



ALEXANDRU IOAN CUZA
UNIVERSITY OF IAȘI

Pagina jurnalului
<http://www.geomatica.uaic.ro>



ELABORAREA HĂRȚILOR DIGITALE A UNOR RISCURI CLIMATICE ÎN BAZA TEORIEI VALORILOR EXTREME

Valentin Răileanu^a, Maria Nedelcov^a, Gheorghe Croitoru^b, Olga Crivova^a, Rodica Cojocari^a

^a Institutul de Ecologie și Geografie al Academiei de Științe a Moldovei

^b Ministerul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor, Chișinău, Moldova

INFORMAȚII ARTICOL

Keywords:
teoria valorilor extreme
distribuția Gumbel
perioada de revenire
hărți digitale

ABSTRACT

Fenomenele climatice extreme prezintă factori de risc pentru agricultură, sănătate, construcții, etc. și sunt intensiv studiate în ultimii ani utilizând teoria valorilor extreme. În articol sunt expuse unele relații ce descriu probabilitățile valorilor extreme pozitive în distribuțiile GEV și Gumbel. Ca exemplu sunt prezentate hărțile valorilor caracteristice și de referință ale încărcării de zăpadă pe sol și a presiunii dinamice a vântului cu probabilitatea de depășire într-un an de 0,02, echivalent cu intervalul mediu de revenire de 50 ani. Rezultatele obținute pot servi ca bază pentru elaborarea anexelor naționale la Eurocod 1, părțile 3 și 4 în construcții.

Introduction

În contextul schimbării climei recente și a încălzirii globale fenomenele climatice extreme prezintă factori de risc pentru economia națională. Vânturile puternice, inundațiile, ploile torențiale, valurile de căldură, gerurile cumplite și îndelungate, ninsorile abundente sau lipsa zăpezii în perioada de iarnă, grindina afectează puternic agricultura, sănătatea publică, transportul, construcțiile (edificii, poduri, șosele, baraje), etc. Toate acestea, conduc cu sine la prejudicii esențiale de energie electrică și termică, combustibil, resurse bugetare și pierderi de vieți omenești. Cu toate că fenomenele climatice extreme sunt

fenomene rare, frecvența și intensitatea lor simțitor s-a majorat în ultimele decenii. În acest context, studiul limitelor extreme de manifestare a unor fenomene meteorologice prezintă un interes deosebit.

În pofida faptului că cu cât fenomenul este mai puternic, cu atât el apare mai rar, totuși, probabilitatea de apariție este mai mare decât cea prezisă de distribuției normale pe axa timpului. Comportamentul valorilor extreme a unei variabile aleatorii este explicată prin intermediul Teoriei valorilor extreme, și anume, prin Distribuția Generalizată a Valorilor Extreme (GEV), care este explicată prin trei distribuții în dependență de semnul și valoarea parametrului de formă a

distribuției GEV: Weibull, Gumbel și Frechet.

În această lucrare, este descrisă succint teoria valorilor extreme, inclusiv distribuțiile GEV și Gumbel și aplicată pentru calculul și cartografierea valorilor de referință (caracteristice) ale presiunii dinamice a vântului și încărcării de zăpadă pe sol cu intervalul mediu de revenire (IMR) de 50 ani. Rezultatele pot servi ca bază pentru elaborarea anexelor naționale la Eurocod 1, părțile 3 și 4 în construcții. Menționăm, că distribuția Gumbel este utilizată de majoritatea țărilor europene pentru aceste elaborări.

Metodologia cercetării

Distribuția valorilor climatice maxime, în special a celor anuale, este exprimată (Gilleland, Katz, 2006) de Distribuția Generalizată a Valorilor Extreme (GEVD):

$$G(x; \mu, \sigma, \xi) = \exp \{-[1 + \xi(x - \mu)/\sigma]\}^{-1/\xi} \quad (1)$$

unde $-\infty < \mu < \infty$, $\sigma > 0$ și $-\infty < \xi < \infty$ sunt parametrii de locație, scară și formă corespunzător. În dependență de valoarea ξ , expresia (1) definește trei tipuri de distribuții: Weibull ($\xi < 0$), Gumbel ($\xi = 0$) și Frechet ($\xi > 0$). Fiecare dintre cele trei tipuri de distribuții are forme distincte de comportament în extremitățile (cozile) distribuției. Distribuția Weibull este limitată de sus, ceea ce înseamnă că există o valoare finită pe care maximul nu îl poate depăși. Distribuția Gumbel oferă o coadă ușoară, ceea ce înseamnă că, deși maximul poate lua valori infinit de mari, probabilitatea de a obține astfel de niveluri descrește exponențial. Distribuția Frechet este limitată de jos, descrește polinomial în partea de sus, astfel, încât valorile mai mari ale maximului să fie obținute cu o

probabilitate mai mare decât cazul distribuției Gumbel. Parametrii distribuției pot fi estimați prin metoda posibilității maxime (MLE).

În cazul când valoarea ξ este mică, probabilitățile distribuțiilor GEVD și Gumbel în cozile de sus practic sunt aceleași. În acest articol, pentru calculul valorilor de referință (caracteristice) cu intervalul mediu de revenire (IMR) a încărcării de zăpadă pe sol și a presiunii dinamice a vântului a fost utilizată distribuția Gumbel cu funcția de densitate a probabilității (PDF) și funcția distribuției cumulative (CDF):

$$f(x) = (1/\sigma) \exp(-z - \exp(-z)) \quad (2)$$

$$F(x) = \exp(-\exp(-z)) \quad (3)$$

unde $z = (x - \mu)/\sigma$, μ , și σ – locația și scara (parametrii distribuției), $f(x) = dF(x)/dx$.

Parametrii distribuției pot fi exprimați prin media x_{med} și deviația standard σ_1 al eșantionului:

$\mu = x_{med} - \gamma \sigma$, unde $\gamma \approx 0,5772$ – constanta Euler-Mascheroni, $\sigma = (\sqrt{6}/\pi) \sigma_1$. Prin urmare,

$$\mu = x_{med} - 0,45 \sigma_1 \text{ și } \sigma = 0,7797 \sigma_1. \quad (4)$$

Funcția quantila $x(p)$ specifică, pentru o probabilitate dată în distribuția probabilității a unei variabile aleatorii, valoarea la care probabilitatea variabilei aleatorii este mai mică sau egală cu probabilitatea dată. Perioada de revenire a acestei valori este egală cu $1/p$. Quantila este funcție inversă funcției de distribuție cumulativă $F(x)$. Pentru distribuția Gumbel, pentru maxime:

$$x(p) = \mu - \sigma \ln(-\ln(p)) \quad (5)$$

Prin urmare,

$$x(p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 * \ln[\ln(1/p)]\} \sigma_1 \quad (6)$$

Valoarea de referință (caracteristică) de a fi depășită într-un an cu probabilitatea p este egală cu

$$x(1-p) = x_{med} - \{0,45 + 0,7797 * \ln[\ln(1/1-p)]\} \sigma_1 \quad (7)$$

Valoarea de referință de a fi depășită într-un an cu probabilitatea $p = 0,02$ (interval mediu de revenire (IMR)=50 ani) este egală cu

$$x(0,98) = x_{med} + 2.5923\sigma_1 \quad (8)$$

Ca date inițiale pentru estimarea valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol au servit valorile maxime anuale ale adâncimii zăpezii (în cm) înregistrate la 16 stații meteorologice ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat în perioada 1966-2016 (56 ani), cu unele excepții (stațiile Bălțata – 55, Cahul – 55, Cornești – 51, Dubăsari – 54, Leova – 54, Rîbnița – 53, Soroca 55). Valorile maxime anuale sunt obținute din valorile maxime diurne și lunare. Valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol s_k este definită cu 2% probabilitate de depășire într-un an (interval mediu de recurență IMR=50 ani) și se calculează în repartiția Gumbel pentru maxime.

Trecerea de la înălțimea stratului de zăpadă la încărcarea din zăpadă se face prin înmulțire cu o valoare medie a greutateii specifice a zăpezii, fără a lua în considerare variabilitatea greutateii specifice [2]. Greutatea specifică a zăpezii este influențată de: grosimea stratului de zăpadă, temperatură, acțiunea vântului, umiditatea aerului, acțiunea ploii asupra zăpezii, acțiunea soarelui, timpul de la stabilirea stratului de zăpadă, etc. În prezent, nu există un model de calcul al încărcării din zăpadă care să țină cont

direct și explicit de contribuția și influența tuturor acestor factori.

În 2001 Joint Committee on Structural Safety (JCSS) a propus o formulă în care a introdus o limită superioară a greutateii specifice a zăpezii $\gamma(\infty)=5 \text{ kN/m}^3$ și o limită inferioară $\gamma(0)=1.7 \text{ kN/m}^3$:

$$\gamma = \frac{\lambda \gamma(\infty)}{h} \ln\left[1 + \frac{\gamma(0)}{\gamma(\infty)} (e^{h/\lambda} - 1)\right] \quad (9)$$

unde γ este greutatea specifică a zăpezii [kN/m^3], h este înălțimea stratului de zăpadă (m), iar parametrul $\lambda=0.85$. Valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol s_k este definită cu 2% probabilitate de depășire într-un an (interval mediu de recurență IMR=50 ani) și se calculează în repartiția Gumbel pentru maxime.

Ca date inițiale pentru calculul valorilor de referință a presiunii dinamice a vântului au servit valorile maxime anuale ale vitezei vântului înregistrate la 16 stații meteorologice ale Serviciului Hidrometeorologic de Stat, în perioada 1966-2016 (51 ani), dar nu mai puțin de 50 ani (stațiile Bălți și Bălțata). Valorile maxime anuale sunt obținute din valorile maxime diurne și lunare. Valorile de referință a presiunii dinamice a vântului sunt calculate din valorile de referință a vitezei vântului

Valoarea de referință a vitezei vântului [3] (viteza de referință a vântului), v_b este viteza caracteristică a vântului mediată pe o durată de 10 minute, determinată la o înălțime de 10 m, independent de direcția vântului, în câmp deschis (teren de categoria II cu lungimea de rugozitate convențională, $0 = 0,05 \text{ m}$) și având o probabilitate de depășire într-un an de 0,02 (ceea ce corespunde unei valori având intervalul mediu de recurență IMR = 50

ani). Valoarea de referință a presiunii dinamice a vântului [3] (presiunea de referință a vântului), q_b este valoarea caracteristică a presiunii dinamice a vântului calculată cu valoarea de referință a vitezei vântului: $q_b = 0,5\rho (v_b)^2$, în care ρ este densitatea aerului ce variază în funcție de altitudine, temperatură, latitudine și anotimp. Pentru aerul standard ($\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$), presiunea de referință (exprimată în Pascali sau kN/m^2) este determinată cu relația:

$$q_b = 0,625 (v_b)^2 \quad (10)$$

La etapa inițială pentru fiecare stație meteorologică au fost calculate valorile maxime anuale ale încărcării de zăpadă pe sol, utilizând relația (9), media și deviația standard ale eșantionului, apoi calculate valorile caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol cu IMR egal cu 50 ani conform ecuației (8). Interpolarea spațială a valorilor obținute cu extindere spre și elaborarea hărții digitale au fost efectuate utilizând metoda Spline (Curbură minimă) în mediul Sistemului Informațional Geografic ArcGIS 10 (Fig.1). Harta este proiectată în sistemul de coordonate UTM 84, zona 35, meridianul central 27° , coeficientul de scară 0,9996 și deplasare falsă spre EST 500000 m. Pe hartă sunt prezentate limitele raioanelor și municipiilor, centrele raionale, rețeaua geografică, precum și valorile caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol ale centrelor raionale și municipale și a unor stații meteorologice (Cornești, Bravica, Bălța).

Analiza rezultatelor obținute

Valorile caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol cu IMR egal cu 50 ani

variază în Republica Moldova în limitele $0,56...1,70 \text{ kN/m}^2$ (Figura 1). Cele mai mari valori se observă în bazinul mijlociu și inferior al Prutului cu extindere în regiunea Codrilor și în partea de nord a țării. Această situație poate fi explicată prin acțiunea Ciclonului Euroasiatic și influența curburii Carpaților, ținând cont și de zonalitate.

Valori intermediare pot fi observate în nord-estul și estul republicii. Cele mai mici valori sunt caracteristice raioanelor Cimișlia, Basarabeasca, Anenii Noi, UTA Căgăuzia și parțial Căușeni, Ialoveni ($<0,75 \text{ kN/m}^2$).

Valorile de referință au fost obținute din analiza valorilor maxime anuale a vitezei vântului în distribuția Gumbel (distribuție a valorilor extreme), utilizată de majoritatea țărilor europene la elaborarea anexelor naționale la Eurocod1 1 (EN 1991-1-4, 2005).

La etapa inițială, pentru fiecare stație meteorologică, au fost analizate valorile maxime anuale ale vitezei vântului și calculate media și deviația standard a eșantionului, precum și valoarea de referință pentru intervalul mediu de revenire de 50 ani conform formulei [8]. Valorile de referință a presiunii dinamice a vântului cu IMR egal cu 50 ani au fost calculate conform formulei [10].

Interpolarea spațială a valorilor obținute cu extindere spre frontiera țării și elaborarea hărții digitale au fost efectuate utilizând metoda Spline (Curbură minimă) în mediul Sistemului Informațional Geografic ArcGIS 10 (Figura 2). Valorile de referință ale presiunii dinamice a vântului cu IMR egal cu 50 ani variază în teritoriu în limitele $0,14...0,53 \text{ kN/m}^2$. Elementele suplimentare ale hărții corespund figurei 1. Pe hartă sunt prezentate valorile de referință ale

centrelor raionale și municipale și a unor stații meteorologice (Cornești, Bravica, Bălțața).

Pe hartă pot fi evidențiate trei zone cu valori mari: partea de nord-est, partea de sud-vest (parțial raioanele Leova,

Cantemir și Cahul) și partea de sud-est (raioanele Criuleni, Anenii Noi și Căușeni). Cele mai mici valori sunt specifice regiunii Codrilor cu extindere spre sud (parțial raioanele Strășeni, Ialoveni, Hîncești, Cimișlia).

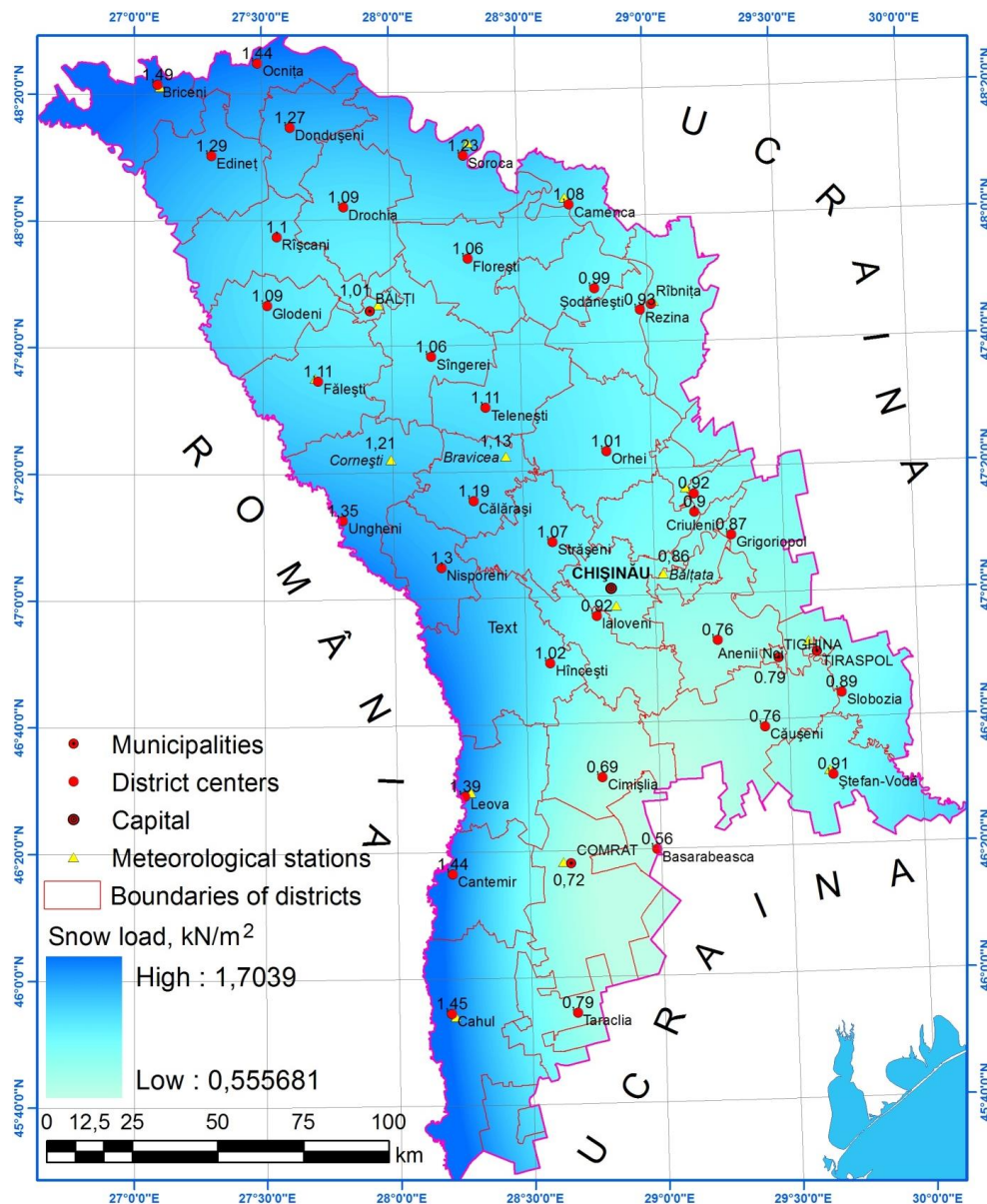


Figura 1. Republica Moldova. Harta valorilor caracteristice ale încărcării de zăpadă pe sol $s_k(\text{kN/m}^2)$ cu IMR=50 ani

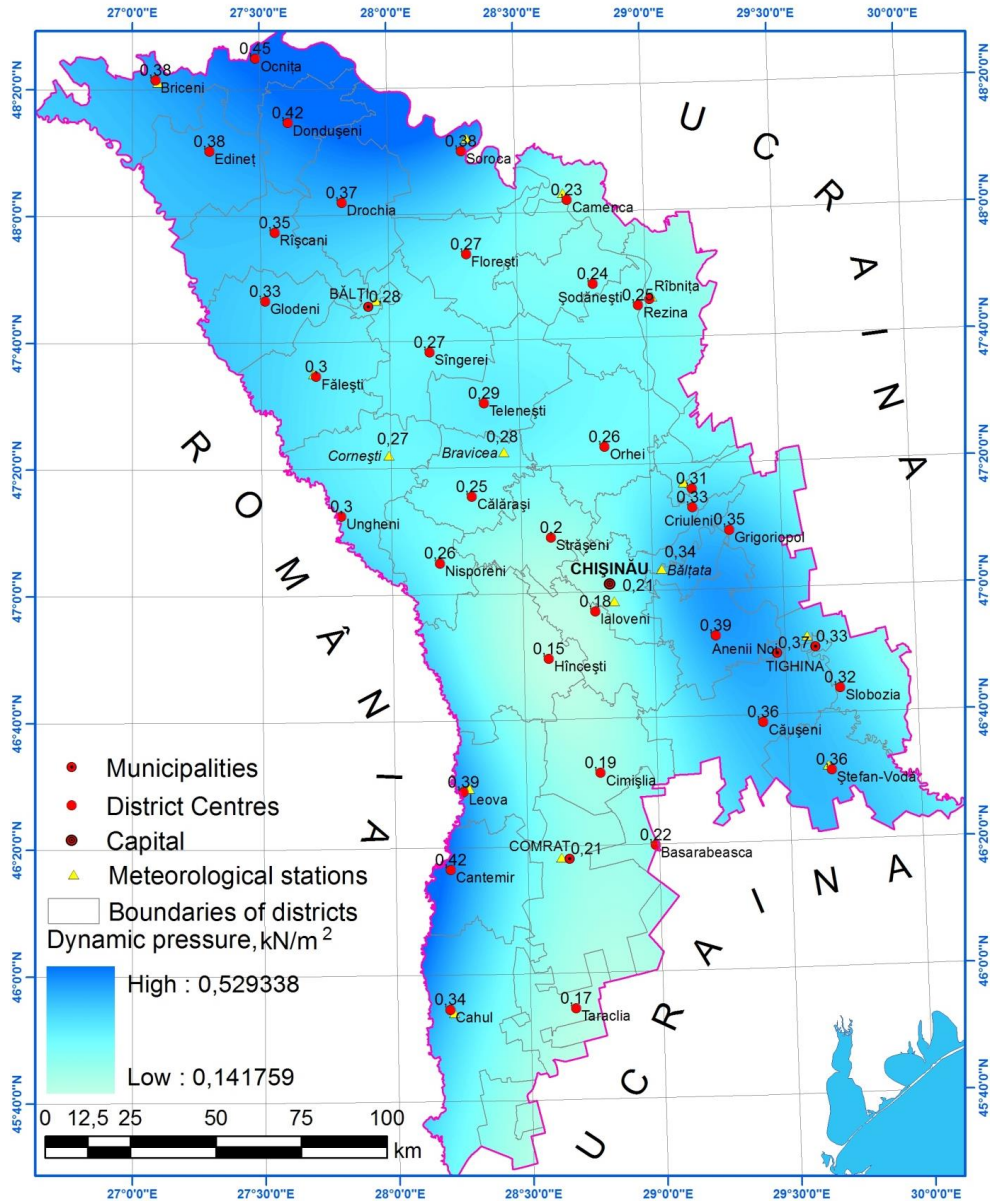


Figura 2 . Republica Moldova. Harta valorilor de referință ale presiunii dinamice a vântului q_b (kN/m^2) cu IMR=50 ani

Concluzii

Teoria valorilor extreme poate fi utilizată pentru analiza fenomenelor climatice de risc, calcularea și cartografierea anumitor valori climatice

extreme cu un anumită perioadă de revenire. Hărțile digitale ale valorilor de referință (caracteristice) ale presiunii dinamice a vântului și încărcării de zăpadă pe sol cu intervalul mediu de revenire (IMR) de 50 ani în teritoriul Republicii

Moldova, elaborate cu suportul Sistemelor informaționale Geografice, permit de a efectua o zonare a acestor valori. Rezultatele pot servi ca bază pentru elaborarea anexelor naționale la implementarea Eurocod-ului 1, părțile 3 și 4 în construcții.

BIBLIOGRAFIE

- Gilleland, E., Katz, R. W. (2006). Analyzing seasonal to interannual extreme weather and climate variability with Extremes Toolkit. www.assessment.ucar.edu/pdf/Gilleland_2006_revised.pdf.
- EN 1991-1-3 (2003) (English): Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-3: General actions - Snow loads. [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
- EN 1991-1-4: (2005) Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions. <https://archive.org/details/en.1991.1.4.2005>.