

CZU: 551.577.38(478)

DOI: 10.46727/cg.17-18-05-2024.p54-64

EVALUAREA STĂRII DE SECETĂ ÎN REPUBLICA MOLDOVA PRIN APLICAREA INDICILOR SPEI ȘI SDI

Tudor CASTRAVEȚ, Assoc. Prof., PhD, „Ion Creangă” State Pedagogical University from Chisinau, ORCID: 0000-0003-1657-4271; castravet.tudor@upsc.md

Ecaterina MELNICENCO, Moldova State University, ORCID: 0000-0002-2706-9417, ecaterina.melnicenco@ecocontact.md

Mihail GRIGORAȘ, State Hydrometeorological Service, ORCID: 0009-0006-6713-6190, mihail.grigoras@meteo.gov.md

Rezumat: Începând din 2010 Serviciul Hidrometeorologic de Stat a introdus în activitatea sa scara cu 4 culori (verde, galben, portocaliu și roșu), care reprezintă riscul gradual al fenomenelor periculoase prognozate. În acest moment, acest sistem de coduri este aplicat limitat în ceea ce privește starea de secetă. În această lucrare se propune un sistem de gradații ale intensității secetei, precum și metodologia de determinare a intensității fenomenului. Astfel, sunt utilizați indici ai secetei precum SPEI și SDI, calculați în baza datelor despre valorile lunare ale precipitațiilor, temperaturilor medii și debitelor râurilor pentru evaluarea stării de secetă.

Cuvinte-cheie: secetă, coduri de avertizare, SPEI, SDI, Republica Moldova

EVALUATION OF THE STATE OF DROUGHTS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA BY APPLYING THE SPEI AND SDI INDICES

Abstract: Starting from 2010, the State Hydrometeorological Service introduced in its activity the scale with 4 colours (green, yellow, orange and red), which represent the gradual risk of the forecasted dangerous phenomena. At the moment, this code system has limited application with respect to drought conditions. In this paper, a system of gradations of drought intensity is proposed, as well as the methodology for determining the intensity of the phenomenon. Thus, drought indices such as SPEI and SDI, calculated on the basis of data on monthly values of precipitation, average temperatures and river discharge, are used to assess the state of drought.

Keywords: drought, warning codes, SPEI, SDI, Republic of Moldova

INTRODUCERE

De-a lungul timpului, s-au propus diverse modalități de a defini seceta [10, 6]. Vorbim despre două clase de definiții: conceptuale și operaționale. Definițiile conceptuale oferă o descriere generală a fenomenului secetei, evidențiind natura sa de hazard natural [5]. Definițiile operaționale stabilesc criteriile specifice pentru a identifica durata și severitatea secetei. Acestea sunt mai utile în luarea de măsuri practice pentru a gestiona seceta [13], permițând identificarea debutului, severității și sfârșitului perioadelor de secetă [8].

Se deosebesc mai multe tipuri de secetă: meteorologică, agricolă, hidrologică, socio-economică și ecologică [7, 18, 2]. Conform Comisiei Europene (2010), riscul la secetă poate genera trei categorii de impact:

1. Impactul uman, evaluat ca număr de persoane afectate: decese, răniți grav sau bolnavi și persoane strămutate definitiv.

2. Impactul economic și de mediu, reprezentând costurile totale ale măsurilor de urgență imediate și pe termen lung ca: refacerea sistemelor agricole, infrastructurii, proprietăților și patrimoniului, refacerea mediului și alte costuri/daune de mediu, întreruperea activității economice, plăți de asigurări, alte costuri economice și sociale indirecte.

3. Impactul politic și social, evaluat de obicei semi-cantitativ, incluzând categorii precum: nemulțumirea și anxietatea publică, impactul psihologic și social, impactul asupra ordinii și siguranței publice și impactul politic.

Pentru a evalua severitatea unei secete, variabilele fizice (precipitații, temperaturi, debite etc.) sunt de obicei traduse în indici de secetă. Diferența dintre valorile acestora și pragul utilizat pentru a defini nivelul de uscăciune este considerată că descrie severitatea unei secete [17].

În scopul analizei secetei, o serie de indicatori și indici consacrați se utilizează pe scară largă la nivel internațional. În majoritatea studiilor cu referire la secetă, precipitațiile și temperatura sunt criteriile

dominante utilizate pentru a raporta apariția secetei. O astfel de abordare este de așteptat din cauza ușurinței de utilizare a indicilor de secetă meteorologică [4].

Indicele de evapotranspirație standardizat al precipitațiilor (SPEI), utilizat pe scară largă, a fost dezvoltat ca o extensie a *indicelui standardizat al precipitațiilor (SPI)*. SPEI se calculează ca un bilanț al apei (**Precipitații - Evapotranspirație Potențială**) pentru diferite perioade de timp [7, 16]. Valorile pozitive ale SPEI indică perioade umede, în timp ce valorile negative indică seceta. Valorile cuprinse între -0,99 și 0,99 indică condiții normale de umezire (Tab. 1).

Tab. 1 Clasificarea Indicelui Standardizat al Precipitațiilor și Evapotranspirației [7, 16]

Valoarea SPEI	Clasa de severitate a secetei
> 2,0	Extrem de umed
1,5 - 2,0	Sever umed
1,0 - 1,5	Moderat umed
0,5 - 1,0	Ușor umed
0,5 - -0,5	Normal
-0,5 - -1,0	Ușor uscat
-1,0 - -1,5	Secetă moderată
-1,5 - -2,0	Secetă severă
< -2,0	Secetă extremă

Indicii de secetă hidrologică sunt utilizați mai puțin frecvent în comparație cu celelalte două categorii - meteorologică și agro-climatică [4]. SDI (Streamflow Drought Index) este un indice modern și robust utilizat pentru evaluarea secetei hidrologice. A fost dezvoltat [9] folosind metodologia de calcul utilizată pentru indicele SPI (Indicele Standardizat al Precipitațiilor), pornind de valorile lunare ale debitului și metodele de normalizare asociate cu SPI.

Pe baza SDI se definesc stări de secetă hidrologică care sunt identice cu cele utilizate în indicii de secetă meteorologică SPI și SPEI. Sunt luate în considerare cinci stări care sunt notate printr-un număr întreg care variază de la 0 - non-secetă, la 4 - secetă extremă (Tab. 2).

Tab. 2 Clasificarea secetelor hidrologice după SDI [9]

Stare	Clasa de severitate a secetei	Valoarea SPEI
0	Fără secetă	<0
1	Secetă ușoară	-1,0 - 0
2	Secetă moderată	-1,5 - -1,0
3	Secetă severă	-2,0 - -1,5
4	Secetă extremă	< -2

MATERIALE ȘI METODE

Pentru calcularea indicelui SPEI a fost utilizat *SPEI Calculator*, un program care generează serii temporale ale indicelui din serii temporale ale precipitațiilor și temperaturilor medii, plus coordonatele geografice ale stației [16]. Indicele SPEI a fost calculat pentru 5 scări de timp, de 1, 3, 6, 12 și 24 luni. Seceta la aceste scări de timp este relevantă pentru: agricultură (1 și 3 luni), hidrologie (6 și 12 luni) și, respectiv, impactul socioeconomic (24 de luni). SPEI a fost calculat pentru fiecare lună a anului pentru o perioadă de 60 ani, 1991-2020, cuprinzând 2 intervale standard a câte 30 ani, pentru 11 stații meteorologice.

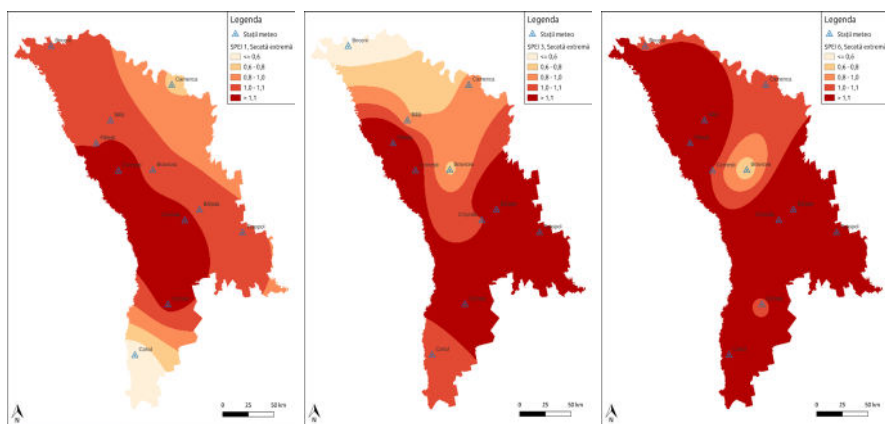
Pentru calcularea indicelui SDI a fost utilizat codul publicat de Vicente-Serrano, utilizat pentru calculul indicelui SPI [15]. Drept parametri de intrare au servit serii de timp istorice ale valorilor lunare ale debitelor (mediile lunare) cu o durată de 60 ani, 1961-2020, pentru 8 posturi hidrologice. SDI a fost calculat la scară lunară pentru intervalele de acumulare de: 1, 3, 6, 12 și 24 luni. Dat fiind utilizarea unei singure intrări, debitul, un punct slab al indicelui SDI este faptul că acesta nu ia în considerare deciziile de management, astfel nefiind recomandat pe râurile cu scurgere regularizată (baraje, lacuri de acumulare).

REZULTATE

Frecvența secetelor a fost calculată ca raport între numărul de apariții din fiecare categorie SPEI și numărul total de evenimente numărate pentru toate stațiile dintr-o anumită regiune și pentru un anumit SPEI

calculat pentru diferite întârzieri (1, 3, 6, 12 și 24 luni). Scopul a fost identificarea tiparelor spațiale de distribuție a frecvenței secetelor moderate, severe și extreme pe țară, pentru diferite întârzieri SPEI, pe baza distribuției individuale a frecvenței stației. Distribuția de frecvență a valorilor SPEI a fost calculată pentru fiecare stație, iar apoi spațializată la nivel de țară.

Distribuția spațială a categoriilor de secetă după frecvență arată, pentru secetele extreme, o frecvență ridicată (peste 1,1% din durata totală perioadei de studiu) în partea central-vestică a Republicii Moldova, înregistrându-se tendința de descreștere a frecvenței secetelor extreme (după SPEI1) spre NE și SV. Conform SPEI3, secetele extreme au o frecvență ridicată (peste 1,1%) în partea vestică, sudică și sud-estică a Republicii Moldova, înregistrându-se tendința de descreștere a frecvenței secetelor extreme spre N și SV. Conform SPEI6, secetele extreme au o frecvență ridicată (peste 1,1%) în cea mai mare parte a Republicii Moldova, mai puțin în Podișul Codrilor și Podișul Nistrului (Fig. 1).



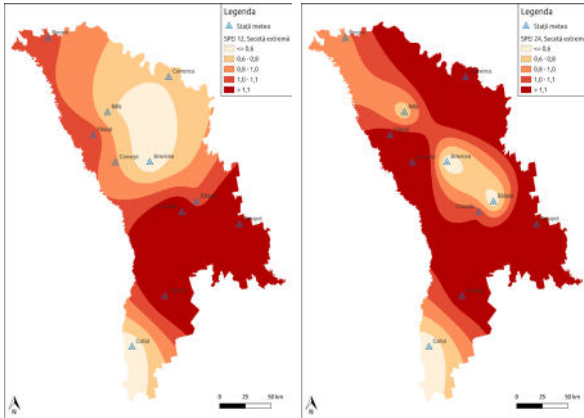


Fig. 1 Distribuția spațială a frecvenței secetei extreme după SPEI: 1, 3, 6, 12 și 24

Seceta hidrologică poate fi identificată, de asemenea, din indicele SPEI12, pe când SPEI24 descrie bine seceta socio-economică. Astfel, conform SPEI12, distribuția spațială a categoriilor de secetă, după frecvență, arată, pentru secetele extreme, o frecvență ridicată (peste 1,1% din durata totală perioadei de studiu) în Sud și Sud-Est, și mai redusă în Podișul Codrilor și Podișul Nistrului. Indicele SPEI24, arată o distribuție spațială a categoriilor de secetă, după frecvență, pentru secetele extreme, cu o frecvență ridicată (peste 1,1% din durata totală perioadei de studiu) în Vest, Est și Sud-Est, și mai redusă în Podișul Codrilor și Podișul Moldovei de Nord (Fig. 1).

Discuții

Dezvoltarea unui singur indicator combinat de secetă care să folosească informațiile meteorologice, hidrologice etc. ar permite monitorizarea într-un mod mai eficient a declanșării secetei și evoluției acesteia în timp și spațiu. Odată cu utilizarea unui singur indice pentru a declanșa un răspuns, procesul devine mai eficient și potențialul de a lua decizii incorecte va fi redus (Sepulcre-Canto et al., 2012).

Serviciul Hidrometeorologic de Stat al Republicii Moldova, pe baza analizei detaliate a coeficientului hidrotermic Selyaninov (CHT), a

stabilit că valoarea $CHT=0,6$ vorbește despre o secetă ușoară, iar $CHT \leq 0,5$ - o secetă puternică și foarte puternică [12].

Începând din 2010 Serviciul Hidrometeorologic de Stat a introdus în activitatea sa scara cu 4 culori, care reprezintă riscul gradual al fenomenelor periculoase prognozate, după cum urmează: VERDE, GALBEN, PORTOCALIU și ROȘU. Prin introducerea acestor coduri, Serviciul Hidrometeorologic de Stat asigură informarea corespunzătoare a populației în cazurile posibile de declanșare a fenomenelor potențial periculoase, legate de vreme, climă și apă, cât și de poluarea înaltă și excepțională a aerului [12].

Pentru avertizarea privind debutul stării de secetă propunem următoarele gradații și criterii, bazate pe evaluarea concomitentă a indicelui SPEI (pentru intervalul de 1 lună și 3 luni) și SDI (la fel, intervalul de 1 lună și 3 luni) (Tab. 3).

Codul VERDE: nu indică nicio precauție particulară pentru perioada imediat următoare, dar nu implică lipsa completă a episoadelor scurte (până la 1 decadă) de valuri de căldură sau uscăciune.

Codul GALBEN: corespunde situației de Atenție, se va folosi pentru situațiile când indicele SPEI3 înregistrează valori mai mici de -1 (ceea ce corespunde secetei moderate, dar prelungite mai mult de 1 lună) sau $SPEI1 < -2$ (corespunzător - secetei extreme), dar fără a fi înregistrată seceta hidrologică: $SDI 1 > -1$. În aceste situații, SHS informează Ministerul Mediului pe canale oficiale despre necesitatea declanșării stării de Atenție la Secetă. Consecvent, se declanșează acțiunile de reacție prevăzute în Hotărârea de Guvern Nr. HG779/2013 din 04.10.2013 (cu modificările propuse în 2023), pentru aprobarea Regulamentului cu privire la planificarea gestionării secetei (Tabel 1, HG779/2013). Se recomandă urmărirea periodică a evoluției fenomenelor meteorologice pentru detalii cu privire la intensitatea fenomenelor în decadele următoare.

Codul PORTOCALIU: corespunde situației de Avertizare de secetă, se va folosi pentru situațiile când indicele SPEI3 înregistrează valori mai mici de -1 (ceea ce corespunde secetei moderate prelungite) sau $SPEI1 < -2$

(corespunzător - secetă extremă), concomitent înregistrându-se și seceta hidrologică: $SDI1 < -1$. În aceste situații, SHS informează Ministerul Mediului pe canale oficiale despre necesitatea declanșării stării de Avertizare de Secetă. Se înregistrează secetă cu potențial periculos de intensitate mare, care poate influența negativ activitățile socio-economice și pot cauza daune materiale substanțiale. Astfel, se declanșează acțiunile de reacție prevăzute în Hotărârea de Guvern Nr. HG779/2013 din 04.10.2013 (cu modificările propuse în 2023), pentru aprobarea Regulamentului cu privire la planificarea gestionării secetei, Tabel 1 [19].

Tab. 3 Sistemul de gradații privind declanșarea stării de secetă (m-1 – în raport cu luna anterioară)

Nivel	Culoare	SPEI		SDI
Atenție	Galben	$SPEI3 < -1$ sau $SPEI1 < -2$	&	$SDI1 > -1$
Avertizare	Portocaliu	$SPEI3 < -1$ sau $SPEI1 < -2$	&	$SDI1 < -1$
Alertă	Roșu	$SPEI3 < -1$ sau $SPEI1 < -2$	&	$SDI3 < -1$ sau $SDI1 < -2$
Recuperare parțială		$SPEI3(m-1) < -1$ și $SPEI3 > -1$ sau $SPEI1(m-1) < -2$ și $SPEI1 > -2$	&	$SDI3(m-1) < -1$ și $SDI3 > -1$ sau $SDI1(m-1) < -2$ și $SDI1 > -2$
Recuperare totală	Verde	$SPEI3(m-1) < -1$ și $SPEI3 > -1$ sau $SPEI1(m-1) < -2$ și $SPEI1 > -2$	&	$SDI1 > -1$

Codul ROȘU: corespunde situației de Alertă de secetă, condițiile fiind foarte periculoase. Sunt prognozate fenomene de secetă de intensitate extremă, sunt posibile daune materiale de proporții mari. Există probabilitatea instituirii situației excepționale pentru regiuni extinse. Se va folosi pentru situațiile când: indicele $SPEI3 < -1$ sau $SPEI1 < -2$ și, concomitent, $SDI 3 < -1$ sau $SDI 1 < -2$. În aceste situații, SHS informează Ministerul Mediului pe canale oficiale despre necesitatea declanșării

stării de Alertă de Secetă. Se înregistrează secetă cu potențial periculos de intensitate mare și foarte mare, care poate influența negativ activitățile socio-economice și naturale și pot cauza daune economice și ecologice substanțiale. Astfel, se declanșează acțiunile de reacție prevăzute în Hotărârea de Guvern Nr. HG779/2013 din 04.10.2013 (cu modificările propuse în 2023), pentru aprobarea Regulamentului cu privire la planificarea gestionării secetei, Tabel 1 [19].

CONCLUZII

Gama de indici și indicatori utilizați în mod obișnuit pentru a detecta seceta, în general și seceta agricolă, în special, complică procesul de luare a deciziilor care declanșează un răspuns la secetă. Această complexitate poate duce la non-declanșarea răspunsurilor în timp util și adecvat, sau la declanșarea răspunsurilor atunci când nu sunt necesare. În plus, este probabil ca principalii utilizatori ai indicilor de secetă să fie factorii de decizie și părțile interesate care nu au neapărat cunoștințe despre punctele forte, punctele slabe și interpretarea corectă a fiecărui indice.

Monitorizarea continuă a indicilor climatici, precum SPEI și SDI, este importantă pentru a identifica și a anticipa perioadele de secetă. Informațiile despre frecvența și distribuția spațială a secetei pot fi utile pentru planificarea culturilor, implementarea strategiilor de adaptare la secetă și protecția mediului. Zonele cu frecvență ridicată a secetei pot necesita măsuri speciale de protecție a mediului și a economiei.

CONTRIBUȚII

Studiul a fost realizat în cadrul subprogramului „Evoluția proceselor naturale din zona de stepă a Republicii Moldova în contextul schimbărilor climatice și al impactului antropoc”, Codul subprogramului: 040121, din cadrul Programului instituțional de cercetare al UPSC pentru perioada 01.01.2024-31.12.2027, aprobat în ședința Consiliului Consultativ pentru Știință și Tehnologie din data de 10 ianuarie 2024.

BIBLIOGRAFIE

- [1] ZARUBA O., MENCL V. Alunecările de teren și stabilizarea lor. București. 1974.
- [2] Niranga ALAHACON & Mahesh EDIRISINGHE (2022) A comprehensive assessment of remote sensing and traditional based drought monitoring indices at global and regional scale, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 13:1, 762-799, DOI: 10.1080/19475705.2022.2044394
- [3] Upasana Priyambada BHUYAN-ERHARDT, Annette MENZEL, Achim BRÄUNING, Drought Quantification by Multivariate Indices and Their Validation Against Various Environmental Data, *Universitätsbibliothek der TU München*, 2018
- [4] EC (2010) Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management. EUROPEAN COMMISSION, Brussels
- [5] KCHOUK, S., MELSEN, L. A., WALKER, D. W., and van OEL, P. R.: A geography of drought indices: mismatch between indicators of drought and its impacts on water and food securities, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 22, 323-344, <https://doi.org/10.5194/nhess-22-323-2022>, 2022
- [6] KNUTSON, C., HAYES, M., and PHILLIPS, T.: How to reduce drought risk, Drought Mitigation Center Faculty Publications, 168, available at: <https://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/168> (last access: 21 May 2021), 1998
- [7] LLOYD-HUGHES, B.: The impracticality of a universal drought definition, *Theor. Appl. Climatol.*, 117, 607-611, 2014
- [8] MCKEE B Thomas., DOESKEN J Nolan. and KLEIST John, 1993, The relationship of drought frequency and duration to time scales, *Proceedings of ninth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, Boston, 179-184.
- [9] MISHRA, A. K. and SINGH, V. P.: A review of drought concepts, *J. Hydrol.*, 391, 202-216, 2010
- [10] NALBANTIS, I. and G. TSAKIRIS, 2009: Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23(5): 881-897. DOI 10.1007/s11269-008-9305-1
- [11] SANTOS PEREIRA, L., CORDERY, I., and IACOVIDES, I.: Water Scarcity Concepts, in: *Coping with Water Scarcity: Addressing the Challenges*, Springer Netherlands, Dordrecht, 7-24, <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9579-5>, ISBN 978-1-4020-9578-8, 2009.
- [12] SEPULCRE-CANTO, G., S. HORION, A. SINGLETON, H. CARRAO, și J. VOGT. 2012. „Development of a Combined Drought Indicator to Detect Agricultural Drought

in Europe". *Natural Hazards and Earth System Sciences* 12 (11): 3519–31.

<https://doi.org/10.5194/nhess-12-3519-2012>

[13] SHS, Caracterizarea codurilor internaționale cu 4 culori, instituite de către Serviciul Hidrometeorologic de Stat în activitatea sa,

https://old.meteo.md/mold/carac_cod.htm

[14] University of Hawaii School of Ocean, Earth Science and Technology (SOEST) Department of Meteorology and the Social Science Research Institute (SSRI), Drought Risk and Vulnerability Assessment and GIS Mapping Project, Commission on Water Resource Management Department of Land and Natural Resources State of Hawaii, 2003

[15] United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Knowledge Hub, UNCCD Terminology <https://knowledge.unccd.int/unccd-terminology> Last retrieved Jan. 2019

[16] VICENTE-SERRANO, S. M. y CUADRAT, J.M. Desarrollo de un método analítico para la obtención del SPI (Standardized Precipitation Index) como herramienta para el seguimiento prevención de sequías climáticas. Comunicación oral. VII Reunión nacional de Climatología. Albarracín (Teruel). 2002

[17] VICENTE-SERRANO, S. M., S. BEGUERÍA, and J. I. LÓPEZ-MORENO, 2010: A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *J. Climate*, 23, 1696–1718, <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>.

[18] VOGT, J. V., NAUMANN, G., MASANTE, D., SPINONI, J., CAMMALLERI, C., ERIAN, W., PISCHKE, F., PULWARTY, R., and BARBOSA, P.: Drought Risk Assessment and Management, Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-97469-4, available at: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC113937> (last access: 2 February 2022), 2018

[19] WILHITE, Donald A. and GLANTZ, Michael H., Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions, 1985, Drought Mitigation Center Faculty Publications. 20. <http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/20>

[20] Hotărârea de Guvern Nr. HG779/2013 din 04.10.2013 (cu modificările propuse în 2023), pentru aprobarea Regulamentului cu privire la planificarea gestionării secetei)