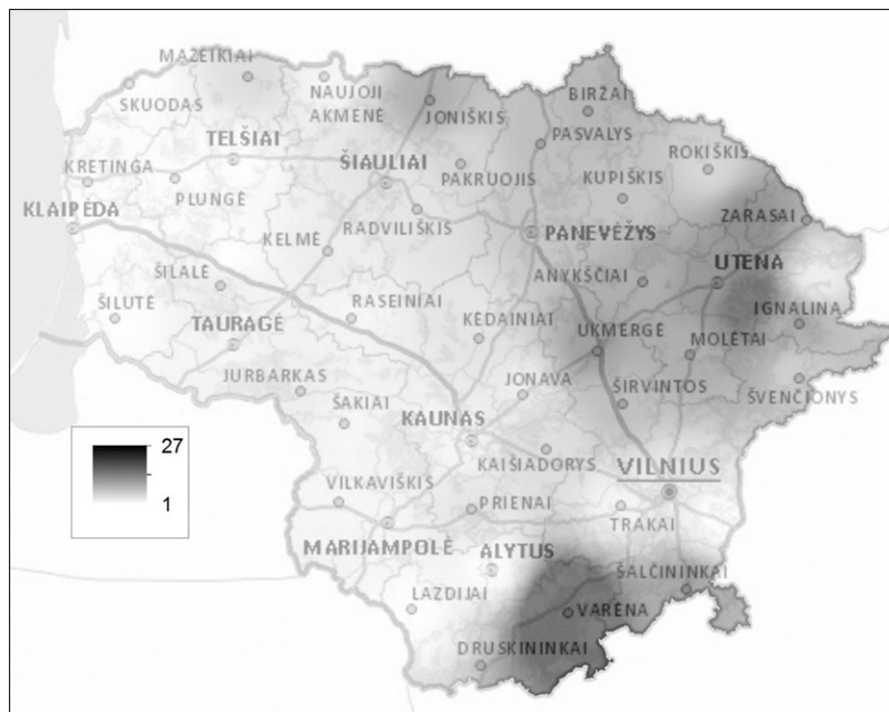
Anksčiau aprašyti sukurti metodai buvo panaudoti sudarant meteorologinių reiškinių grėsmės sintetinį žemėlapi. Šiam žemėlapiui naudoti rasteriniai sluoksniai, sudaryti iš meteorologinių stočių surinktos informacijos. Kai pradinių duomenų vieta (šiuo atveju – monitoringo taškai) yra

fiksuota, reikšmėms tarpinėse pozicijose sužinoti reikalinga naudoti interpoliaciją. Sukurtų grėsmių sluoksnių sąrašas pateiktas lentelėje. Sluoksnio pavyzdys pateiktas 5 pav. Panaudojus visus 14

Lentelė. Meteorologinių grėsmių sluoksnių sąrašas, naudotas meteorologinių reiškinių grėsmių sintetiniam žemėlapiui sutaryti

Table. List of meteorological threats layers used for mapping synthetic meteorological threats

Nr. No.	Pavadinimas / Name
1.	Ekstremalus speigas / Extreme case of cold
2.	Ekstremalus apšalas / Extreme case of rime
3.	Ekstremali kaitra / Extreme case of heat
4.	Ekstremali kruša / Extreme case of hail
5.	Ekstremalus lietus / Extreme case of rain
6.	Ekstremali lijundra / Extreme case of freezing rain
7.	Ekstremali pūga / Extreme case of blizzard
8.	Ekstremalus rūkas / Extreme case of fog
9.	Ekstremali šalna / Extreme case of frost
10.	Ekstremali sausra / Extreme case of drought
11.	Škvalas / Squall
12.	Ekstremalus snygis / Extreme case of snow
13.	Ekstremalus vėjas / Extreme case of wind
14.	Viesulas / Tornado



5 pav. Ekstremalaus speigo sluoksnio pasiskirstymo pavyzdys
Fig. 5. Sample layer of extreme cases of frost distribution

sluoksnių, buvo sukurtas meteorologinių reiškinių grėsmių sintetinis žemėlapis.

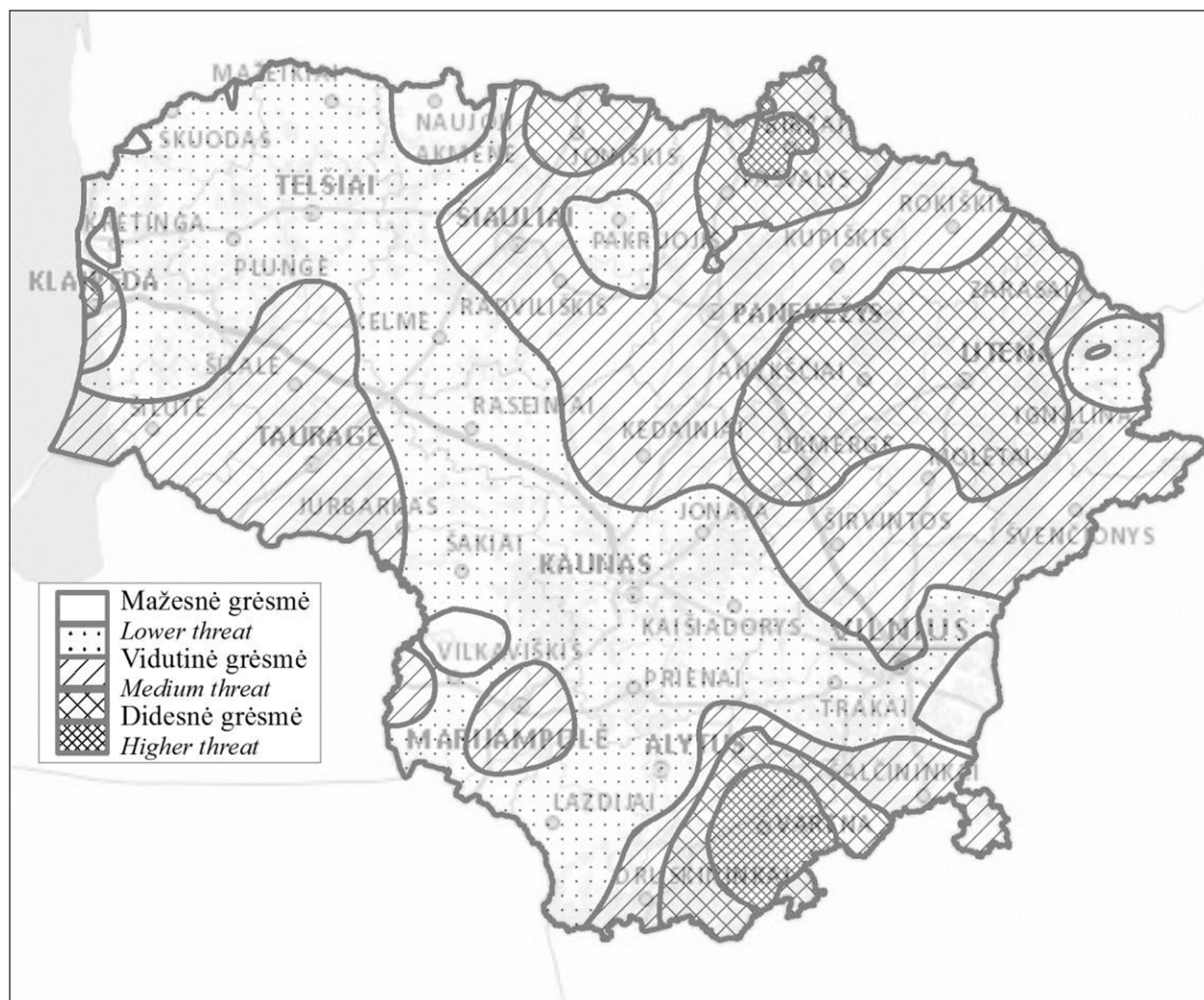
Lietuvos teritorijoje meteorologinės grėsmės intensyvumas pasiskirstęs gana tolygiai. Pasitelkus generalizaciją, duomenys buvo apibendrinti ir išskirti meteorologinės grėsmės rajonai (6 pav.).

Pagal sudarytą žemėlapi galima išskirti skirtingos nustatytos grėsmės rajonus:

- padidėjusios grėsmės: Klaipėdos pajūris; Joniškio, Pasvalio-Biržų; šiaurės rytų bei Varėnos rajonai;
- vidutinės grėsmės: Šilutės-Šilalės-Tauragės-Pagėgių; šiaurės-centro bei pietryčių rajonai;
- sumažintos grėsmės: šiaurės vakarų-centro-pietvakarių; Vilniaus-Trakų pasienio, Visagino apylinkių rajonai.

IŠVADOS

1. Ekstremalių įvykių rizikos prognozavimas, t. y. kompleksinis grėsmės Valstybės teritorijai vertinimas, yra labai reikšmingas, deja, praktiškai niekur pasaulyje nėra išvystytas iki visiškai veikiančios sistemos. Moksliniai ekstremalių įvykių rizikos vertinimo ir valdymo tyrimai dažniausiai dėl savo sudėtingumo apsiriboja maža teritorija arba vienu ar keliais tos pačios kilmės ekstremaliais įvykiais, kaip įvesties parametrais. Dauguma įdiegtų veikiančių ekstremalių įvykių rizikos vertinimo kartografinės informacijos sistemų yra tikslingai projektuojamos tik jau mažinant įvykusių ekstremalių įvykių pasekmes.



6 pav. Sintetinis meteorologinės grėsmės rajonų žemėlapis

Fig. 6. Map of regions of synthetic meteorological threats

2. Autoriui pavyko sukurti metodiką, paremtą skirtingų duomenų rinkinių integravimu. Ši metodika leidžia sukurti ir vystyti adaptyvią ekstremalių įvykių rizikos vertinimo kartografinės informacijos sistemą, realizuojamą GIS programinės įrangos aplinkoje. Sistemos pagrindiniai rezultatai yra žemėlapiai, apibendrinantys vieną ar kelis pasirinktus rizikos rodiklius. Siūlomas rizikos valdymo kartografinės informacinės sistemos modelis sudaro prielaidas susieti gamtinius ir visuomeninius geografinius ekstremalių įvykių rizikos veiksnus vienoje valdymo ir prognozavimo sistemoje. Modelis leidžia, prisidedant prie INSPIRE direktyvos įgyvendinimo Lietuvoje, sukurti valstybėje naujus geografinius duomenis tema „Gamtinių pavojų zonos“ (III direktyvos 12 priedas) (pažeidžiamos vietovės, suskirstytos pagal gamtinio pavojaus pobūdį – visi atmosferiniai, hidrologiniai, seisminiai ir savaiminių gaisrų reiškiniai, kurie dėl vietos, stiprumo ir dažnumo kelia grėsmę visuomenei).

3. Galima sukurti moksliskai pagrįstą ir technologiškai įgyvendinamą ekstremalių įvykių rizikos kompleksinę kartografinę metodą, kuris remiasi sintetiniais rizikos žemėlapiais.

4. Remiantis Lietuvoje viešai pasiekiamų geografinių duomenų rinkiniais, galima atlikti ekstremalių įvykių rizikos kompleksinę vertinimą. Ekstremalių įvykių rizikos vertinimo kartografinės informacijos sistemos modelis išbandytas praktiškai su Lietuvoje sukauptais pagrindinių ekstremalių meteorologinių įvykių erdvinių duomenų rinkiniais.

5. Sukurta metodika leidžia atlikti įvairių ekstremalių įvykių rizikos kompleksinę vertinimą bei sukurti sintezuotą grėsmių žemėlapi, kuriuo remiantis gali būti išskirti grėsmių rajonai.

Gauta 2012 11 29

Priimta 2012 12 14

LITERATŪRA

1. Blaikie P., Cannon T., Davis I., Wisner B. 1994. *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge, London.
2. Burton I., Kates R. W., White G. F. 1978. *The environment as hazard*. Oxford University Press, New York.
3. Cannon T. 1994. Vulnerability Analysis and the Explanation of 'Natural' Disasters. In: Varley A. (ed.). *Disasters, Development and Environment*. Chichester, New York, Brisbane, Toronto and Singapore: John Wiley & Sons. 13–29.
4. Chung C. F., Fabbri A. G., Van Westen C. J. 1995. Multivariate regression analysis for landslide hazard zonation. In: A. Carrara, F. Guzzetti (eds.). *Geographical information systems in assessing natural hazards*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 107–133.
5. Cutter S. L., Mitchell J. T., Scott M. S. 2000. Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*. 90(4): 713–737.
6. Giuliani G., Peduzzi P. 2011. The PREVIEW Global Risk Data Platform: a geoportal to serve and share global data on risk to natural hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 11: 53–66.
7. Granger K., Hayne M., Jones T., Middelmann M., Leiba M., Scott G. 2001. Natural hazards and the risks they pose to Southeast Queensland. https://www.ga.gov.au/products/servlet/controller?event=GEOCAT_DETAILS&catno=37282.
8. Granger K., Jones T., Leiba M., Scott G. 1999. Community risk in Cairns: a multi-hazard risk assessment. https://www.ga.gov.au/products/servlet/controller?event=GEOCAT_DETAILS&catno=33548
9. Granger K., Michael-Leiba M. 2001. Community risk in Gladstone: a multi-hazard risk assessment. https://www.ga.gov.au/products/servlet/controller?event=GEOCAT_DETAILS&catno=37429.
10. Jones T., Middelmann M., Corby N. 2005. Natural hazard risk in Perth, Western Australia – Cities Project Perth Report – 2005. <http://www.ga.gov.au/cedda/publications/685?yp=2005>
11. Kumpulainen S. 2006. Vulnerability concepts in hazard and risk assessment. Natural and technological hazards and risks affecting the spatial development of European regions. *Geological Survey of Finland, Special Paper*. 42: 65–74.
12. Middelmann M., Granger K. 2000. Community risk in Mackay: a multi hazard risk assessment. https://www.ga.gov.au/products/servlet/controller?event=GEOCAT_DETAILS&catno=35315.
13. Shepard D. 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings of the 1968 ACM National Conference*. 517–524.
14. Silverman B. W. 1986. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. *Monographs on Statistics and Applied Probability*, London: Chapman and Hall. 76.

Kęstutis Papšys

CARTOGRAPHIC METHOD OF COMPLEX EVALUATION OF EXTREME EVENTS RISK

S u m m a r y

At all times mankind has been interested in the quality of its living environment. Its evaluation can offer a variety of parameters. However, one of the more important parameters is the safety of the living environment. Generally, people are always concerned about how safe it is in their territory of residence and whether their property is secure. Considering the geographic situation of the Lithuanian territory in issue and characteristics in the territory concerned it is possible to identify threats, predict potential damages and evaluate the risk of their threats. A huge amount of the available information on extreme events and vulnerable objects as well as technological possibilities create the conditions for building a flexible and dynamic risk evaluation system necessary for the evaluation of the environment. Such a system would open the possibilities for various national institutions to predict the risk of extreme events individually or in combination and summarize it on the territory of Lithuania at various levels of completeness.

Key words: extreme event, risk, spatial modelling, map algebra, raster data, meteorological data, GIS, geographic information infrastructure