

Știința cu cetățeni (Citizen Science) – instrument important în cercetarea silvică

D. Lupaștean

Lupaștean D., 2024. Citizen Science (CS) – an important instrument in forest research. *Bucov. For.* 24(2): 191-199

Abstract. Citizen science could be a complementary tool in ecological research and environmental protection, including the forestry sector, contributing to the generation of a significant volume of data, increasing public awareness of forest-related issues, and strengthening the connection between citizens and forest ecosystems. At the same time, it provides a solid scientific foundation for decision-making. This article explores the definition and origins of the concept of citizen science, as well as its role in forestry research, analyzing various relevant projects from different areas of forest research. Additionally, the main benefits of using this tool are highlighted, along with the challenges it presents and possible solutions to mitigate them, while also emphasizing future development prospects in the context of technological advancements in data collection and analysis.

Keywords: citizen science, forest research, benefits, limits, prospects.

Author Daniela Lupaștean (daniela.lupastean@usm.ro) - "Ștefan cel Mare" University of Suceava, Faculty of Forestry, 13 Universității, 720229 Suceava, Romania

Manuscript received November 10, 2024; revised November 30, 2024; accepted December 10 2024; online first December 31, 2024.

Introducere

Știința cu cetățeni (SC) este o sintagmă ce definește participarea persoanelor care nu sunt specialiste într-un domeniu în demersul științific pentru a formula întrebări, a colecta date sau a interpreta rezultate. În general, în proiecte de SC, se stabilesc colaborări eficiente între amatori¹ și specialiști din domeniu, prin amatori, înțelegându-se persoane care nu sunt ¹Amator (conform Micului Dicționar Academic, 2010) înseamnă o persoană „căreia-i place o artă, o știință etc. și o cultivă pentru propria sa plăcere, fără a se îndeletnici cu ea cu tot dinadinsul sau a o avea ca meserie”. Termenul provine din limba latină, de la verbul *amare*, care înseamnă a iubi, a adora. Astfel, trebuie să excludem nuanța peiorativă pe care o asociază frecvent termenului de amator, termenul referindu-se la participanții la proiectele CS, care nu se încadrează în categoria specialiștilor în domeniul abordat.

specializate în domeniul respectiv, dar care pot avea un nivel ridicat de expertiză prin prisma pasiunii pe care o manifestă (Miller-Rushing, Primack et al. 2012).

Conceptul a evoluat semnificativ în ultima perioadă, pe fondul dezvoltării semnificative a mijloacelor de comunicare, facilitând participarea și colaborarea voluntarilor din diverse regiuni ale Globului la proiecte de cercetare. În contextul accesului limitat la resursele pentru derularea activităților de cercetare și a conștientizării tot mai extinse a publicului în problematica de mediu, SC a câștigat tot mai mult teren. Fie că este vorba despre studii de biodiversitate, monitorizarea speciilor invazive sau raportarea poluării aerului, nivelul de implicare a comunităților în cercetarea științifică este

în continuă creștere.

SC deține un potențial major de dezvoltare ca urmare a avantajelor ce rezultă din faptul că, prin implicarea unui număr mare de participanți, asigură accesul la un volum mare de date colectate din locații diferite, situate la distanță mare una de alta, inclusiv din zone cu accesibilitate redusă (Fraisl et al. 2022), permițând extinderea în timp și spațiu a cercetărilor. Rezultă de aici un beneficiu major constând în înțelegerea proceselor ce au loc la scară geografică mare, aspecte greu de explorat cu instrumente de cercetare tradiționale (Dickinson et al. 2010). De asemenea, prin participarea publicului larg, informațiile științifice devin accesibile publicului cu diferite niveluri de pregătire, crescând gradul de conștientizare a cetățenilor în legătură cu diverse probleme referitoare la evoluția stării și la managementul pădurilor, reducând distanța dintre știință și public (Bonney et al. 2015) și crescând gradul de implicare a comunităților în problematica studiată. Prin implicarea voluntarilor, costurile cercetărilor se diminuează considerabil, iar prin faptul că voluntarii activează în domenii diferite și au abilități diferite pot aduce perspective noi, către soluții alternative. Datele colectate prin SC, duc la creșterea gradului de conștientizare a publicului în legătură cu problemele de mediu, prin participarea la proiecte de SC ce pot, în numeroase situații, influența deciziile politice în legătură cu strategiile forestiere.

Scopul articolului este de a aduce în atenția cititorilor importanța SC în dezvoltarea cercetării științifice, evidențiind posibilitatea participării publicului larg, inclusiv a studenților, la proiecte de cercetare, beneficiile și provocările asociate acesteia, efectele asupra conștientizării publicului privind problematica gestionării resurselor naturale, în general, și forestiere, în particular.

Scurt istoric

Primele acțiuni care au implicat participarea publicului în activități științifice s-au desfășurat înainte de secolul al XIX-lea. Printre acestea se numără corespondența unor naturaliști cu obser-

vatori amatori în scopul acumulării de informații, precum cea derulată de Charles Darwin cu aprox. 2000 de persoane din toată lumea pentru dezvoltarea teoriei evoluției (<https://www.darwinproject.ac.uk/>). De asemenea, numeroase societăți științifice au contribuit la crearea unei legături între activitatea științifică și public, precum: Linnean Society of London (încuraja naturalistii amatori să studieze plantele și animalele), Royal Society of London (publica observații realizate de exploratori și amatori), British Association for the Advancement of Science (organiza întâlniri și conferințe deschise publicului, facilitând colaborarea între oameni de știință profesioniști și amatori), Meteorological Society (încuraja fermierii și navigatorii să înregistreze date meteorologice), respectiv Société d'Histoire Naturelle (încuraja amatorii și profesorii de liceu să colecționeze și să clasifice speciile).

În secolul al XX-lea, apar primele inițiative organizate de implicare a publicului în cercetarea științifică. Unul dintre cele mai vechi și mai cunoscute proiecte, care continuă și astăzi, Christmas Bird Count, a fost inițiat în 1900 de către un ornitolog, membru al National Audubon Society din SUA, și constă într-un recensământ anual al păsărilor, derulat de către voluntari, atât ornitologi profesioniști, cât și amatori, în perioada 14 decembrie – 5 ianuarie. Inițiativa a fost adoptată la nivel internațional, devenind un model pentru numeroase alte proiecte din domeniul ecologiei.

În cea de-a doua jumătate a secolului al XX-lea, se derulează numeroase proiecte în domeniul conservării biodiversității și monitorizării calității aerului și apei.

Progresul tehnologic înregistrat în anii 1990, marcat de apariția Internetului și a bazelor de date on line, a avut drept efect o intensificare a implicării publicului în cercetarea științifică. Dezvoltarea telefoanelor inteligente și a aplicațiilor mobile a revoluționat colectarea de date.

Voluntarii, deținând telefoane inteligente cu receptoare GPS, pot furniza informații despre specii și situații în timp real. În plus, telefoanele pot fi conectate la senzori care măsoară și înregistrează parametri ai mediului abiotic, precum calitatea aerului și temperatura.

Evoluția termenului de SC

Termenul „Citizen Science” a fost introdus în Dicționarul Oxford al Limbii Engleze în anul 2014, ca o extensie a termenului „citizen” și a fost definit drept „scientific work undertaken by members of the general public, often in collaboration with or under the direction of professional scientists and scientific institutions (activitate științifică întreprinsă de membri ai publicului larg, adesea în colaborare cu sau sub îndrumarea oamenilor de știință profesioniști și a instituțiilor științifice)” (OED 2016). Cercetătorii englezi menționează că termenul a fost utilizat în forma actuală, pentru prima dată, într-un articol din MIT Technology Review, în 1989, referitor la implicarea publicului în colectarea de date cu caracter științific.

Totuși, introducerea termenului este atribuită lui Alan Irwin, în 1995, în cartea „Citizen Science: A Study of People, Expertise, and Sustainable Development” (Irwin 1995). Profesor de știință și tehnologie britanic, acesta a fost preocupat îndelung de relația dintre oamenii de știință și publicul larg, iar în cartea menționată acesta propune modalități inventive prin care să se creeze relații productive între oamenii de știință și cetățeni, pentru abordarea problemelor de mediu, subliniind interacțiunea dintre înțelegerea științei de către public și înțelegerea publicului prin știință. Acesta a argumentat că oamenii de știință și cetățenii ocupă poziții interschimbabile, deoarece oamenii de știință sunt, în același timp, cetățeni, iar procesul de formare a cunoașterii validează și reciproc.

Termenul a fost popularizat de către Rick Bonney și colegii săi de la Cornell Lab of Ornithology (SUA), începând cu anul 1996. Aceștia au utilizat termenul independent de Irwin pentru a descrie proiectele de implicare a publicului în colectarea datelor științifice despre păsări.

Astfel, Alan Irwin a introdus termenul punând accent pe rolul social al științei contribuind la dezvoltarea durabilă, iar Rick Bonney și echipa sa l-au popularizat în contextul participării publicului la colectarea de date științifice, această din urmă abordare fiind în prezent general acceptată în comunitatea științifică.

În 2014, SC este menționată pe site-ul Comisiei Europene, ca un termen general care se referă la acea parte a așa-numitei științe deschise (Open Science)² în care cetățenii pot participa în procesul de cercetare științifică fie ca observatori, finanțatori, în identificarea de imagini sau analiza datelor, fie în furnizarea de date. Constituie o modalitate de „democratizare” a științei, oferind cetățenilor posibilitatea de a fi mai bine informați despre aspectele științifice, de a se implica activ în demersul științific.

În anul 2016, în S.U.A. este adoptat *Crowdsourcing and Citizen Science Act of 2016*, în care SC este definită ca fiind o colaborare deschisă a persoanelor sau organizațiilor voluntare la cercetarea științifică prin formularea de întrebări, conceperea și îmbunătățirea proiectelor, derularea de experimente științifice, colectarea și analiza de date, interpretarea rezultatelor, dezvoltarea de tehnologii și aplicații, identificarea aspectelor noi și găsirea de soluții.

Principalele direcții pe care se concentrează diferitele forme de participare la producerea de cunoaștere științifică sunt: colectarea și analiza datelor de biologie, conservare, biodiversitate și schimbări climatice, colectarea de date geografice, respectiv participarea publicului la studii sociale și epidemiologice (Haklay et al. 2021).

Participarea la proiectele de SC prezintă beneficii atât pentru participanți, cât și pentru societate (Tabelul 1).

Tabel 1 Beneficii ale participării la proiecte de SC
Benefits from participating in CS projects

Știința cu cetățeni	
Beneficii pentru participanți	Beneficii pentru societate
- învățarea de noi abilități	- generarea de noi cunoștințe
- creșterea nivelului de cunoaștere științifică	- informarea deciziilor politice
- conectarea cu persoane cu interese similare	- promovarea implicării publice

² Open Science reprezintă o abordare a cercetării științifice care se bazează pe transformarea științei prin instrumente digitale, rețele și mijloace de comunicare pentru a face cercetarea științifică mai accesibilă, mai prezentă la nivel global, mai creativă, mai aproape de societate, constituind preocuparea centrală a politicii europene în domeniul cercetării încă din 2016, așa cum reiese din arhiva documentelor Uniunii Europene (<https://openscience.eu/>)

Există o serie lungă de termeni care sunt utilizați pentru a descrie diferitele forme de participare la activități de cercetare, ce reflectă diversitatea activităților științifice și de monitorizare la care publicul poate lua parte.

În continuare, sunt prezentați câțiva termeni cu semnificație similară sau înrudită cu cea a SC, folosiți în diverse lucrări:

i) *Știința comunitară* (Community Science) reprezintă știința axată pe cercetare condusă de comunități locale pentru a răspunde nevoilor acestora (Eitzel, Cappadonna et al. 2017).

ii) *Știința civică* (Civic Science) se referă la situațiile când cetățenii contribuie la soluționarea problemelor societale prin metode științifice (Schmandt 1998), Lewenstein 2004, (Clark și Illmann 2001).

iii) *Știința cu implicare participativă* (Participatory Science) se referă la implicarea activă a publicului în cercetarea științifică (Bonney et al. 2009).

iv) *Știința bazată pe crowdsourcing* (Crowdsourced science) solicită printr-un apel deschis participarea maselor pentru colectarea și analiza datelor. Participanții, freelancers sau voluntari, comunică rezultatele via internet, rețele sociale sau aplicații pe telefoane inteligente (Lenart-Gansiniec et al. 2023, Crowdsourcing și Citizen Science Act of 2016).

v) *Monitorizarea voluntară* (Volunteer monitoring) implică participarea cetățenilor la observarea și înregistrarea fenomenelor naturale sau sociale (Nerbonne și Nelson 2004).

vi) *Știința DIY* (Do-It-Yourself Science) implică experimente și cercetări realizate independent de indivizi sau grupuri (Kera 2012).

vii) Pentru a promova egalitatea de șanse, Fundația Națională pentru Știință din SUA (National Science Foundation) a propus termenul „participare publică la cercetarea științifică” (Public Participation in Scientific Research) ca o alternativă mai cuprinzătoare la SC. La baza stă percepția în SUA că participarea la SC se limitează doar la cei ce dețin cetățenia americană, excluzând categorii precum imigranții, turiștii, etc. Un alt aspect vizează percepția că SC este asociată doar cu educația informală.

Cu toate acestea, termenul nu a fost adoptat pe scară largă și nu s-a impus în uzul general.

Reviste și platforme de popularizare a SC

Dezvoltarea accelerată a SC necesită o infrastructură care să susțină interacțiunea și comunicarea între participanți și cercetători.

Citizen Science: Theory and Practice (CSTP) este o publicație online, cu acces deschis, ce apare cu frecvență anuală sau bianuală, începând din anul 2016. Revista este orientată către domeniul științei cu cetățeni și a altor forme de participare publică la cercetarea științifică, oferind posibilitatea specialiștilor din domeniul cercetării, educației, managementului resurselor, etc., să publice lucrări referitoare la aspectele teoretice și practice ale SC.

European Citizen Science Association este o organizație non-guvernamentală care promovează SC începând cu anul 2014, în principal prin inițierea și susținerea proiectelor SC, precum și prin derularea de cercetări de SC (<https://www.ecsa.ngo/>).

Din 2015, SC a devenit un fenomen global, fiind susținută prin lansarea unor platforme ce găzduiesc numeroase proiecte, precum Zooniverse.

Proiectele de SC dintr-o gamă largă de domenii de cercetare au atras atenția unor reviste științifice de renume, precum Nature (Rowland 2012, Fraisl et al. 2022) și Science (Bonney et al. 2014). Guvernele Statelor Unite și Australiei, precum și Uniunea Europeană au lansat programe oficiale pentru catalogarea și sprijinirea proiectelor SC.

Comisia Europeană a finanțat prin programul Horizon 2020 proiectul EU-Citizen.Science care a construit o platformă online în scopul facilitării schimbului de cunoștințe, popularizării instrumentelor și resurselor pentru SC (<https://eu-citizen.science/>). Pe platformă sunt publicate proiecte care implică cetățenii în cercetare prin SC, resurse utile pentru participanți, module de instruire pe o tematică amplă, organizații implicate în SC, etc.

CitizenScience.gov este un website oficial al Guvernului S.U.A., care oferă un catalog al proiectelor de SC susținute de guvernul federal, un set de instrucțiuni pentru conceperea și menținerea proiectelor de SC și calea de acces către comunitatea numeroasă a celor implicați în proiecte de SC (<https://www.citizenscience.gov/#>).

Geo-Wiki este o altă platformă, cu o interfață geo foarte puternică, ce permite semnalarea și monitorizarea unor accidente ecologice și nu numai.

Inițiativele internaționale privind știința deschisă sunt susținute de UEFSCDI, care oferă informații esențiale despre modalitățile de implicare în SC (<https://uefiscdi.gov.ro/news-initiative-citizen-science-stiinta-cu-cetatenii>). De asemenea, unele universități au început să dezvolte platforme online, precum Știință cu cetățeni (<https://citizenscience.openscience.ubbcluj.ro/home>), Citizen Science Vest (<https://citizenscience.uvt.ro/>), care informează publicul în legătură cu posibilitatea implicării în proiecte de SC din domenii diverse.

Utilizarea SC în cercetarea silvică

SC a fost utilizată în ultimul deceniu în numeroase programe de cercetare în silvicultură, cu diverse tematici, precum biodiversitatea ecosistemelor forestiere, starea de sănătate a pădurilor, impactul schimbărilor climatice și dinamica suprafeței ocupate de pădure.

Programele de SC se dovedesc a fi eficiente în colectarea de date în cercetarea forestieră, contribuind în același timp la implicarea comunităților și creșterea gradului de conștientizare în legătură cu problemele de mediu (Fernández-Álvarez și Guitierrez Ladron de Guevara 2022).

Voluntarii pot contribui la monitorizarea biodiversității forestiere prin colectarea de date despre speciile de arbori, plante și animale din pădurile locale, utilizând platforme online, care permit identificarea și cartarea speciilor de plante, animale, fungi din păduri, precum și

schimbul de informații referitoare la biodiversitate pe Glob.

Proiectul eBird, coordonat de Laboratorul de Ornitologie Cornell, se desfășoară pe scară largă, colectând date referitoare la prezența speciilor de păsări și susținând procesul de identificare a tendințelor manifestate de biodiversitate în zonele împădurite de pe Glob (<https://ebird.org/home>).

Proiectul de SC WildLIVE! reprezintă un exemplu de biomonitoring folosind capturi video pentru studiul efectului schimbărilor condițiilor de mediu asupra mamiferelor dintr-o pădure tropicală aridă din Bolivia, care a implicat numeroși voluntari pentru procesarea imaginilor (Jansen et al. 2024).

În proiectul LIFE ESC360, desfășurat în Italia, 360 de voluntari au fost implicați în monitorizarea biodiversității forestiere în rețeaua Natura 2000. Aceștia au derulat activitățile de monitorizare a habitatelor și speciilor protejate asistați de personal specializat și periodic au beneficiat de instrucțiuni intensive, astfel încât rezultatele obținute să poată fi utilizate în crearea unui sistem standard de monitorizare a ariilor protejate.

În Slovenia, proiectul LIFE ARTEMIS și-a propus drept scop combaterea efectelor negative ale speciilor alohtone asupra biodiversității, prin creșterea gradului de conștientizare a publicului în legătură cu speciile invazive și prin crearea unui sistem rapid de depistare a prezenței acestora în păduri. Ca urmare a rezultatelor obținute, acesta a devenit parte integrantă a sistemului de monitorizare a stării de sănătate a arborilor și pădurilor. Parte a sistemului de monitorizare a devenit și proiectul Observatree, din Marea Britanie. Proiectul a fost conceput să ofere publicului interesat de realizarea de observații asupra arborilor, suportul pentru identificarea unor boli și dăunători incluși într-o listă prioritară și să informeze corect autoritățile (Crow et al. 2020).

Proiectul "Oak bodyguards", coordonat de Institutul Național de Cercetare pentru Agricultură, Alimentație și Mediu (INRAE) din Franța, a implicat cercetători și elevi din 17 țări

europene - din Portugalia în Finlanda - pentru a studia rezistența stejarului la acțiunea insectelor fitofage de-a lungul gradientului climatic. Au amplasat peste 7000 de omizi false, conform unui protocol standardizat, pentru a analiza urmele lăsate de prădători. (Castagneyrol et al. 2019).

Proiectul de SC, MoniAnt, derulat în Europa, implică cetățenii în identificarea, fotografierea și descrierea principalilor parametri ai mușuroaielor de furnici de pădure, pentru realizarea unei scheme de monitorizare armonizată la nivel european și furnizarea de informații specialiștilor din silvicultură în legătură cu distribuția și tendința populațiilor de furnici de pădure, în scopul protejării acestor organisme (<https://www.biodiversa.eu/2024/04/15/monitant/>).

Speciile invazive reprezintă o amenințare majoră pentru stabilitatea și integritatea ecosistemelor forestiere, de aceea depistarea, monitorizarea și controlul acestora necesită eforturi susținute din partea specialiștilor din silvicultură. În aceste condiții, SC constituie un instrument extrem de valoros, care să preia o parte din efortul specialiștilor atât pentru depistare și monitorizare, cât și pentru evaluarea efectului măsurilor de control adoptate (de Groot et al. 2023).

Numeroase posibilități de implicare în proiecte de SC se găsesc în Rețeaua European Alien Species Information Network (EASIN) care are drept scop facilitarea colaborării între cetățeni, cercetători și factorii decizionali pentru monitorizarea și controlul speciilor invazive. Raportările realizate de voluntari ajută la actualizarea distribuției speciilor, adoptarea unor măsuri eficiente de control și reducerea pierderilor pe care le pot provoca acestea (<https://easin.jrc.ec.europa.eu/easin/CitizenScience/Projects>).

Pentru identificarea speciilor invazive, voluntarii au la dispoziție aplicații mobile, precum iTree (Nowak et al. 2018), iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>), TreeSnap (Crocker et al. 2020), EASIN (European Alien Species Information Network) sau Bugwood

Apps, iar datele colectate pot fi integrate în baze de date internaționale.

Una dintre cele mai accesate platforme, iNaturalist, facilitează colaborarea dintre specialiști și voluntari în colectarea și monitorizarea datelor privind biodiversitatea.

Aceste date contribuie la identificarea cu celeritate a noilor focare, pe suprafețe extinse, greu de parcurs în condițiile cercetării tradiționale. În plus, prin colectarea de date referitoare la infestările produse de speciile invazive în condiții climatice asemănătoare, se pot realiza liste de avertizare, se pot realiza scenarii în legătură cu direcțiile de răspândire a speciilor invazive.

Participarea voluntarilor în proiectele de SC în domeniul protecției pădurilor constă și în activități precum avertizarea timpurie a gradațiilor produse de specii indigene, impactul acestora asupra ecosistemelor forestiere, monitorizarea pe termen lung, iar prin sintetizarea datelor se pot realiza hărți de risc privind apariția gradațiilor speciilor monitorizate.

În consecință, activități care în mod obișnuit sunt derulate de către personalul silvic, pot fi susținute și completate de către participanții la proiecte de SC. Pe lângă depistarea și monitorizarea speciilor dăunătoare, participanții pot identifica oportunități de cercetare și pot evalua eficiența măsurilor aplicate.

SC poate fi o sursă valoroasă de date pentru monitorizarea despăduririlor, așa cum reiese din rezultatele proiectelor SC ForestWatchers, EarthWatchers și Geo-Wiki, în cadrul cărora voluntarii analizează și clasifică imagini de teledetecție, fie colectează date in situ pentru a confirma alertele de despădurire emise.

Prin utilizarea aplicațiilor mobile și a senzorilor distribuiți, cetățenii contribuie la colectarea datelor privind stocarea carbonului, sprijinind cercetările despre rolul pădurilor în atenuarea schimbărilor climatice.

GLOBE Observer: Trees este o inițiativă susținută de NASA, în care participanții realizează măsurători ale înălțimii arborilor, folosind o aplicație mobilă, datele fiind folosite pentru îmbunătățirea modelelor referitoare la

ciclu carbonului. Observarea înălțimii arborilor le permite oamenilor de știință de la NASA să înțeleagă creșterea sau reducerea biomasei, ceea ce poate contribui la calcularea cantității de carbon pe care pădurile fie o absorb, fie o eliberează în atmosferă (<https://observer.globe.gov/do-globe-observer/trees>).

SC a câștigat tot mai mult teren în silvicultura urbană, prin implicarea voluntarilor de către municipalități și organizații non-profit (Roman et al. 2018). Treezilla este un proiect de SC care încurajează colaborarea dintre public, autoritățile locale și organizațiile comunitare pentru localizarea, măsurarea și monitorizarea arborilor din zonele urbane, în special, datorită beneficiilor pe care le oferă populației (<https://treezilla.org/about>).

De asemenea, cetățenii sunt implicați prin SC în protejarea și refacerea solurilor prin dezvoltarea competențelor și îmbunătățirea cunoștințelor acestora, prin participarea activă la colectarea de date, acumularea de cunoștințe referitoare la sănătatea solurilor și participarea directă la procesul de luare a deciziilor în probleme legate de soluri (<https://echosoil.eu/>).

Neajunsuri ale SC și mijloace de limitare a acestora

Deși avantajele SC sunt evidente, trebuie aduse în discuție și neajunsurile ce rezultă din participarea voluntarilor la cercetarea științifică. Cel mai mare dezavantaj se referă la calitatea datelor, care în anumite situații pot conduce la erori de interpretare, din cauza colectării eronate, a confuziilor sau a problemelor legate de standardizarea proceselor. De asemenea, lipsa voluntarilor în anumite zone poate limita volumul de date, iar discontinuitatea implicării acestora poate afecta succesul proiectelor de SC (de Groot et al. 2023). Contribuția voluntarilor la cercetarea științifică implică și probleme de etică. Voci critice afirmă că SC este un concept neoliberal relansat în scopul utilizării cetățenilor pentru asigurarea de date fără a fi remunerați (Vohland et al. (eds.) 2021).

Dickinson et al. (2010) propun modalități de reducere a erorilor generate de colectarea datelor de către voluntari prin excluderea datelor furnizate de participanți în primul an, de către participanți care nu furnizează constant date, respectiv de către participanți care au furnizat sistematic date eronate. În plus, tot mai multe proiecte de SC realizează sesiuni de instruire a voluntarilor, astfel încât aceștia să se familiarizeze cu protocolul.

Deși colaborarea între voluntari și cercetători profesioniști este esențială pentru succesul proiectelor de SC, există opinii care susțin că cercetătorii profesioniști ar putea deveni dependenți de voluntari pentru colectarea datelor, ceea ce ar submina rolul personalului specializat din cercetare.

Concluzii și perspective

SC este un instrument valoros în cercetarea silvică, adăugând cantități mari de date, creând o legătură mai strânsă între participanții la proiecte și păduri și sprijinind luarea deciziilor bazate pe cunoaștere.

SC poate contribui semnificativ la înțelegerea distribuției speciilor, a fenologiei acestora în contextul schimbărilor climatice și a sincronizării dăunătorilor cu plantele gazdă. Domeniul protecției pădurilor poate beneficia semnificativ de datele colectate prin proiectele de SC referitoare la introducerea de specii noi, cu potențial invaziv, precum și la intensificarea gradațiilor produse de speciile autohtone, ambele favorizate de schimbările climatice la nivel global. Activitățile de monitorizare și cercetare pot fi susținute prin proiecte de SC concepute astfel încât să faciliteze implicarea publicului în evaluarea stării de sănătate a pădurilor, contribuind la reducerea problemelor în viitor.

SC îi ajută pe cetățeni să coreleze datele colectate cu problematica studiată, transformându-i din participanți în beneficiari ai informațiilor științifice și ghidându-i spre perceperea imaginii de ansamblu.

Prin îmbunătățirea nivelului de cunoaștere științifică, participarea la proiecte de SC în silvicultură poate spori responsabilitatea societății față de păduri, contribuind la manifestarea unui activism susținut de cunoașterea temeinică a problematicii abordate.

În plus, dezvoltarea instrumentelor de inteligență artificială (IA), deschide noi perspective pentru SC, contribuind la accelerarea procesării datelor colectate de voluntari, inclusiv clasificarea imaginilor, recunoașterea tiparelor și analiza datelor textuale și sonore, îmbunătățirea nivelului de calitate a datelor și creșterea oportunităților de implicare în proiecte. În acest context, apar și temeri legate de faptul că IA ar putea înlocui voluntarii, reducând astfel posibilitățile de implicare a cetățenilor în SC. Astfel, este nevoie de informare în legătură cu modul de utilizare a IA pentru a cultiva încrederea publicului și a reduce temerea că în viitor știința cu cetățeni se va desfășura fără cetățeni; totuși, rolul IA în cercetare este acela de a asigura date de calitate, care să conducă la rezultate și interpretări corecte. Principiul GIGO (garbage in, garbage out) încă funcționează, chiar și în IA.

Prin integrarea tehnologiilor moderne și colaborarea cu instituțiile de specialitate, SC va continua să aibă un rol esențial în cercetarea silvică, generând noi cunoștințe și încurajând implicarea activă a societății în gestionarea și protejarea pădurilor.

Bibliografie

- Bonney R. P., Tina B., Heidi E. J. 2015. Can citizen science enhance public understanding of science? Public understanding of science (Bristol, England). 25. 10.1177/0963662515607406.
- Bonney R., Shirk J., Phillips T., Wiggins A., Ballard H., Miller-Rushing A., Parrish J., 2014. Next Steps for Citizen Science. *Science* 343, 1436-1437. DOI:10.1126/science.1251554
- Bonney R., Ballard H., Jordan R., McCallie E., Phillips T., Shirk J., Wilderman C. C., 2009. Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. A CAISE Inquiry Group Report, 58p.
- Castagneyrol B., Valdés Correcher E., Kaennel Dobbertin M., Gossner M., 2019. Predation assessment on fake caterpillars and leaf sampling: Protocol for partner schools.
- Clark F., Illman D. L., 2001. Dimensions of Civic Science: Introductory Essay. *Science Communication* 23(1): 5-27.
- Crow P, Perez-Sierra A, Kavčič A, Lewthwaite K, Kolšek M, Ogris N, Piškur B, Kus Veenliet J, Zidar S, Sancisi-Frey S, de Groot M., 2020. Using Citizen Science to monitor the spread of tree pests and diseases: outcomes of two projects in Slovenia and the UK. *Management of Biological Invasions* 11(4): 703–719, <https://doi.org/10.3391/mbi.2020.11.4.06>
- Dallaqua F., Fazenda A., Faria F., 2021. ForestEyes Project: Conception, enhancements, and challenges, *Future Generation Computer Systems*, Volume 124, 2021, Pages 422-435, ISSN 0167-739X, <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.06.002>.
- de Groot M, Pocock MJO, Bonte J, Fernandez-Conradi P, Valdés-Correcher E., 2023. Citizen Science and Monitoring Forest Pests: a Beneficial Alliance? *Curr For Rep.* 2023;9(1):15-32. doi: 10.1007/s40725-022-00176-9.
- Dickinson J., Crain R., Reeve K., Schuldt J., 2013. Can evolutionary design of social networks make it easier to be 'green'? *Trends in Ecology & Evolution*, Volume 28, Issue 9, ISSN 0169-5347, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.05.011>.
- Dickinson J. L., Zuckerberg B., Bonter D. N., 2010. Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41(1), 149–172. doi:10.1146/annurev-ecolsys-102209-14463610.1146/annurev-ecolsys-102209-144636
- Eitzel M.V., Cappadonna J.L., Santos-Lang C., Duerr R.E., Virapongse A., West S.E., Kyba C.C.M., Bowser A., Cooper C.B., Sforzi A., Metcalfe A.N., Harris E.S., Thiel M., Haklay M., Ponciano L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F.M., Dörler, D., Heigl F., Kiessling T., Davis B.Y., Jiang, Q., 2017. Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms, *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1), p. 1. Available at: <https://doi.org/10.5334/cstp.96>.
- Fernández-Álvarez, R., Guitierrez Ladron de Guevara, M., 2022. Socio-ecological patterns of citizens science programs: the case of forestry observations in 3 central Mexico states. *Urban Forestry & Urban Greening*, 70, 127513. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127513>
- Fraisl D., Hager G., Bedessem B., Gold M., Hsing P.-Y., Danielsen F., Hitchcock C. B., Hulbert J. M., Piera J., Spiers H., Thiel M., Haklay M., 2022. Citizen science in environmental and ecological sciences. *Nature Reviews Methods Primers*, 2, 64, 10.1038/s43586-022-00144-4.
- Fortson L., Crowston K., Kloetzer L., Ponti M., 2024. Artificial Intelligence and the Future of Citizen Science. *Citizen Science: Theory and Practice*, 9(1), p. 32. Available at: <https://doi.org/10.5334/cstp.812>.
- Haklay M., Fraisl D., Greshake Tzovaras B., Hecker S.,

- Gold M., Hager G., Ceccaroni L., Kieslinger B., Wehn U., Woods S., Nold C., Balázs B., Mazzonetto M., Ruffenacht S., Shanley L. A., Wagenknecht K., Motion A., Sforzi A., Riemenschneider D., Dorler D., Heigl F., Schaefer T., Lindner A., Weißpflug M., Mačiulienė M., Vohland K., 2021. Contours of citizen science: a vignette study. *Royal Society Open Science*, 8, 202108, doi:10.1098/rsos.202108.
- Irwin A., 1995. *Citizen science: a study of people, expertise, and sustainable development*, Routledge, 216p.
- Jansen M., Beukes M., Weiland C., Blumer M., Rudolf M., Poerting J., Meißner R., Weiß M., Condori Y., Aramayo-Ledezma G., Grieb J., Wolodkin A., Aramayo-Bejarano J.L., 2024. Engaging Citizen Scientists in Biodiversity Monitoring: Insights from the WildLIVE! Project, *Citizen Science: Theory and Practice*, 9(1), p. 6. Available at: <https://doi.org/10.5334/cstp.665>
- Johnson M., Hannah C., Acton L., Popovici R., Karanth, K., Weinthal E., 2014. Network environmentalism: Citizen scientists as agents for environmental advocacy, *Global Environmental Change*, Volume 29, Pages 235-245, ISSN 0959-3780, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.10.006>.
- Kera D., 2012. Hackerspaces and DIYbio in Asia: connecting science and community with open data, kits and protocols. *Journal of Peer Production*, (2), 1-8.
- Lenart-Gansiniec R., Czakon W., Sułkowski Ł., Poček J., 2022. Understanding crowdsourcing in science. *Review of Managerial Science*. 17. 10.1007/s11846-022-00602-z.
- Miller-Rushing A., Primack R., Bonney R., 2012. The history of public participation in ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10, 285-290, <https://doi.org/10.1890/110278>.
- Nerbonne J. F., Nelson K. C. 2004. Volunteer macroinvertebrate monitoring: Tensions among group goals, data quality, and outcomes. *Environmental Management*, 34(1), 91-98.
- Nowak David J. 2020. Understanding i-Tree: summary of programs and methods. General Technical Report NRS-200. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 100 p. [plus 14 appendixes]. <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-200>
- Roman L. A., Campbell L. K., Jordan R., 2018. Civic science in urban forestry: Engaging the public in data collection, knowledge production, and stewardship. *Arboriculture and Urban Forestry*, 44, 41-48. <https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/56978>
- Rowland K. 2012. Citizen science goes 'extreme'. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature.2012.10054>
- Schmandt J., 1998. Civic Science. *Science Communication* 20(1): 62-69.
- Vohland K., Land-Zandstra A., Ceccaroni L., Lemmens R., Perelló J., Ponti M., Samson R., Wagenknecht K., 2021). *The Science of Citizen Science*. Springer, 529p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4>
- European Commission: Directorate-General for Research and Innovation, Iagher, R., Monachello, R., Warin, C., Delaney, N. et al., *Science with and for society in Horizon 2020 – Achievements and recommendations for Horizon Europe*, Delaney, N. (editor) and Tornasi, Z. (editor), Publications Office, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/32018>
- OED, 2016. Citizen science. *Oxford English Dictionary*, Available at: (https://www.oed.com/dictionary/citizen-science_n?tab=factsheet#316619123100)
- Resurse web:
<https://openscience.eu/>
<https://www.ecsa.ngo/ecsa/>
<https://www.darwinproject.ac.uk/>
<https://ebird.org/home>
<https://observer.globe.gov/do-globe-observer/trees>