CZU: 712.252:72(478):623.746-519 **https://doi.org/10.59295/tehfizuvs25.32**

MODERNIZAREA METODELOR TEORETICO-PRACTICE, UTILIZATE ÎN STUDIEREA PROBLEMELOR ESTETICE ALE PEISAJELOR CU AJUTORUL TEHNOLOGIILOR AVANSATE

THE MODERNIZATION OF THEORETICAL AND PRACTICAL METHODS USED IN THE STUDY OF AESTHETIC PROBLEMS OF LANDSCAPES THROUGH ADVANCED TECHNOLOGIES

Alexandru COCIN[1] e-mail: alexandru.cocin@usm.md ORCID ID: 0009-0003-7271-4731
Ana BÎRSAN[2] e-mail: ana.birsan@usm.md ORCID ID: 0000-0003-1696-080X

[1,2]Universitatea de Stat din Moldova

Abstract. *The concept of national landscape valorization is closely related to the issue of assessing landscape diversity and monitoring them for the purpose of protecting and managing natural and culturalheritage. The holistic approach to this concept involves capitalizing on technical and scientific achievements for the perception of space, recognizing landscape elements that give aesthetic value to the landscape, but also identifying socio-historical connections and trends in landscape evolution, as an essential component of the living environment for the population. In this sense, anchored in classical methodology, modern methodology in the field of landscape science effectively integrates advanced technologies, opening up new opportunities for identifying and valorizing landscapes at the national level. Classical methods maintain their relevance today, but require modification and updating. Modern methods come to the aid of classical ones, substantially increasing the possibilities of environmental research. Unmanned aerial vehicles (UAVs) are effective for studying the landscape of the territory of the Republic of Moldova.*
Keywords: *landscape, aesthetic value, methods.*

Această lucrare continuă ciclul de cercetări științifice în domeniul arhitecturii peisagistice și urbanismului din Republica Moldova, dedicat elaborării metodologiilor de evaluare estetică a peisajelor – ***mediul natural***, ***mediul antropizat*** și ***mediul antropic*** - ale teritoriului țării, în scopul creării unor condiții funcționale, ecologice și estetice optimizate pentru dezvoltarea turismului național și internațional pe teritoriul Moldovei. Dezvoltarea sectorului turistic și recreativ al oricărui teritoriu este **strans** legată de resursele sale naturale. În acest context, una dintre cele mai importante caracteristici ale teritoriului este atractivitatea sa estetică, care sporește interesul față de teritoriu din partea tuturor categoriilor de recreanți. Cu alte cuvinte, proprietățile estetice ale teritoriului determină, în mare măsură, atractivitatea sa investițională. Frumusețea peisajelor reprezintă unul dintre principalele motive pentru care turiștii vizitează diferite locuri. Despre frumusețea naturii moldovenești au vorbit cu admirație călători și savanți din diverse țări și epoci. Aproximativ între anii 455–441 î.Hr., cercetătorul și istoricul grec Herodot se minuna de frumusețile dintre Nistru și Prut. În anii ’70 ai secolului al XVIII-lea, despre Basarabia a scris renumitul geograf și mineralog K. G. Laxman. În descrierea sa asupra regiunii, el nota cu entuziasm: „În comparație cu această țară, cele mai bune dintre ale noastre par a fi copiii vitregi ai naturii. Drumul de la Akkerman la Bender, de-a lungul râului Nistru, seamănă cu un paradis. Calea trece aproape în întregime printre podgorii și cele mai fermecătoare grădini”. În partea centrală „pajiști neasemuite se împletesc cu cele mai bogate câmpuri înflorite și cu păduri minunate.” Marele savant pedolog V.V. Dokuciaev a fost impresionat de originalitatea reliefului și a întregului peisaj al Codrilor, unde, după cum spunea el, „locurile acestea pot fi, pe drept cuvânt, numite Elveția Basarabiei” [8]. Peisajul este o componentă de bază astăzi a patrimoniului natural şi cultural European, contribuind la

bunăstarea umană și la consolidarea identității europene, fiind o parte importantă calității vieții din areale urbane / rurale [3].

Este un fapt incontestabil că oamenii au nevoi estetice pentru a căror satisfacere sunt dispuși să plătească. Acest aspect se referă atât la formele active, cât și la cele pasive de turism. Circumstanțele menționate impun necesitatea de a ține cont de proprietățile peisagistice și estetice ale teritoriului în procesul de planificare a dezvoltării teritoriale la nivel regional și local. Prin urmare, evaluarea proprietăților peisagistice și estetice ale peisajelor trebuie să devină o etapă obligatorie în planificarea teritoriilor turistice și recreative. Baza studiului proprietăților estetice ale spațiilor care înconjoară omul o constituie peisajul. ***Estetica peisajului*** reprezintă o direcție specială a științei peisajului, care studiază frumusețea și pitorescul peisajelor naturale și natural-antropice, particularitățile percepției și evaluării lor estetice. Prin abordarea aspectelor estetice, știința peisajului se apropie de artă. Domenii înrudite cu aceasta devin pictura peisagistică și fotografia artistică de peisaj, arhitectura peisageră, arta peisageră a grădinilor și parcurilor ș.a. Conservarea mediului natural, atât prin implementarea noilor tehnologii, cât și prin refacerea peisajelor degradate, inclusiv a proprietăților lor estetice, devine un atribut esențial al dezvoltării durabile.

Semiotica peisajului – spațiu cu valoare estetică, potrivit lui Iu. Lotman, poate funcționa ca un cod modelator al culturii. Astfel, apare o cerere socială pentru dezvoltarea unei direcții științifice – estetica peisajului, care include elaborarea metodelor de evaluare a proprietăților estetice ale peisajelor și a evaluărilor economice ale funcțiilor lor estetice. În același timp, se manifestă necesitatea de a conserva cele mai estetic atractive peisaje [9]. Peisajul este elementul de bază pentru studierea aspectelor estetice în arhitectura peisajistică, deoarece reprezintă materialul vizual fundamental (elemente naturale și construite) pe care arhitectul îl manipulează pentru a crea o compoziție armonioasă. Aspectele estetice se referă la cum sunt utilizate aceste elemente – formă, culoare, textură, lumină, spațiu și proporție – pentru a produce un efect emoțional și vizual plăcut.

În primul rând, în procesul de evaluare a calităților estetice ale peisajului, este important să se țină cont de atractivitatea acestuia — adică de gradul său de atracție. Observatorul poate întotdeauna să distingă fundalul obiectiv și figurile, precum și contururile acestora. Principalele calități ale atractivității depind direct de culoare, luminozitate și structura spațială. Astfel, de exemplu, după particularitățile combinațiilor de culori din peisaj se determină caracterul impactului lor asupra observatorului: cu cât acestea sunt mai pronunțate, cu atât calitățile atractive ale peisajului sunt mai ridicate. Pe lângă atractivitate, în geografia peisajului este introdus conceptul de percepție a peisajului, apropiat, în esență, de noțiunea de ***„percepție estetică”*** - percepția mediului înconjurător care poartă pentru subiect o anumită ***valoare estetică***. Subiectul percepției este observatorul; el percepe și evaluează obiectul percepției, adică peisajul propriu-zis. În același timp, „peisajul nu este doar lumea vizibilă, ci și procesul creării acesteia”. El este responsabil de formarea bazei materiale a întregii imagini peisagistice.

Peisajul este conceput ca sistem structurat în trei subsisteme:

- *subsistemul producător,*
- *subsistemul utilizator*,
- *subsistemul peisaj vizibil*, fenomen condiţionat de două categhorii de factori: *principali (relief şi climă)* şi *factori derivaţi (antropic, hidrologic, soluri, vegetaţie, faună).*

Sunt cunoscute nenumărate definiţii ale conceptului de **„peisaj”.** Majoritatea dintre ele se referă la **„peisajul obiectiv”,** adică la elementele concrete când accentul se pune pe realitatea obiectivă a peisajului caracteristicile căruia pot fi cuantificate prin măsurători directe.

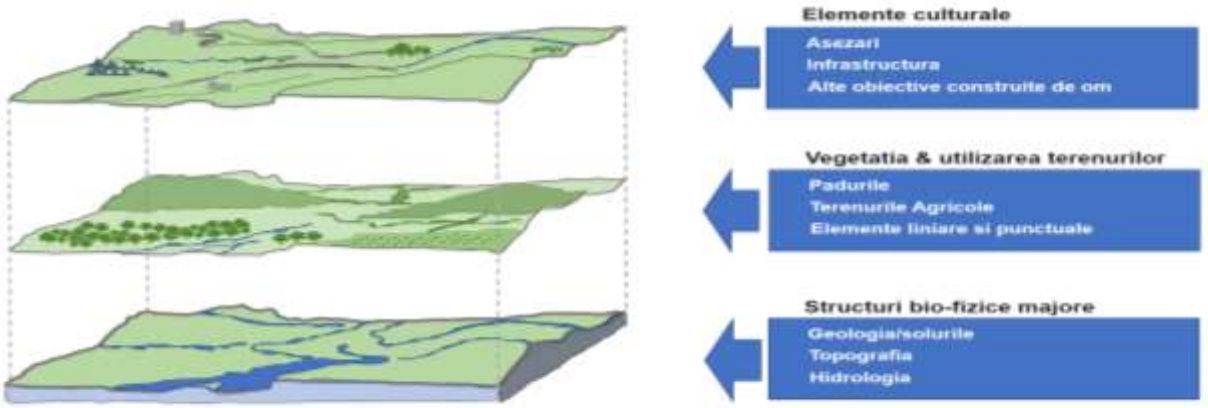


Fig.1 Structura peisajului (Wascher, 2000, dupa Krauze & Kloppel, 1996)

Bazele obiective ale analizei peisajului vizează componente stabile, repetabile care pot forma configurații spațiotemporale stabile și repetitive, componentele de bază fiind ***relieful*** și ***elementele terenului*** (Fig. 2).

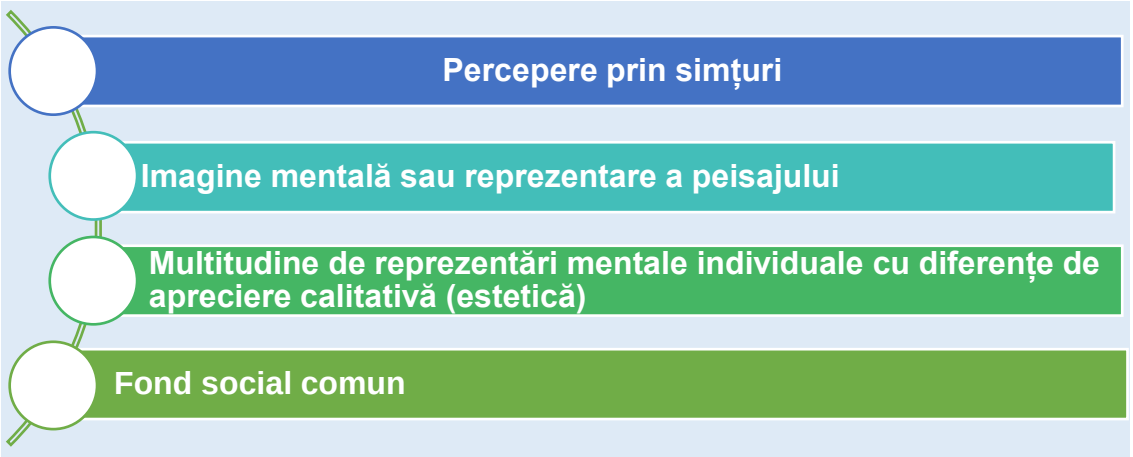
Relieful: structura primară, imitarea fiziologica sau orografica a campului visual, pante (cu influenta lor asupra ocuparii de om a peisajului – asazari, drumuri, parcelar, utilizare agricola, forestiera, vestigii).

Elemente ale terenului: elemente naturale – vegetația (forme, culori pe sezon) – elemente construite – ordonare --clădiri si rețele de comunicație sau tehnice/volum/culori.

De asemenea, analiza obiectivă a peisajului include și **epifenomene inconsistente** (de exemplu: culoarea, transparența aerului, însorirea etc.

Bazele subiective / perceptive ale analizei peisajului

- Percepția peisajului este individuală dar și socială;
- perceperea variază de la un individ la altul;
- percepția variază la același individ in functie de starea fizică, psihică și afectivă;
- sensibilitatea de tip european în perceperea peisajului este de natură esențial *vizuală* (nu simbolică);
- perceperea se face în primul moment instantaneu și instinctiv în totalitate, abia într-o a doua fază se trece la descernerea detaliilor.



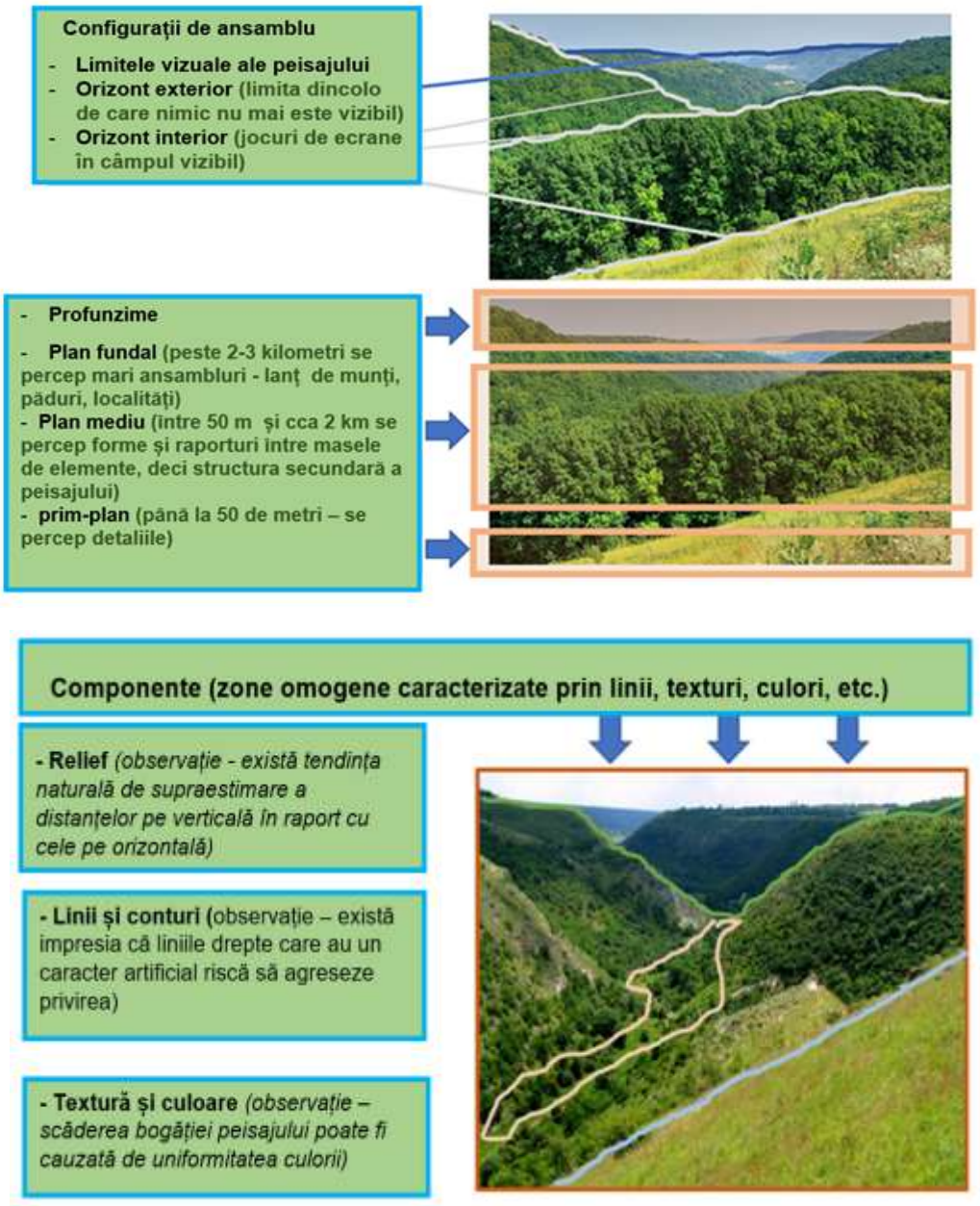


Fig. 2. Componentele principale ale peisajului.

La momentul actual, ***estetica peisajului*** s-a format ca o direcție specială a științei peisajului, care studiază frumusețea și pitorescul peisajelor naturale și natural-antropice, iar cel mai important — particularitățile percepției și evaluării lor estetice. Observatorul evaluează imaginea vizuală care i se deschide din orice punct al spațiului geografic. Prin această imagine se înțelege peisajul — „aspectul exterior al peisajului, perceput dintr-un anumit punct de vedere…”. În acest caz, estetica peisajului este orientată spre studiul ***armoniei*** și ***frumuseții*** peisajului. Ea reprezintă un proces destul de complex de interacțiune între om și peisaj — un proces de ***reflecție psihologică a frumuseții*** mediului natural prin intermediul percepției senzoriale [10]. Unul dintre cei mai importanți factori în ***formarea peisajului*** este relieful. El determină caracterul peisagistic al terenului, ***trăsăturile*** sale ***estetice*** și diversitatea peisajului.

De relieful unei regiuni depind distribuția și configurația rețelei hidrografice, caracterul învelișului de sol și al vegetației. Relieful reflectă structura geologică a teritoriului și, în cele din urmă, creează baza „portretului locului”, influențând totodată și gama cromatică.

Relieful determină structura morfologică a peisajului, ceea ce se reflectă în structura sa vizuală. „Peisajul” teritorial-zonal este alcătuit din mai multe (sau numeroase) părți mai simple, care se află în combinații interconectate și repetitive. Cu cât nivelul este mai înalt, cu atât, de regulă, complexele naturale sunt mai originale și mai irepetabile.

Pentru evaluarea rolului reliefului ca factor al atractivității ***estetice a peisajelor*** se utilizează diferite metode: *evaluarea de către experți, chestionarea, analiza structural-informațională.*

Sunt cunoscute numeroase încercări de evaluare expertă cu implicarea specialiștilor de înaltă calificare - artiști, fotografi de peisaj, călători, naturaliști — adică persoane cu un „ochi format” pentru frumusețea naturii și cu un bogat repertoriu de asociații peisagistice. Una dintre primele încercări de evaluare expertă a peisajelor a fost întreprinsă de K.D. Fines [6].

Una dintre metodele obiective de evaluare este *metoda cartografierii de teren*, a cărei esență constă în analiza diferențiată a atractivității diferitelor componente naturale de-a lungul unui traseu stabilit în prealabil, pe baza materialelor cartografice. Scara recomandată a materialelor cartografice pentru studierea peisagistică de teren este de 1:10.000–1:25.000, iar pentru elaborarea schemei preliminare a traseelor conform metodei propuse sunt necesare materiale cartografice la o scară de cel puțin 1:50.000, deoarece este necesară o reprezentare detaliată a reliefului pentru a evidenția individualitatea acestuia. Ca semne obiective ale esteticii peisajului, specialiștii menționează pluralitatea planurilor, prezența unei dominante de peisaj, culisele care înconjoară peisajul, coloritul, aspectul sezonier, intactitatea, absența distrugerilor antropogene și altele. Criterii importante pentru evaluare sunt și prezența unei vederi panoramice, distanța orizontului și a perspectivei deschise, vizibilitatea orizontului și a planului apropiat, condițiile și caracterul vegetației, contrastul paletei de culori, prezența obiectelor de apă de tip plan sau liniar, caracterul activității umane care contribuie la creșterea/scăderea atractivității peisajelor, prezența punctelor de observare pe traseu, diversitatea și complexitatea peisajului. Conform opiniei expertilor, se pot distinge următoarele categorii de puncte de vedere:

• puncte de vizualizare înguste (de tip fante), cu un unghi mai mic de 30º; perspectiva peisajului care se deschide din aceste puncte este numită în arhitectura peisajului "vista";

- puncte de vizualizare sectorială – 30-115º;
- puncte panoramice – 120-240º;
- puncte de vizualizare circulară – "cirkoramice" – mai mult de 240º.

Metodele tradiționale de evaluare estetică sunt direct legate de cercetările de teren Prima metodă de evaluare este *studiul ecologico-estetic detaliat al peisajelor* realizat de K.I. Eringis și A.R. Budriunas (1975). Metoda include 80 de semne de evaluare a peisajului deschis și a zonei sale adiacente, împărțite în patru blocuri: percepția generală a peisajului, expresivitatea reliefului, diversitatea spațială a vegetației și gradul de transformare antropică a peisajului [2]. Fiecare indicator este evaluat pe o scală de puncte, ceea ce permite compararea rezultatelor evaluărilor pentru diferite teritorii. Ca exemplu, în tabelul 1 prezentăm o parte din indicatorii de evaluare.

Tabelul 1 Scala de evaluare a proprietăților estetice ale peisajelor

Indicatori de evaluare estetică		
Percepția generală a peisajului	1	Dominanta în peisaj
	2	Adâncimea și diversitatea perspectivelor
	3	Profunzimea câmpului vizual (prim plan, planul mijlociu,

		ultimul plan)
	4	Zonalitatea
	5	Naturalitatea (virginitatea) peisajului
	6	Prezența obiectelor acvatice
Exprimarea reliefului	7	Prezența aflorimentelor de roci
	8	Abundența vârfurilor și pantelor montane
	9	Abundența vârfurilor montane pe linia orizontului
Diversitatea spațială a vegetației	10	Gradul general de împădurire al peisajului
	11	Abundența vârfurilor și pantelor împădurite
	12	Abundența spațiilor deschise în peisajul împădurit
	13	Abundența diferitelor comunități arboricole și ierboase
Gradul de transformare antropică a peisajului	14	Gradul de urbanizare al peisajului
	15	Abundența localităților și construcțiilor izolate
	16	Abundența obiectelor antropice pe linia orizontului
	17	Integrarea terenurilor agricole, drumurilor și liniilor electrice în peisaj

Metoda lui D. L. Linton, modificată de L. Drăguț, evaluează estetica peisajelor geografice prin analiza combinată a trei componente principale: relieful, hidrografia și vegetația, bazată pe o scală de punctaj pentru fiecare factor [5]. Această metodă implică:

- *Evaluarea reliefului:* se analizează înălțimea, pantele, fragmentarea și diversitatea formelor de relief.

- *Evaluarea hidrografiei:* se examinează prezența și caracteristicile cursurilor de apă, lacurilor și a altor elemente hidrografice.

- *Evaluarea vegetației:* se iau în considerare tipul, densitatea, varietatea și culoarea vegetației. Aceste componente sunt punctate pe o scală numerică și apoi punctajele sunt combinate pentru a obține un scor total care reflectă estetica generală a peisajului (Tab. 2).

Tabelul 2 Evaluarea componentelor peisajului natural
(dupa Linton, 1968, modificat de Dragut, 2000)

Componentele peisajului geographic	**Valorile**
1. Relieful	
Câmpii joase	0
Câmpii înalte	10
Dealuri piemontane şi podişuri	20
Dealuri subcarpatice	30
Munţi joşi	40
Munţi înalţi	50
2. Tipuri de ocupare a spaţiului	
Peisaje industriale	0
Peisaje urbane	8
Peisaje rurale	16
Păşuni, fâneţe, culturi sau vegetaţie ierboasă cu aspect uniform	24
Păduri sau livezi uniforme	32
Elemente naturale şi/sau antropice cu aspect mozaicat	40
Peisaje acvatice sau „sălbatice”	50

Metoda descrisă favorizează componenta relief, care nu cuprinde valori negative. Pentru a se echilibra cele două componente ale peisajului, s-a adaptat sistemul de cotare, astfel încât acestea să cuprindă acelaşi ecart valoric, cu note cuprinse între 0 şi 50 (Tab. 3).

Tabelul 3 Evaluarea componentelor peisajului
(dupa Linton,1968, modificat de Dragut, 2000)

Componentele peisajului	Valori numerice	Valoarea estetică calitativă a categoriilor de peisaje
1. Relieful		
Câmpii joase	0	redusă
Câmpii moderat fragmentate	10	nesemnificativă
Câmpii deluroase puternic fragmentate	20	medie
Podişuri puternic şi moderat fragmentate	30	bună
Dealuri joase (cu altitudini sub 300 m)	40	apreciabilă
Dealuri înalte (cu altitudini peste 300 m)	50	foarte bună
2. Tipuri de ocupare a spaţiului		
Peisaje industriale	0	redusă
Peisaje urbane	8	nesemnificativă
Peisaje rurale	16	medie
Păşuni, fâneţe, culturi sau vegetaţie ierboasă cu aspect uniform	24	bună
Păduri sau livezi uniforme	32	apreciabilă
Elemente naturale şi/sau antropice cu aspect mozaicat	40	foarte bună
Peisaje acvatice sau „sălbatice”	50	redusă

Criterii de evaluare a elementelor de imagine a peisajului

Elementele de imagine formează, prin asociere, structura vizuală a peisajului. Aceasta se pune în valoare valorificând cele opt criterii de evaluare ale elementelor de imagine *(după L. Drăguţ, 2000):*

a. lumina determină schimbarea imaginii peisajului şi a nuanţelor de culoare în funcţie de direcţia din care cade asupra acestuia; lumina din faţă determină aplatizarea imaginii; lumina din spate determină claritatea imaginii; conform experienţei fotografice, estetica elementelor peisajului este bine evidenţiată dimineaţa şi seara;

b. vizibilitatea reprezintă capacitatea de a percepe elemente peisagistice sau nu, dintr-un anumit punct;

c. distanţa dintre observator şi imagine; percepţia structurii vizuale este influenţată de situarea în spaţiu a obiectului; de asemenea, imaginea obiectului şi calitatea acesteia au de suferit în funcţie de distanţa – scurtă, medie, lungă – de la care este vizualizat;

d. unghiul de incidenţă reprezintă vizibilitatea suprafeţelor ce compun un peisaj. Suprafaţa vizibilă mare este sinonimă cu unghiul deincidenţă mare. Acesta poate fi subdivizat în unghi de depresiune şi unghi de elevaţie. Unghiul de incidenţă mare este exploatat în amenajările turistice;
e. unghiul de depresiune se relevă în cazul unui peisaj privit de sus. Este unghiul format între orizontala la nivelul observatorului şi linia privirii pentru obiectele situate sub nivelul orizontalei (ex. vederea panoramică de pe un deal sau munte);

f. unghiul de elevaţie; modul de percepţie a unei imagini situată deasupra liniei privirii (imaginea unui munte de la baza lui);

g. dimensiunea spaţiului invizibil*;* reprezintă gradul de invizibilitate pe linia privirii şi este direct proporţională cu înălţimea liniilor verticale; este influenţată de efectul de mascare indus de anumite obiecte şi de condiţiile meteorologice. Aceleaşi lucruri se pot aminti, în sens contrar, în cazul dimensiunii spaţiului vizibil; este valorificată în amenajarea turistică şi teritorială, la fel ca şi unghiul de incidenţă (mascarea obiectivelor industriale, zonele de absorbţie vizuală sau zone tampon: centuri forestiere sau spaţii verzi);

h. profunzimea peisajului, sinonimă cu ***tridimensionalitatea peisajului*** (peisaje plate/ peisaje profunde); valorificată în amenajarea turistică şi estetică a teritoriului; depinde de numărul planurilor perceptibile şi de condiţiile meteo-climatice.

Percepția vizuală a teritoriului poate fi evaluată ținând cont de altitudinea formelor de relief, care acționează ca elementele vizuale naturale cele mai accesibile ale mediului. Este necesar să fie delimitate limitele bazinelor vizuale sau zonele de vizibilitate, care permit determinarea panoramelor ce se deschid de la punctele de observație situate în fața observatorilor. În cadrul fiecărui bazin vizual se evaluează indicatorii estetici, pentru fiecare dintre care se elaborează un algoritm automatizat individual de evaluare, constituit dintr-o succesiune de procese de lucru. În etapa de verificare a rezultatelor evaluării GIS prin comparație cu datele observațiilor de teren, pot fi analizate nu doar atractivitatea estetică a peisajelor observate de la punctele panoramice de-a lungul traseului, ci și modelele dezvoltate pot fi folosite pentru estimarea atractivității punctelor de belvedere în cadrul unui anumit tip de microspațiu al întregului complex peisagistic. Evaluarea proprietăților estetice ale peisajelor se bazează pe zonele de vizibilitate construite din puncte model, care pot fi utilizate ca puncte panoramice potențiale. Punctele model sunt distribuite pe teritoriul studiat prin intermediul unei rețele regulate cu un pas de 80 m. Astfel, pe baza rezultatelor evaluării complexe a tuturor indicatorilor estetici, a fost estimată atractivitatea estetică generală a peisajelor vizibile din punctele panoramice, în limitele unităților naturale corespunzătoare. Cercetarea efectuată are ca scop elaborarea modelelor automatizate de evaluare GIS, utilizând date de teledetecție (RS – Remote Sensing) cu diferite rezoluții spațiale, pentru optimizarea configurației rețelei de trasee turistice și recreative. Rezultatele prezentate ale evaluării estetice complexe oferă posibilitatea ajustării traseelor existente și organizării unor noi rute cu caracteristici estetice superioare.

Cercetările moderne în arhitectura peisageră se concentrează pe utilizarea celor mai noi tehnologii pentru soluționarea problemelor ecologice, estetice și urbanistice, precum gestionarea microclimatului și a consumului de energie, dezvoltarea turismului și recreației, precum și restaurarea peisajelor și crearea zonelor verzi durabile. Direcțiile principale includ integrarea sistemelor „inteligente” din domeniul tehnologiilor informaționale și al inteligenței artificiale, care contribuie la proiectarea și administrarea eficientă a mediului construit și natural. Actualmente, la nivel global, sunt utilizate pe scară largă vehicule aeriene de mici dimensiuni (drone), controlate de la distanță prin sisteme de navigație, prin satelit. Prin intermediul echipamentelor specializate instalate pe aceste drone, cercetătorii reușesc să obțină rezultate remarcabile în diverse domenii ale activității umane, inclusiv în protecția mediului și conservarea frumuseții peisajelor contemporane.

Utilizarea *vehiculelor aeriene fără pilot* (*UAVs), sau drone,* în topografie și cartografie, marchează o evoluție semnificativă în modul în care studiem datele geospațiale. Progresele în tehnologia dronelor au deschis noi posibilități pentru colectarea datelor de înaltă rezoluție si calitate, transformând radical precizia si eficienta operațiunilor de teren. Dronele au îmbunătățit capacitatea de a realiza măsurători precise în terenuri greu accesibile și de a monitoriza schimbările ambientale la scară largă, oferind astfel o perspectivă nouă asupra gestionării resurselor și planificării teritoriale.

Integrarea tehnologii digitale noi în practicile de topografie și cartografie prin evaluarea atât a beneficiilor, cât și a limitărilor utilizării *vehiculelor aeriene fără pilot* deschide noi posibilități în studiul și modelarea noilor calități estetice ale peisajelor Republicii Moldova.

Caracteristicile peisagistice ale Republicii Moldova pot fi evidențiate cu ajutorul ***dronelor*** echipate cu camere de înaltă rezoluție, zburând deasupra unei zone de interes. Traseul de zbor al dronei este planificat printr-o serie de linii punctate care formează un model gridat, indicând acoperirea sistematică a zonei. Procesarea datelor acestei tehnologii are loc cu ajutorul unui ecran de calculator cu o interfață de software de fotogrammetrie, unde imaginile colectate sunt încărcate și procesate. Ecranul afișează progresia de la imagini individuale la un model 3D detaliat al terenului. Teledetecția implică utilizarea senzorilor montați pe drone pentru a măsura și a înregistra informații despre suprafața Pământului. Această tehnologie este esențială pentru identificarea tipurilor de vegetație, evaluarea resurselor de apă și monitorizarea schimbărilor ambientale. Prin utilizarea teledetecției, cercetătorii pot obține date valoroase despre zone care sunt altfel dificil de accesat. Drona este echipată cu unul sau mai mulți senzori specializați care pot detecta diferite tipuri de radiații electromagnetice. Acești senzori pot include camere fotografice, camere infraroșii, LiDAR *(Light Detection and Ranging),* și senzori multispectrali sau hiperspectrali. Fiecare tip de senzor este adaptat pentru a colecta anumite tipuri de date, de la imagini vizuale la informații despre temperatura suprafeței sau compoziția chimică. Înainte de zbor, este necesară planificarea traseului și a altitudinii de zbor pentru a acoperi eficient zona de interes. Aceasta implică stabilirea punctelor de referință, frecvenței de achiziție a datelor și a altor parametri specifici misiunii. Drona execută apoi zborul conform planului prestabilit, asigurându-se că senzorii colectează date de înaltă calitate și acoperă întreaga zonă țintă. Pe parcursul zborului, senzorii atașați dronei detectează radiațiile reflectate sau emise de obiectele de pe Pământ. Aceasta include lumina vizibilă, radiația infraroșie, microundele etc., în funcție de tipul de senzor utilizat. Datele colectate sunt înregistrate și stocate în memoria dronei sau transmise în timp real către o stație de bază.

În arhitectura peisagistică, dronele sunt utilizate pentru crearea modelelor 3D precise ale terenului, monitorizarea și inspectarea obiectivelor, precum și pentru filmări aeriene destinate vizualizării proiectelor. Acestea permit realizarea ridicărilor topografice exacte, crearea ortofotoplanurilor, evaluarea reliefului și integrarea datelor în programe ***BIM*** *(Building Information Modeling)* și ***GIS*** *(Geographic Information Systems).* În plus, dronele sunt folosite pentru stropire, plantare de vegetație și monitorizarea suprafețelor agricole și forestiere.

Crearea documentației de proiect și modelarea 3D

Cartare topografică precisă: Dronele generează modele 3D extrem de exacte ale terenului, mult mai detaliate decât imaginile satelitare, aspect esențial pentru planificarea peisagistică (Fig. 3).
Ortofotoplanuri și hărți-schemă: Imaginile obținute de drone permit crearea ortofotoplanurilor detaliate cu referință geodezică, utile în proiectare și analiză.

*Integrare în **BIM** și **GIS**:* Datele colectate de drone pot fi integrate în sistemele ***BIM și GIS***, facilitând vizualizarea, analiza și coordonarea proiectelor complexe.

Monitorizare și inspecție

Controlul lucrărilor de construcție: Dronele permit urmărirea progresului construcțiilor, compararea stadiului real cu planurile de proiect și controlul amplasării echipamentelor și materialelor. *Inspecția obiectivelor:* Dronele sunt utilizate pentruverificarea structurilor greu accesibile sau aflate la înălțime, cum ar fi clădiri, macarale-turn, dar și pentru evaluarea stării vegetației și detectarea dăunătorilor.

Studiul reliefului

Cu ajutorul dronelor se realizează prin fotogrammetrie și ***scanare laser (LiDAR)*** pentru crearea modelelor 3D detaliate, a imaginilor aeriene și a ortofotoplanurilor. Această metodă permite colectarea rapidă și sigură a datelor în zone greu accesibile, economisind semnificativ timp și resurse comparativ cu metodele tradiționale. Tehnologia este utilizată pe scară largă în geologie, arheologie, construcții și ecologie.

Domenii de aplicare:

Geologie: Studiul vulcanilor, analiza formațiunilor geologice, identificarea resurselor minerale și crearea hărților topografice detaliate.

Arheologie: Obținerea de informații detaliate despre relief, geologie și hidrologie pentru planificarea săpăturilor și protejarea siturilor arheologice.

Construcții și inginerie: Monitorizarea șantierelor de construcție, analiza stabilității pantelor, calcularea volumelor de lucrări terasamentale și planificarea excavațiilor.

Ecologie: Crearea hărților detaliate ale peisajelor și ecosistemelor, monitorizarea stării vegetației și a corpurilor de apă pentru evaluarea schimbărilor de mediu.

Prin capacitatea de a se integra cu ***Sistemele de Informații Geografice (GIS)***, această tehnologie oferă precizia necesară și permite analizarea datelor colectate într-un mediu digital, facilitând crearea de hărți detaliate, analize de teren. Integrarea ***GIS*** extinde capacitatea de a interpreta datele colectate, pentru deciziile de planificare și gestionare. Integrarea tehnologiilor de teledetecție cu drone și ***Sisteme de Informații Geografice (GIS)*** a deschis noi posibilitati în studierea și analiza datelor necesare pentru evaluarea parametrelor estetice ale peisajelor din Respublica Moldova. Avantajele Teledetecției cu Drone și Integrării cu *GIS* sunt:

- dronele pot zbura și colecta date din zone greu accesibile;

- senzorii montați pe drone pot capta imagini și date de înaltă rezoluție, oferind detalii fine necesare pentru analize precise în *sistemele de Informații Geografice GIS* [4].



Fig. 3. Studierea cartografică a terenului cu ajutorul UAV.

Studiul vegetației cu ajutorul dronelor. Studiul vegetației cu ajutorul dronelor include monitorizarea terenurilor agricole, analiza stării plantelor (identificarea bolilor, dăunătorilor și a deficiențelor de nutrienți), precum și crearea hărților pentru agricultura de precizie. Obținerea rapidă a datelor detaliate, colectate cu ajutorul senzorilor, analiza acestora și luarea la timp a măsurilor de gestionare a culturilor contribuie la creșterea randamentului și reducerea costurilor.

Direcțiile principale de cercetare

Monitorizarea și analiza stării plantelor:

- Detectarea timpurie a bolilor, dăunătorilor, deficienței de apă și a carenței elementelor minerale cu ajutorul camerelor de înaltă rezoluție și a senzorilor spectrali;
- Analiza indicilor de vegetație (precum NDVI) pentru evaluarea sănătății și densității vegetației;

Agricultură de precizie:

- Crearea hărților câmpurilor cu zone problematice pentru aplicarea diferențiată a îngrășămintelor și pesticidelor.
- Stropirea și fertilizarea cu drone specializate, care asigură o precizie ridicată a aplicării substanțelor.

Monitorizare ecologică:

- Supravegherea proceselor de reîmpădurire și evaluarea compoziției speciilor forestiere;
- Cartografierea speciilor rare și a habitatelor lor natural;
- În silvicultură, cu ajutorul dronelor, se analizează starea pădurilor, de exemplu, se identifică deteriorările cauzate de dăunători, se cartografiază teritoriile, se evaluează pagubele provocate de incendii și se stabilesc locurile pentru plantarea noilor arbori. Pentru aceasta sunt utilizate drone echipate cu camere specializate (multispectrale și termovizuale) și cu lidare.

Studiul stratului de sol cu ajutorul dronelor. Studiul stratului de sol cu ajutorul dronelor implică utilizarea ***UAV-urilor (vehicule aeriene fără pilot)*** echipate cu diverși senzori pentru colectarea datelor privind umiditatea, conținutul de materie organică, pH-ul, eroziunea și conținutul de substanțe nutritive. Dronele oferă cartografiere rapidă, precisă și la scară largă, generând hărți detaliate care îi ajută pe agricultori să optimizeze utilizarea resurselor, să crească productivitatea și să monitorizeze starea terenurilor agricole.

Metode de cercetare.

Fotografiere și cartografiere: Dronele realizează imagini aeriene de înaltă rezoluție, folosite pentru elaborarea hărților topografice precise și a modelului digital al reliefului.

Fotografiere multispectrală: Se folosesc camere speciale care captează date în diferite părți ale spectrului electromagnetic, permițând evaluarea stării vegetației și a solului.

Analiza umidității și a substanțelor nutritive: Prin intermediul senzorilor, se pot identifica zonele cu exces sau deficit de umiditate, precum și nevoile locale de elemente nutritive.

Evaluarea stării solului: Senzorii dronelor permit detectarea eroziunii, compactării și acidității solului (pH), oferind date esențiale pentru planificarea măsurilor de refacere și îmbunătățire a calității terenului. Pentru aceasta se utilizează camere cu rezoluție înaltă ***(RGB)***, ***senzori multispectrali și termovizuali****, precum și* ***lidaruri*** [1].

Tehnologia LiDAR. LiDAR este o tehnologie de teledetecție. Aceasta utilizează impulsuri laser pentru a colecta măsurători, care sunt folosite la crearea modelelor 3D și a hărților obiectelor și mediului înconjurător. Tehnologia LiDAR este utilizată, de obicei, pentru studierea suprafeței terestre, evaluarea informațiilor despre relieful solului, crearea unui „geamăn digital" al unui obiect sau detalierea spectrului de informații geospațiale. Sistemele LiDAR folosesc această tehnologie pentru a genera modele tridimensionale și hărți digitale de altitudine. De la sistemele portabile până la cele montate pe vehicule sau aeronave, există o gamă variată de soluții LiDAR pentru colectarea datelor necesare.

În cartografie, LiDAR utilizează un sistem de scanare laser cu un bloc de măsurare inerțial (IMU) integrat și un receptor GNSS, ceea ce permite corelarea fiecărei măsurători sau punct din norul de puncte obținut cu o poziție geografică precisă. Fiecare „punct" este combinat pentru a crea o reprezentare tridimensională a obiectului sau a zonei țintă.Hărțile LiDAR pot fi folosite pentru asigurarea preciziei poziționării – atât absolute, cât și relative – permițând utilizatorilor să cunoască exact locul în care au fost colectate datele și relațiile de distanță dintre puncte și obiecte.Datele LiDAR, sub formă de nori de puncte, pot fi folosite pentru cartografierea întregilor orașe, oferind factorilor de decizie posibilitatea de a identifica cu precizie structuri sau zone de interes, cu o exactitate de ordinul milimetrilor. Elemente și obiecte precum rețele rutiere, poduri, mobilier stradal sau vegetație pot fi clasificate și extrase automat. De asemenea, hărțile LiDAR pot fi utilizate pentru detectarea modificărilor și anomaliilor, cum ar fi degradarea suprafețelor, schimbările de pantă sau creșterea vegetației [7].

CONCLUZII

Conceptul valorizării peisajului național este strâns legat de problema evaluării diversității peisajelor și monitorizării acestora în scopul protecţiei şi managementului patrimoniului natural şi cultural. Progresul tehnico-științific a impulsionat dezvoltarea metodelor de evaluare și monitorizare a mediului, oferind suport practic și teoretic substantial pentru identificarea, evaluarea și valorificarea peisajelor. Această abordare holistică presupune percepţia spaţiului, recunoaşterea elementelor peisagere care dau valoare peisajului, dar și identificarea conexiunilor socio-istorice și a tendințelor evoluției peisajelor, ca și componentă esenţială a cadrului de viaţă pentru populaţie. În acest sens, ancorată în metodologia clasică, metodologia modernă în domeniul landșaftologiei integrează eficient tehnolgiile avansate, deschizând noi oportunități pentru identificarea și valorizarea peisajelor la nivelul teritoriului naţional.

Metodele clasice își mențin relevanța lor și în prezent, însă necesită modificare și actualizare. Metodele moderne vin în ajutorul celor clasice, sporind substanțial posibilitățile cercetării mediului.

Vehiculele aeriene fără pilot (UAV) sunt eficiente pentru studiile peisagistice. Ele dinamizează procesele de utilizare a resurselor materiale și temporale și eficientizează munca specialiștilor. Pentru o abordare modernă a realității înconjurătoare, se solicită competențe specifice și transdisciplinare.

Aceasta presupune formarea specialiștilor calificați ce dețin competențe de a investiga obiecte, fenomene și procese, utilizând tehnologiile moderne, inclusiv modelarea matematică, ce permite prognozarea și anticiparea schimbărilor peisajului, în raport cu dinamica condițiilor fizico-geografice și cu gradul de influență antropică.

REFERINȚE:

1. BÎRSAN, A., SPRINCEAN, V. Utilizarea tehnologiilor avansate bazate pe aplicarea dronelor în evaluarea agrocenozelor //Conferinţa ştiinţifică naţională cu participare internaţională „Integrare prin cercetare şi inovare” dedicată Zilei internaționale a Științei pentru Pace și Dezvoltare, 2023. pp. 790-798.
2. BUDRIUNAS, A.R., ERINGIS, K. Kraštovaizdžio estetinio rekreacinio vertinimo metodika. Vilnius, 2000. 48 p.
3. Conventie europeană a peisajului 1 din 20 octombrie 2000 Publicat în Monitorul Oficial, Partea I nr. 536 din 23 iulie 2002.
4. DAPONTE, P., PALADI, F., BULIMAGA, T. și al. 574090-EPP-1-2016-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP Universitatea de Stat din Moldova. Educational for Drone (eDrone). 2019.
5. DRĂGUŢ, L. Evaluarea peisajelor geografice din teritoriul administrativ al municipiului Cluj-Napoca, Studia UBB, Geographia, XLV, 1, Cluj-Napoca**.** 2000.
6. FINES K.D. Landscape evaluation: a research project in East Sussex.-Reg.Stud.,1968, Vol. 2,1, pp. 41-55.
7. GROSU M. Utilizarea dronelor penru topografie și cartografie Conferinţa Tehnico-Ştiinţifică a Studenţilor, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei Chișinău, Republica Moldova, 27-29 martie 2024, Vol. I Крупеников И.А. Дорогая природа Молдавии. «Картя Молдовеняскэ» 1982.167 с.
8. ЛОТМАН Ю. Об искусстве – СПб : Искусство,1998.).
9. ЭРИНГИС К.И., БУДРЮНАС А.Р. Сущность и методика детального эколого-эстетического исследования пейзажей // Экология и эстетика ландшафта. Вильнюс: Минтис, 1975. С. 107-159.

Autorii menționează proiectul de cercetare PHYSTECH cu cifrul 011210 (subprogram) finanțat de către Ministerul Educației și Cercetării.