



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00291

(22) Data de depozit: 27/05/2021

(41) Data publicării cererii:
29/11/2022 BOPi nr. 11/2022

(71) Solicitant:
• AGENȚIA SPAȚIALĂ ROMÂNĂ (ROSA),
STR. MENDELEEV NR.21-25, ET.5,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• UNIVERSITATEA DE ȘTIINȚE
AGRONOMICE ȘI MEDICINĂ VETERINARĂ
DIN BUCUREȘTI - USAMVB, BD.MĂRĂȘTI,
NR.59, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• DANA NEGULA IULIA FLORENTINA,
ȘOS.MIHAI BRAVU, NR.178, BL.222, AP.32,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;

• MOISE CRISTIAN, STR.CRINULUI,
NR.25P, SAT ROȘU, COMUNA CHIAJNA,
IF, RO;
• LAZĂR ANDI MIHAI,
STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII, NR.33, BL.21,
AP.236, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• BADEA ALEXANDRU, BD. TIMIȘOARA,
NR.9, BL.H4, AP.9, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;
• MIHALACHE CRISTINA ELENA,
STR.PRINCIPALĂ, NR.64, BERBEȘTI, VL,
RO;
• DEDIU FLORINA, ALEEA CRISTINA,
NR.9, BL.MAPN, AP.4, TULCEA, TL, RO

(54) **PROCEDEU DE INTEGRARE A DATELOR
ȘI INFORMAȚIILOR GEOSPAȚIALE PENTRU
DOCUMENTAREA, CARTOGRAFIEREA, MONITORIZAREA
ȘI PROMOVAREA PATRIMONIULUI CULTURAL IMOBIL**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de integrare a datelor și informațiilor geospațiale pentru documentarea, cartografierea, monitorizarea și promovarea patrimoniului cultural imobil. Procedeu, conform invenției, utilizează un sistem de operare instalat pe un server pentru stocarea și partajarea datelor, un mediu de stocare a datelor geospațiale și un mediu de rulare care permite interpretarea și distribuirea pe Internet a datelor, un server de date geospațiale care preia informațiile geospațiale înmagazinate în mediul de stocare și partajează în fluxuri de date ce pot fi gestionate, niște librării HTML, JavaScript și CSS menite să citească și să afișeze informațiile primite de la serverul de date geospațiale, precum și să le afișeze în cadrul unei hărți web interactive, și niște aplicații de tip Web Browser ce reprezintă nodul final al fluxului de partajare a datelor geospațiale.

Revendicări: 3

Figuri: 3

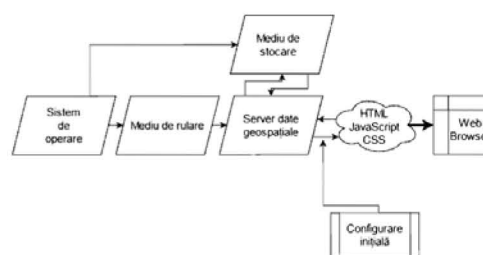


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2021 de 291
Data depozit 27-05-2021

45

**PROCEDEU DE INTEGRARE A DATELOR ȘI INFORMAȚIILOR GEOSPAȚIALE PENTRU
DOCUMENTAREA, CARTOGRAFIEREA, MONITORIZAREA ȘI PROMOVAREA
PATRIMONIULUI CULTURAL IMOBIL**

Prezenta invenție se referă la un procedeu de integrare a datelor și produselor geospațiale pentru documentarea, cartografierea, monitorizarea și promovarea patrimoniului cultural imobil din România.

Patrimoniul cultural imobil reprezintă totalitatea elementelor de patrimoniu format din construcții și/sau terenuri ce sunt clasate ca monumente istorice sau asupra cărora este instituit un alt regim de protecție la nivelul autorităților publice locale, situri și zone arheologice și peisaje culturale, reprezentând zone protejate. Astfel, patrimoniul cultural imobil este constituit din monumente, ansambluri, situri (inclusiv arheologice) și vestigii. Conform cercetărilor efectuate de UNESCO, aceste obiective din patrimoniul cultural pot fi afectate de dezvoltarea urbană / teritorială, dezvoltarea zonelor comerciale și industriale, utilizarea infrastructurii de transport, poluare, factori ecologici sau biologici (de exemplu, vânt, umiditate, temperatură, particule de praf, apă, microorganismе), schimbări climatice și fenomene meteorologice extreme (de exemplu, creșterea temperaturii, furtuni puternice, secetă), dezastre naturale (de exemplu, inundații, cutremure, alunecări de teren, eroziunea terenului) și acțiuni umane (de exemplu, activități ilegale, vandalism, activități neadecvate de management).

Necunoașterea sau cunoașterea incompletă sau greșită a factorilor care pot pune în pericol patrimoniul cultural imobil, precum și a stării actuale de conservare a acestuia duce la o ierarhizare deficitară a intervențiilor de conservare și restaurare. În România, la momentul actual, pentru 43% dintre monumentele istorice înscrise în Lista monumentelor istorice nu este cunoscută starea de conservare, în timp ce 38% se află într-o stare de conservare precară. Prin urmare, cunoașterea stării actuale de conservare a patrimoniului cultural construit reprezintă o provocare continuă în domeniul patrimoniului cultural.

În ultima perioadă, înregistrările satelitare joacă un rol din ce în ce mai important în procesul de gestionare al patrimoniului cultural. Imaginile preluate de sateliții de observare a Pământului au un rol esențial în documentarea, cartografierea, monitorizarea și analiza aprofundată a patrimoniului cultural. Datele de observare a Pământului au potențialul de a furniza informații semnificative pentru gestionarea patrimoniului cultural construit, în special pentru evaluarea stării de conservare, pentru detectarea timpurie și estimarea impactului diferitelor amenințări, precum și pentru planificarea acțiunilor de intervenție. Prin urmare, utilizarea datelor satelitare reprezintă o abordare avantajoasă pentru generarea de rezultate sustenabile în procesul de conservare și administrare al patrimoniului cultural imobil.

Prin acest procedeu sunt documentate obiectivele din patrimoniul cultural construit, fiind inclusiv identificate și evaluate o parte din riscurile de dezastre naturale și amenințările determinate de acțiunea umană și sunt detectate clădirile din patrimoniul cultural care pot fi aflate în pericol de degradare. Procedeu asigură cartografierea și monitorizarea evoluției patrimoniului cultural imobil, pe o perioadă îndelungată de timp, prin utilizarea integrată a celor mai vechi documente cartografice și a imaginilor satelitare, de la începutul erei spațiale și până în prezent. Acest procedeu reprezintă fundamentul unui serviciu geospațial care furnizează informații utile pentru cunoașterea atât a stării de conservare a patrimoniului cultural imobil cât și a zonelor de protecție aferente, precum și pentru îmbunătățirea procesului decizional în ceea ce privește protejarea patrimoniului cultural construit. De asemenea, prin integrarea unui număr semnificativ de date și produse geospațiale pentru fiecare obiectiv, este realizată și promovarea patrimoniului cultural imobil, prin furnizarea unor informații utile atât pentru autoritățile (locale, regionale, naționale) responsabile de managementul patrimoniului cultural, cât și pentru publicul larg.

Prezentul procedeu implică integrarea produselor geospațiale derivate din:

- analiza multitemporală și multisenzor a înregistrărilor satelitare, care permite identificarea schimbărilor de utilizare și acoperire a terenului. Aceste schimbări pot contribui semnificativ la o vulnerabilitate sporită a patrimoniului cultural imobil la dezastrele naturale. Prin urmare, informațiile referitoare la schimbarea acoperirii terenurilor și la evoluția acestora sunt esențiale pentru o gestionare durabilă a patrimoniului cultural și a zonelor de protecție aferente. În plus, aceste informații reprezintă baza pentru estimarea tendințelor și anticiparea acțiunilor umane și, în consecință, ajută la reducerea riscului care poate afecta patrimoniul cultural imobil.
- evaluarea tendinței de urbanizare într-un interval mare de timp (mai mult de 35 de ani), pe baza datelor satelitare. Schimbările de mediu sunt corelate în mod direct cu activitățile umane. Riscul reprezentat de presiunea umană poate fi monitorizat și gestionat pentru a proteja zonele în care se află patrimoniul cultural imobil. Extinderea zonelor urbane este asociată cu dezvoltarea zonelor rezidențiale, precum și cu dezvoltarea comercială și industrială. Acești factori generează o utilizare sporită a infrastructurii de transport, creșterea poluării aerului, creșterea temperaturii și intensificarea factorilor ecologici sau biologici, cum ar fi umiditatea și praful. De-a lungul timpului, poluarea a reprezentat un factor important în degradarea suprafețelor clădirilor și monumentelor istorice. Poluanții emiși în atmosferă pot avea un impact major și uneori chiar ireversibil asupra patrimoniului cultural construit, prin fenomene de coroziune cauzate de substanțe chimice sau prin murdăria cauzată de particule. Identificarea timpurie și anticiparea acestor amenințări contribuie la dezvoltarea

strategiilor și la adoptarea tehnicilor de salvagardare a patrimoniului cultural. Mai mult, alte activități umane, cum ar fi construirea ilegală, amenință integritatea patrimoniului cultural. În general, toți factorii asociați cu dezvoltarea urbană sunt recunoscuți ca având un impact semnificativ asupra siturilor de patrimoniu cultural. În acest context, dezvoltarea urbană durabilă ar trebui să fie strâns legată de protejarea patrimoniului cultural și, prin urmare, informațiile privind starea actuală de conservare și provocările cu care se confruntă patrimoniul cultural urban sunt esențiale. Pe lângă o cuantificare precisă a expansiunii urbane, tehnologiile satelitare oferă posibilitatea identificării intervalului de timp specific în care s-au produs cele mai semnificative schimbări. Prin urmare, determinarea tendinței de urbanizare extinde cunoștințele legate de factorii de risc care pot distruge iremediabil patrimoniul cultural construit.

- identificarea, analiza și monitorizarea insulelor de căldură urbană folosind înregistrări satelitare preluate de senzori capabili să capteze radiația electromagnetică în infraroșu termal. Având în vedere că modificarea temperaturii reprezintă un element cheie al schimbărilor climatice, analiza insulelor de căldură urbană are o relevanță majoră pentru adoptarea măsurilor de conservare. Este bine-cunoscut faptul că vegetația induce temperaturi mai scăzute, care sunt benefice pentru o mai bună conservare a patrimoniului cultural evitând supraîncălzirea pe suprafețe, reducând stresul termic și daunele cauzate de creșterea umezelii și a eflorescenței saline. Temperaturile mai ridicate afectează structurile subterane și supraterane. Analiza insulelor de căldură urbană oferă informații care pot fi utilizate direct de către autoritățile de management cultural pentru a adopta măsurile necesare. De exemplu, vegetația existentă dintr-o zonă urbană poate fi extinsă pentru a menține un regim termic scăzut. De asemenea, zonele afectate de temperaturi mai ridicate necesită plantarea de vegetație sau extinderea zonelor de protecție. În corelație cu gradul de degradare al structurii fizice, vegetația plantată ar trebui să fie iarbă sau alte tipuri de vegetație care nu ar deteriora în continuare patrimoniul cultural (de exemplu, rădăcinile copacilor modifică structurile, provocând dezintegrare).
- evaluarea stării de conservare a patrimoniului cultural construit, utilizând tehnici satelitare de interferometrie radar pe baza țintelor persistente. În prezent, această tehnică reprezintă cel mai avantajos instrument pentru identificarea și evaluarea precisă și rapidă a deplasărilor terenului și a deplasărilor structurale. Pentru fiecare interval de monitorizare, viteza de deplasare a punctelor situate la sol sau pe clădiri poate fi determinată pe direcție verticală sau pe direcția de vizare a satelitului (direcție oblică). Prin această tehnică pot fi semnalate zonele potențial susceptibile care necesită o analiză suplimentară utilizând date satelitare

sau investigații în teren (de exemplu, măsurători terestre, inspecții vizuale în teren). Din această perspectivă, tehnica este ideală pentru detectarea timpurie a potențialelor amenințări asupra siturilor de patrimoniu cultural. În plus, nivelul de detaliu al rezultatelor este adecvat și pentru cercetarea arheologică. Din perspectiva gestionării patrimoniului cultural, detectarea timpurie a instabilității clădirii (de exemplu, înclinație, deplasare, deformare) este extrem de importantă. De exemplu, o înclinație de peste 2 grade sugerează un proces continuu de deteriorare. În plus, deplasările orizontale de 1-2 cm semnifică instabilitate structurală sau tasare. Aceste tipuri de procese nu pot fi observate în timpul unei inspecții vizuale, deoarece sunt imperceptibile pentru ochiul uman. Prin urmare, interferometria radar pe baza țintelor persistente oferă informații esențiale pentru gestionarea patrimoniului cultural, deoarece ar putea fi întreprinse acțiuni de intervenție specifice în timp util pentru protejarea clădirilor. De asemenea, este important de identificat cauza care stă la baza acestor procese. De exemplu, dacă înclinația este cauzată de vibrații, atunci clădirea necesită reparații folosind materiale de umplere. Dacă înclinația este cauzată de deplasări, atunci trebuie efectuate lucrări de intervenție la fundația clădirii afectate. În aceste cazuri, este necesară o analiză detaliată privind integritatea clădirii, efectuată de experți în construcții. Deoarece deplasările clădirilor de patrimoniu cultural sunt critice și necesită costuri ridicate de restaurare, identificarea timpurie duce la diminuarea riscurilor și la costuri mai mici de intervenție.

- calculul indicilor de vegetație și realizarea unor compoziții spectrale specifice, pe baza înregistrărilor satelitare multispectrale. Anumiți indici de vegetație (de exemplu, NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*, SR - *Simple Ratio*, NDWI - *Normalized Difference Water Index*) contribuie la detectarea structurilor arheologice îngropate prin observarea anomaliilor de dezvoltare a plantelor care s-au dezvoltat peste aceste structuri. Aceste anomalii sunt corelate cu o compoziție și umiditate eterogenă a solului, ceea ce indică prezența structurilor subterane antice. Similar, prin utilizarea anumitor compoziții de benzi spectrale înregistrate de senzorii satelitari, pot fi detectate elementele îngropate ale siturilor arheologice.

Prezentul procedeu presupune integrarea și a altor documente cartografice sau de altă natură (hărți foarte vechi, planuri, măsurători topografice, limitele siturilor de patrimoniu cultural, limitele unităților administrativ-teritoriale, rețea hidrografică, căi de comunicație, descrieri, etc.) care permit analiza complexă a patrimoniului cultural imobil și generarea unor produse cu valoare adăugată, pe baza cărora pot fi luate viitoarele măsuri de conservare.

Invenția de față se referă la integrarea tuturor datelor și informațiilor geospațiale disponibile pentru analiza detaliată a siturilor de patrimoniu cultural într-o manieră ce permite ca situl să fie monitorizat pe o perioadă extinsă de timp, ca starea sa actuală de conservare să fie determinată cu exactitate, iar tendințele viitoare să poată fi identificate. Elementul central al acestui procedeu este reprezentat de informațiile derivate din date satelitare, informații ce au un rol important în gestionarea patrimoniului cultural, prin sprijinirea prioritizării acțiunilor de intervenție. În plus, aceste informații contribuie la elaborarea documentației de intervenție asupra sitului și la evaluarea integrității structurale a patrimoniului cultural. Fiecare sit al patrimoniului cultural are un plan de management distinct, informațiile obținute prin utilizarea datelor satelitare și auxiliare fiind relevante pentru revizuirea planurilor de management.

La nivel național, există un sistem informațional geografic (GIS) pentru protejarea patrimoniului cultural imobil (arheologie și monumente istorice) care permite integrarea unor baze de date complexe de evidență a patrimoniului, în care sunt stocate, analizate și corelate multiple tipuri de date (ex: spațiale, non-spațiale sau text, cartografice, fotografice ș.a.) în scopul obținerii informațiilor necesare pentru fundamentarea deciziilor în activitățile de administrare, restaurare, conservare și valorificare a patrimoniului imobil. Însă în acest sistem denumit eGISpat nu sunt incluse informații complexe rezultate din procesarea înregistrărilor satelitare, ci doar datele standard de identificare (codul 2010, adresa, denumirea monumentului, datare) furnizate de autoritățile responsabile de administrarea patrimoniului cultural.

Brevetul AU2021101464 (A4) revendică utilizarea algoritmilor de învățare automată pentru detectarea siturilor de cercetare arheologică, pe baza imaginilor geospațiale.

Brevetul CN105719219 (A) revendică utilizarea unui sistem informațional geografic pentru definirea zonelor de protecție aferente obiectivelor din patrimoniul cultural imobil.

Brevetul CN108806154 (A) revendică utilizarea unui sistem de monitorizare antifurt a mormintelor antice, bazat pe înregistrări de teledetecție.

Pentru a furniza informații cu adevărat utile pentru administrarea, conservarea și promovarea patrimoniului cultural imobil, **scopul** acestei invenții este reprezentat de integrarea datelor și informațiilor geospațiale astfel încât autoritățile implicate în administrarea patrimoniului să beneficieze de analize complexe, coerente, actualizate, precise și individualizate pentru fiecare obiectiv de patrimoniu în parte.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui punct unic de acces pentru informații geospațiale avansate cu privire la patrimoniul cultural imobil, informații rezultate din integrarea rezultatelor obținute din procesarea datelor de observare a Pământului și a datelor auxiliare (de tip cartografic și nu numai). Astfel, este obținută o imagine completă asupra stării de

conservare a patrimoniului cultural imobil și sunt identificate și cuantificate elementele care pot periclita integritatea obiectivelor din patrimoniul construit și a zonelor aferente de protecție.

Procedeul se bazează pe utilizarea tehnologiilor Web GIS (Geographic Information Systems) OpenSource (cu licență deschisă) care utilizate în mod integrat pot gestiona volume mari de date geospațiale, precum datele de tip raster (imagini) sau vectorial. Acest tip de implementare permite distribuirea pe internet a produselor geospațiale către orice dispozitiv de tipul computerelor personale ori a telefoanelor mobile inteligente (smartphone) dotate cu un program de navigare pe internet (browser web). Pe lângă distribuția datelor satelitare, servicii de tip Web GIS permite interacțiunea utilizatorilor cu harta, aceștia putând manipula nivelul de vizualizare (nivelul de zoom) sau locația vizată de interfața grafică a aplicației. De asemenea, utilizatorii pot interacționa cu straturile tematice existente, putând fi activate și dezactivate în funcție de elementul ori trăsătura fizico-geografică ce se dorește a fi observată.

Fluxul de funcționare (Figura 1) al procedurii de integrare al datelor și informațiilor geospațiale pentru documentarea, cartografierea, monitorizarea și promovarea patrimoniului cultural imobil este constituit din:

1. sistem de operare instalat pe un server, acesta având rolul de punct central ce se ocupă atât de stocarea cât și de partajarea datelor;
2. mediu de stocare a datelor geospațiale gestionat de sistemul de operare la care a fost conectat serverul de date geospațiale;
3. mediu de rulare având ca scop oferirea unui server virtual ce extinde capacitatea serverului pentru a putea interpreta și distribui către internet aplicațiile web;
4. server de date geospațiale instalat în cadrul mediului de rulare, al cărui rol este de a prelua informațiile geospațiale înmagazinate în mediul de stocare și de a le partaja prin fluxuri de date standardizate și de mici dimensiuni pentru a putea fi gestionate;
5. librării HTML (*HyperText Markup Language*), JavaScript și CSS (*Cascading Style Sheets*) menite să citească și să afișeze informația primită de la serverul de date geospațiale, precum și să le afișeze în cadrul unei hărți web interactive alături de unelte ce permit interacționarea cu acestea;
6. configurarea inițială a librăriilor HTML, JavaScript și CSS a permis personalizarea procedurii de integrare pentru a îndeplini scopul pentru care acesta a fost dezvoltat;
7. aplicațiile de tip Web Browser reprezintă nodul final al fluxului de partajare a datelor geospațiale.

Rezultatul aplicării acestui procedeu de integrare al datelor și informațiilor geospațiale pentru patrimoniul cultural este disponibil online pe pagina web a proiectului de cercetare RO-

CHER (Proiect complex multidisciplinar pentru monitorizarea, conservarea, protecția și promovarea patrimoniului cultural românesc), <http://ro-cher.rosa.ro/ggis2web/index.html>. Așa cum a fost menționat anterior, procedeul permite monitorizarea patrimoniului cultural imobil în intervale specifice, durata maximă fiind din anii '60 (prin utilizarea imaginilor satelitare Corona, desecretizate) până în prezent. În Figura 2 este ilustrată interfața componentei de monitorizare care are la bază procedeul de integrare descris anterior, iar în Figura 3 sunt prezentate diverse funcționalități ale acestei componente.

Funcționalitățile aplicației web în care sunt integrate datele și rezultatele geospațiale:

1. Butoane pentru modificarea nivelului de zoom al vizualizării.
2. Căutare după numele obiectivelor din patrimoniul cultural imobil. Acesta funcționează atât prin introducerea completă a numelui obiectivului, cât și prin tastarea literelor componente din denumirile obiectivelor, afișând sugestii de completare automată.
3. Unealtă pentru realizarea măsurătorilor liniare cu ajutorul cursorului mouse-ului.
4. Buton ce activează fereastra ce conține straturile tematice disponibile.

Soluția propusă, conform invenției, **înlătură dezavantajele** utilizării unor informații disparate pentru obiectivele din patrimoniul cultural imobil, pentru fiecare sit existând nenumărate date și produse geospațiale a căror analiză integrată contribuie semnificativ la eficientizarea procesului de management prin luarea unor decizii informate.

Avantajele oferite de soluția propusă sunt conferite prin faptul că informațiile geospațiale sunt actualizate în permanență prin utilizarea celor mai recente înregistrări satelitare, este posibilă monitorizarea pe termen foarte lung a patrimoniului cultural imobil, riscurile de dezastre naturale și acțiuni umane cu potențial impact negativ sunt cuantificate frecvent, la intervale scurte de timp, detectarea deplasărilor terenului și clădirilor este realizată la nivel sub-milimetric, iar pe baza datelor satelitare pot fi create multiple produse care sunt personalizate în funcție de caracteristicile fiecărui sit și de amenințările specifice cu care se confruntă. Nu în ultimul rând, pe lângă documentarea, cartografierea și monitorizarea patrimoniului cultural imobil, procedeul de integrare al datelor și informațiilor geospațiale oferă elementele necesare pentru promovarea patrimoniului cultural, oferind atât descrieri interesante ale siturilor cât și alte informații utile despre acestea, extrase din materialele cartografice existente sau din cele generate din datele satelitare.

Soluția propusă a fost testată pentru câteva obiective pilot (Cetatea Alba Carolina/Alba Iulia, Micia, Germisara, Sarmizegetusa Ulpia Traiana, Sarmizegetusa Regia, Castelul Corvinilor) și îmbunătățită pe baza sugestiilor oferite de personalul de specialitate implicat în administrarea patrimoniului cultural imobil, în final fiind validată de acesta.

Se dau în continuare patru exemple de aplicare a invenției

Exemplul 1

Pentru Cetatea Alba Carolina situată în orașul Alba Iulia au fost integrate următoarele date și informații geospațiale: limita sitului, evoluția limitelor orașului Alba Iulia în intervalul 1926-2018, planurile directe de tragere (scara 1:20.000), hărțile austriece (scara 1:200.000), harta evoluției teritoriale a orașului Alba Iulia după anul 1700, harta tematică a utilizării și acoperirii terenurilor aferentă anilor 1988, 1996, 2006, 2018 (generată prin clasificarea automată a imaginilor Landsat și Sentinel-2), setul de date Corine Land Cover (CLC) furnizat în cadrul serviciului Copernicus de monitorizare a suprafeței terestre corespunzător anilor 1990, 2000, 2006, 2012 și 2018, imagini satelitare de rezoluție spațială medie, înaltă și foarte înaltă, preluate în intervalul 1967-2020 și simbolizate în culori naturale (imagini Corona, Landsat, Sentinel-2 și Planet), evoluția insulei de căldură urbană în intervalul 1988-2019 (realizată prin exploatarea benzilor tematice preluate în intervalul infraroșu termal al spectrului electromagnetic, misiunea Landsat), precum și viteza de deplasare a terenului și a clădirilor în perioada 2018-2020, exprimată în mm/an (generată din procesarea unei serii multitemporale de imagini Sentinel-1).

Toate aceste seturi de date au permis o analiză multitemporală și multisenzor detaliată, prin care au fost identificate atât cele mai semnificative schimbări survenite în cadrul intervalului de monitorizare, cât și momentul exact în care acestea au apărut. Mai mult, a fost posibilă corelarea dezvoltării urbane cu creșterea temperaturilor în interiorul orașului și a fost evidențiat impactul pozitiv al vegetației din Cetatea Alba Carolina asupra temperaturii, prin diminuarea acesteia. De asemenea, au fost identificate zonele în care este prezent fenomenul de subsidență, iar aceste rezultate au fost coroborate cu documente cartografice vechi, în care este prezentată evoluția orașului Alba Iulia din 1700 până în prezent.

Concret, prin aplicarea procedurii de integrare propus, a fost determinat că suprafața construită a crescut de la 9,7 km² în 1988 până la 11,7 km² în 2018, iar cele mai pregnante modificări au avut loc începând cu anul 2000, în perioada 2000-2004 suprafața construită mărindu-se cu 4,1%. Zonele industriale prezintă o temperatură care poate fi cu 8°C mai mare decât în alte zone din orașul Alba Iulia. Temperatura măsurată pe baza înregistrărilor satelitare Landsat arată că temperatura în zona zidurilor de fortificație din Cetatea Alba Carolina este, în medie, mai mică cu 1°C față de zonele în care vegetația nu este prezentă. În general, în intervalul investigat (1998-2019), au fost observate temperaturi în creștere cu aproximativ 2°C mai mari în cazul orașului Alba Iulia, respectiv 1,5°C în cazul Cetății Alba Carolina. În ceea ce privește stabilitatea terenului și a clădirilor, prin analiza integrată a datelor, au fost confirmate zonele de

subsidență în care pânza freatică are un nivel ridicat în zona cartierelor construite pe terenurile care au fost mlăștinoase în trecut. La nivel de clădire individuală, au fost calculate valorile medii ale vitezei de deplasare a punctelor generate pe fiecare clădire și au fost identificate clădirile care necesită verificări suplimentare în teren. De exemplu, Catedrala Încoronării este caracterizată de stabilitate, însă a fost identificată o ușoară tendință de subsidență în partea vestică, pe direcția nord-sud, cu viteze medii de deplasare de aproximativ - 2.3 mm/an.

Procedeul de integrare a permis centralizarea tuturor datelor și informațiilor geospațiale, existente sau nou generate din date satelitare, pentru analiza complexă a patrimoniului cultural imobil din Alba Iulia, fiind identificate și cuantificate cu precizie principalele elemente care pot pune în pericol patrimoniul cultural imobil.

Exemplul 2

Următoarele date și informații geospațiale au fost utilizate și analizate în mod integrat pentru obiectivul-pilot Micia: limita sitului, conturul construcțiilor antice, planurile directe de tragere (scara 1:20.000), hărțile austriece (scara 1:200.000), planul sitului arheologic, evoluția cursului Râului Mureș în intervalul 1926-2018, setul de date Corine Land Cover (CLC) furnizat în cadrul serviciului Copernicus de monitorizare a suprafeței terestre corespunzător anilor 1990, 2000, 2006, 2012 și 2018, imagini satelitare de rezoluție spațială medie, înaltă și foarte înaltă, preluate în intervalul 1968-2020 și simbolizate în culori naturale sau fals-color (imagini Corona, Landsat, Sentinel-2 și Planet), precum și indicii de vegetație NDWI generat din imagini satelitare.

Rezultatul analizei integrate este reprezentat de identificarea riscurilor care pot afecta integritatea sitului arheologic Micia, cel mai însemnat dintre acestea fiind acțiunea umană. Încă din 1806 situl a fost afectat de realizarea unor proiecte majore de infrastructură, respectiv construcția drumului dintre Arad și Deva și regularizarea cursului Râului Mureș. Apoi, situl a fost afectat iremediabil de construcția termocentralei Mintia, în perioada 1969-1980, concomitent cu construcția unui baraj pe Râul Mureș, fapt care a dus la modificarea cursului acestuia. Ulterior, situl a fost afectat de construcția căii ferate, iar în viitor proiectul de reabilitare a acesteia va produce, de asemenea, deteriorarea sitului. În plus, agricultura intensivă are tot un impact negativ asupra sitului arheologic. Toate aceste elemente contribuie la evaluarea amenințărilor viitoare, în urma analizelor efectuate rezultând un risc considerabil reprezentat de apariția unor depozite de sedimente pe malul Râului Mureș, provocate de schimbarea cursului acestuia. De asemenea, integrarea datelor geospațiale aferente sitului Micia și analiza complexă a acestora (inclusiv prin utilizarea unor compoziții spectrale specifice și a unor indici de vegetație adecvați, în strânsă

corelație cu planurile sitului) au permis identificarea unor structuri arheologice îngropate care constituie o parte din zidurile castrului roman Micia.

Exemplul 3

Pentru situl arheologic Germisara au fost centralizate și analizate date și informații geospațiale, respectiv: limita sitului, planurile directe de tragere (scara 1:20.000), hărțile austriece (scara 1:200.000), planuri ale sitului arheologic, harta topografică scara 1:25.000, harta spălării în suprafață, modelul numeric al terenului, setul de date Corine Land Cover (CLC) furnizat în cadrul serviciului Copernicus de monitorizare a suprafeței terestre corespunzător anilor 1990, 2000, 2006, 2012 și 2018, imagini satelitare de rezoluție spațială medie, înaltă și foarte înaltă, preluate în intervalul 1968-2020 și simbolizate în culori naturale (imagini Corona, Landsat, Sentinel-2 și Planet) și indicii de vegetație SR și NDVI generați pe baza imaginilor satelitare.

Prin aplicarea procedurii propuse au fost identificate și evaluate riscurile de dezastre naturale, cel mai însemnat dintre acestea fiind reprezentat de eroziunea solului. Eroziunea provoacă subțierea stratului superficial al solului și expunerea structurilor arheologice la alte tipuri de degradare. Eroziunea este mai intensă în zonele înclinate, în special acolo unde este practică și agricultura. Întregul sit arheologic Germisara se află pe un teren cu panta între 3° și 10° . De asemenea, prin analiza integrată a datelor geospațiale, a fost identificat drumul roman dintre castrul roman Germisara și Geoagiu-Băi. Acest element a fost detectat prin identificarea anomaliilor de dezvoltare a vegetației, în strânsă corelație cu calendarul fenologic al plantelor și cu calendarul agricol. Prin urmare, prin utilizarea unor imagini satelitare preluate în timpul lunilor de vară, respectiv toamnă, și aplicarea indicilor de vegetație NDWI și SR, elemente îngropate ale castrului roman Germisara au fost identificate cu succes.

Exemplul 4

Castelul Corvinilor este unul dintre obiectivele-pilot pentru care a fost aplicat procedul de integrare a datelor și informațiilor geospațiale. În acest caz, au fost utilizate: limita sitului, planurile directe de tragere (scara 1:20.000), hărțile austriece (scara 1:200.000), setul de date Corine Land Cover (CLC) furnizat în cadrul serviciului Copernicus de monitorizare a suprafeței terestre corespunzător anilor 1990, 2000, 2006, 2012 și 2018, imagini satelitare de rezoluție spațială medie, înaltă și foarte înaltă, preluate în intervalul 1968-2020 și simbolizate în culori naturale (imagini Corona, Landsat, Sentinel-2 și Planet), ortofotoplan din anul 2019, precum și puncte în care a fost calculată viteza de deplasare, în mm/an, pe baza datelor satelitare Sentinel-1.

Procesarea și analiza datelor satelitare, realizate coroborat cu analiza celorlalte date și informații existente pentru Castelul Corvinilor, au permis identificarea cu precizie a elementelor clădirii care necesită inspecție în teren. Această analiză detaliată reprezintă un instrument de identificare rapidă și precisă a elementelor care prezintă deplasări semnificative care trebuie luate în considerare pentru o expertiză specializată în teren.

Revendicări

1. Procedeu de integrare al datelor și informațiilor geospațiale, **caracterizat prin aceea că** permite centralizarea și analiza exhaustivă a acestora în scopul documentării, cartografierii, monitorizării și promovării patrimoniului cultural imobil din România. Elementul central al acestei invenții este reprezentat de utilizarea datelor de observare a Pământului și a produselor generate prin procesarea acestora.
2. Procedeu de integrare al datelor și informațiilor geospațiale, **caracterizat prin aceea că** fiecare obiectiv din patrimoniul cultural imobil beneficiază de o abordare individualizată și personalizată în funcție de caracteristicile acestuia și ale zonei de protecție, precum și de riscurile/amenințările cu care se confruntă.
3. Procedeu de integrare al datelor și informațiilor geospațiale, **caracterizat prin aceea că** permite studiul evoluției obiectivelor din patrimoniul cultural imobil, de la începutul erei spațiale și până în prezent. De asemenea, studiul permite monitorizarea stării actuale de conservare și analiza tendințelor de evoluție. Prin urmare, pe baza datelor satelitare, procedeul oferă o analiză multitemporală detaliată a patrimoniului cultural imobil, similar modului în care patrimoniul cultural reprezintă puntea dintre trecut, prezent și viitor.

Figuri

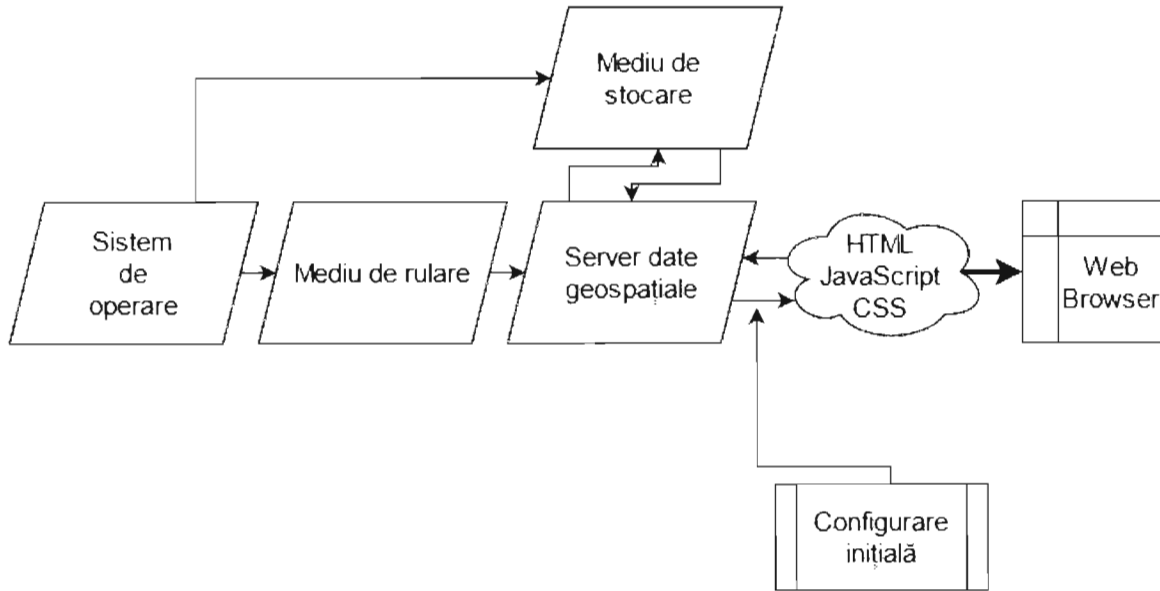


Figura 1. Procedeu de integrare al datelor și informațiilor geospațiale

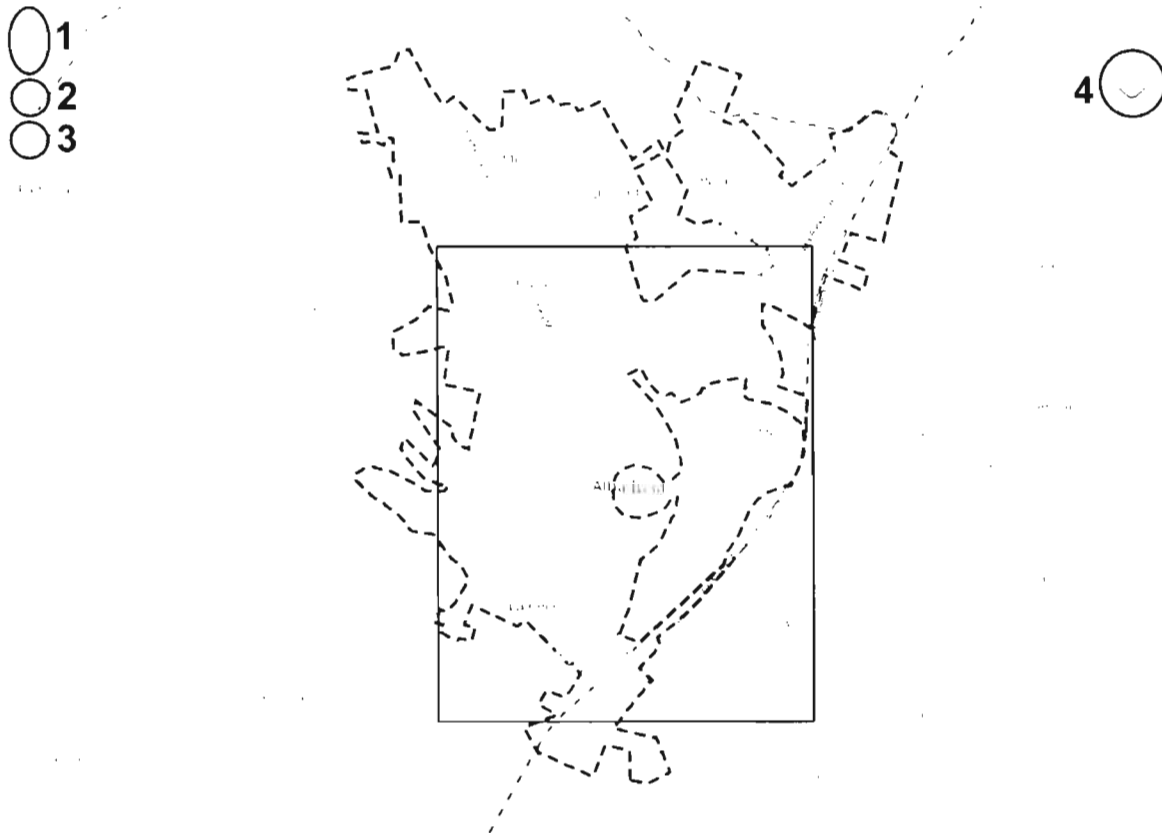


Figura 2. Interfața aplicației web în care este integrat prezentul procedeu

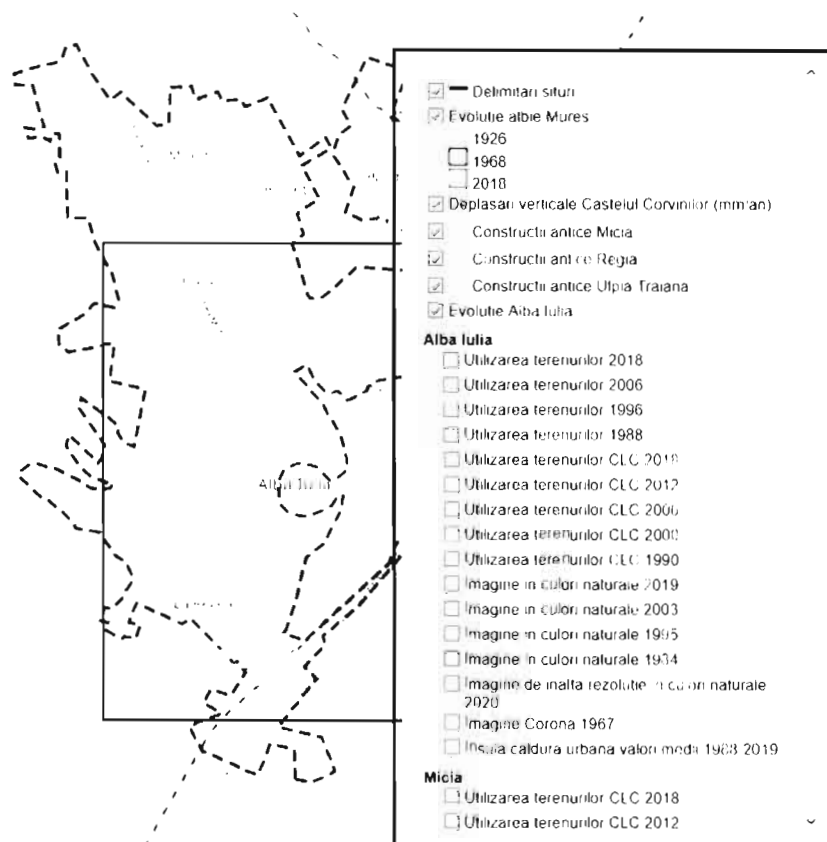


Figura 3. Afişarea listei de straturi tematice disponibile