

MOTTO: *„Dar pe lângă aceste fortificații probabile mai există o categorie, și anume a celor posibile, spre a căror postulare îndeamnă configurația terenului într-o zonă dată, importanța strategică a anumitor puncte sau completarea unor sectoare ale fortificațiilor din sisteme cu rosturi evidente” (Glodariu Ioan, „Arhitectura Dacilor”, 1983, pg.110)*

TEZA DE DOCTORAT

APLICATIILE PRACTICE ALE TEHNOLOGIILOR SPATIALE IN ARHEOLOGIE. MODELE PREDICTIVE.

Doctorand SABIN SIRGHIE

REZUMAT

CAPITOLUL 1 INTRODUCERE

Obiectivele cercetării, necesitate, oportunitate.

Atunci când ne referim la integrarea domeniilor și științelor ce concură la cercetarea noastră, distingem trei tipuri de integrare:

Astfel, vorbim de **Pluridisciplinaritate** atunci când științele se asociază în cercetare fără ca optica proprie a fiecăreia să sufere modificări.

Putem vorbi despre **Interdisciplinaritate** atunci când schimburile foarte intense de fond, conduc la elaborarea unui limbaj și a unei metodologii comune care afectează fondul disciplinelor concurente, modificându-l.

In sfârșit, vorbim despre **Transdisciplinaritate** atunci când integrarea este atât de puternică, încât rezultatele se situează înafara câmpului disciplinelor clasice

Demersul acestui studiu nu are ca scop lansarea unor interpretări de natură istorică. Fără să fie un studiu exhaustiv sau complet, principalul scop al lucrării noastre este acela de a prezenta metode și tehnici moderne de lucru interdisciplinare, care pot să completeze sau să ușureze cercetarea arheologică și istorică prin folosirea topografiei arheologice, cartografiei, tehnicile computerizate și sistemelor informatice geografice sau metodelor predictive.

CAPITOLUL 2 DEFINIREA UNOR CONCEPTE

2.1 Arheologia mediului

Reprezintă studiul relației pe termen lung între oameni și mediul înconjurător, fiind una din disciplinele care pot să ofere evidențe despre reacția oamenilor la mediul înconjurător. Ea a evoluat ca disciplină proprie în studiile de specialitate în ultimii 30 de ani. În definiția mediului înconjurător astăzi “se pune accentul pe caracterul global al raportului natură – om societate, în perspectiva abordării sistemice. Abordarea sistemică presupune definiția mediului înconjurător ca pe un ansamblu de elemente fizice, chimice, biologice și sociale care caracterizează un spațiu și influențează viața unui grup uman, rămânând un sistem deschis, supus influențelor (Voiculescu, 2002, 12)

2.2 Arheologia peisajului

Reprezintă un set de tehnici și metode folosite pentru studierea urmelor materiale ale oamenilor din trecut, în contextual interacțiunii lor cu mediul natural și social în care au locuit (Cambi&Terentano 2006, 122). Prin colectarea, prelucrarea și interpretarea unor astfel de date, se pot obține informații în scopul:

- înțelegerii relației om-comunitate-mediul înconjurător;
- relaționării sitului arheologic cu geomorfologia locului;
- dobândirea unei viziuni de ansamblu asupra locuirii umane, de-a lungul epocilor istorice, într-un anumit areal;
- descoperiri sau identificări de noi situri arheologice;

2.3 Geoarheologia

Este o subdisciplină a arheologiei care utilizează metode de lucru din domeniul geologiei și a altor științe ale pământului, studiind procesele fizice naturale care au afectat siturile

arheologice, precum și modificările antropice ce au afectat geomorfologia unei zone naturale. Cuprinde și alte domenii, dintre care unele de mare întindere, cum sunt:

- Geomorfologia – studiul originii și formelor reliefului;
- Stratigrafia – succesiunea și corelația depunerilor sedimentare;
- Pedologia – știința solului, formarea și funcționarea solurilor

2.4 In continuare sunt prezentați și o serie de termeni, mai puțin cunoscuți în domeniu

CAPITOLUL 3 PROBLEMA HARTILOR. NOȚIUNI DE BAZĂ. UTILIZAREA ÎN CERCETAREA ARHEOLOGICĂ

Definiție, obiectul, ramurile și legătura cu alte discipline. Domenii de utilizare

Încă din cele mai vechi timpuri oamenii au folosit măsurătorile terestre odată cu necesitatea de a cunoaște dimensiunile și poziția unor obiecte și suprafețe de teren în scopul organizării și executării diferitelor lucrări de construcție, a lucrărilor militare, a lucrărilor agricole sau în navigare etc.

Forma pământului și suprafețe de referință

- 1. Suprafața topografică*
- 2. Suprafața geoidului*
- 3. Suprafața elipsoidului*

Coordonate și sisteme de referință

Poziționarea unui punct presupune, din punct de vedere geometric, determinarea și stabilirea poziției lui cu o acuratețe acceptabilă. Poziția lui este redată printr-un *set de coordonate* care aparțin unui *sistem de coordonate* legat de un *sistem de proiecție*.

Pentru a determina poziția unor puncte din teren în vederea întocmirii de hărți sau planuri topografice s-a recurs la utilizarea așa numitelor *sisteme de coordonate*.

Aceste coordonate pot fi coordonate plane și în spațiu.

CAPITOLUL 4 INSTRUMENTE ȘI SISTEME GEO-TOPOGRAFICE. TEHNICI ȘI METODOLOGIE

Stații totale.

Denumirea generică de *stații totale* sau *inteligente* s-a impus în literatura străină prin publicațiile realizate de către firmele producătoare.

Stațiile totale fac parte din generația nouă a instrumentelor topografice, având ca și principiu funcționalitatea unui tahimetru clasic. Apariția, perfecționarea continuă, răspândirea și folosirea lor aproape în exclusivitate în detrimentul teodolidelor, confirmarea avantajelor de precizie, de confort în manevrare și un randament ridicat au făcut din stațiile totale aparatura cea mai folosită pentru măsurătorile topografice și geodezice.

Sisteme de poziționare globală (GPS)

Sistemele de poziționare cu sateliți au fost concepute în jurul anului 1970 ai secolului trecut în SUA și fosta URSS, însă încercări au existat și înainte (Boș 2003, 35). Primele realizări sunt din domeniul radionavigației marine (1920), odată cu apariția sistemului LORAN (Long Range Aid to Navigation), fiind primul sistem care a folosit pentru poziționare diferența de fază dintre două unde radio recepționate simultan. În anii '60 au devenit operaționale sistemele TRANSIT în SUA și TSIKADA în URSS, care au folosit 6 sateliți cu orbite polare de joasă altitudine (11000 km) și receptori la sol capabili să sesizeze schimbarea frecvenței emise de satelit la apropiere sau îndepărtare. După cel de-al doilea război mondial a devenit o necesitate, pentru Departamentul de Apărare SUA, găsirea unei soluții care să rezolve problema acurateții poziționării absolute. În următorii

Aplicații în arheologie

Prin aplicarea sistematică a noilor aparate de măsurătoare topografică și geodezică și a tehnologiilor computerizate, tehnologia arheologică de săpătură cunoaște, în ultimii ani, transformări profunde.

Tendințe conservatoare în arheologia tradițională românească dau însă numai cu greu o șansă noilor tehnici, în ciuda avantajelor evidente ale acestora. Astfel, renunțarea – și astăzi destul de des întâlnită – la tehnica modernă în cazul săpăturilor arheologice nu

afectează numai o continuare eficientă a săpăturii, ci și, într-o măsură și mai mare, valorificarea științifică ulterioară.

CAPITOLUL 5 SISTEME INFORMATICE GEOGRAFICE GIS

Un GIS este un sistem informatic ce permite captarea (introducerea), stocarea, integrarea, manipularea, analiza și vizualizarea datelor care au ca referință spațială (Imbroane, More 1999, 17);

Sistemul informațional geografic, cunoscut în general ca GIS, este un set reunit de modalități de programare și hardware, folosite pentru manipularea și administrarea datelor spațiale digitale (și a datelor atribut relaționale) (www.geostrategies.ro<http://www.usgs.gov/research/gis/title.html>);

GIS este acronimul în limba engleză pentru **Sisteme Informaționale Geografice**: Geographic Information Systems (SUA), Geographical Information Systems (Marea Britanie, Australia, Canada), Geographical Information Science (academic). O formă particulară a Sistemelor Informatice aplicată datelor geografice. Un ansamblu de echipamente, programe și proceduri proiectat pentru stocarea, administrarea, manipularea, analiza, modelarea și vizualizarea datelor spațiale, pentru rezolvarea problemelor de planificare complexă și administrare” (Goodchild&Kamp 1990/după Iosub 2008).

Un GIS are patru subsisteme funcționale principale. Acestea sunt:

- un subsistem de introducere a datelor
- un subsistem de stocare și remediere a datelor
- un subsistem de manipulare și analiză a datelor
- un subsistem de ieșire a datelor și afișaj al acestora.

Modele de date spațiale. Tipurile de date de bază reflectă datele tradiționale regăsite pe o hartă. În consecință, tehnologia GIS utilizează două tipuri de date de bază. Acestea sunt:

- **date spațiale** – acestea descriu situarea absolută și relativă a particularităților geografice;

- **date atribut** – acestea descriu caracteristicile particularităților spațiale; aceste trăsături pot fi atât cantitative, cât și calitative; datele atribut sunt adesea considerate drept date tabelare.

Aplicații în arheologie. Având în vedere cantitatea foarte mare de date apărute în urma unei cercetări arheologice multidisciplinare, a caracterului distructiv a unei cercetări arheologice, precum și a posibilităților actuale de modelare și gestionare digitală a datelor, rezultă necesitatea gestionării și modelării digitale a acestora în vederea obținerii de baze de date, hărți, analize și rapoarte. La toate aceste cerințe poate să răspundă, prin complexitatea lor, sistemele digitale.

Pentru arheologie, fiecare proiect GIS reprezintă un caz unic, în funcție de scopul cercetării, metodele și tehnicile folosite, caracterul și complexitatea sitului, a cerințelor arheologului etc.

Ca tipuri de analize ce se pot efectua în cadrul unui proiect GIS, pot fi enumerate următoarele:

Luarea de decizii privind arheologia preventivă. În cazul prezentării unei cereri de eliberare de autorizație de construcție, se poate decide dacă viitoarea construcție este poziționată în cadrul unui sit arheologic, în care zonă a sa și care ar fi complexitatea lucrărilor de eliberare de sarcină istorică;

Distribuție spațială a unui tip de obiect descoperit, precum și corelații între obiecte găsite pe diferite nivele de călcare;

Analize procentuale privind prezența unui obiect sau a complexelor de un anumit tip pe staturi, pe nivele sau pe areale întinse (în cadrul mai multor stațiuni arheologice din aceeași perioadă);

Analize de proximitate din care să rezulte zonele de proveniență a materialelor;

Pe lângă facilitățile de stocare, management și obținere de informații, proiectele un soft GIS prezintă facilități net superioare și în prezentarea datelor.

CAPITOLUL 6 GEOREFERENȚIEREA IMAGINILOR SCANATE

Din punct de vedere practic, utilizatorul introduce în programul de georeferențiere un număr de puncte de pe imagine (minimum trei puncte) ale căror coordonate le cunoaște din următoarele surse:

1. coordonatele pot fi deja cunoscute, eventual din intersecția liniilor caroiajului imaginii;
2. au fost măsurate în teren cu un GPS;
3. se utilizează puncte comune cu puncte de pe hărți georeferențiate.

Fișierul imagine, după georeferențiere, va fi salvat într-un fișier cu același nume, dar cu altă extensie, de exemplu jpw în loc de jpg-ul inițial. El permite aflarea coordonatelor geografice ale fiecărui pixel al imaginii, prin simpla poziționare asupra acestuia cu mausul.

CAPITOLUL 7 AMPLASAREA CETATILOR. PROBLEMA VIZIBILITATII

Amplasarea vechilor cetăți sau fortificații, ținea cont, pe lângă cele semnalate până acum și de caracteristicile reliefului privind diferențele de nivel, fapt care permitea să se calculeze vizibilitatea dintre două puncte aflate la o distanță acoperită de posibilitățile ochiului uman. Relația este reciprocă și exprimă atât teritoriul supravegheat de un sit, cât și zona pentru care acesta era reprezentativ.

Folosind modele tridimensionale ale reliefului și umbriri virtuale ale pantelor terenului, se pot pune în evidență zonele cu declivitate accentuată ori redusă. Aceste informații coroborate cu amplasamentul siturilor, pot oferi sugestii referitoare la traseul vechilor rute strategice de circulație a oamenilor și bunurilor

CAPITOLUL 8 TESTE STATISTICE IN ARHEOLOGIE

Testul X^2 de comparare sau de asociere.

Este unul dintre cele mai utilizate teste în științele sociale, datorită simplității calculelor, a specificului datelor experimentale cât și a posibilităților imediate de a se lua decizia în urma aplicării testului. Testul poate fi aplicat în diverse situații. Astfel, în cazul în care sunt implicate prin eșantioanele lor reprezentative două populații, și în care comparăm repartiția unei variabile la aceste două populații, testul poate fi considerat ca un test de comparare.

În situația în care sunt implicate mai multe populații diferențiate după categoriile unei variabile, cum ar fi de exemplu locul de reședință cu valorile urban, suburban, rural, atunci testul poate fi gândit ca un *test de asociere*. Vom prezenta în cele ce urmează acest tip de test. Sunt prezentate o serie de exemple practice.

CAPITOLUL 9 TEHNICI DE STOCARE INFORMATIZATA A DATELOR

Drumul informației, de la apariție și până la posibila ei utilizare la luarea unei decizii, traversează o serie de etape indispensabile, respectiv colectarea, organizarea, analiza (procesări). Singurele tehnologii – din prezent - care permit aceste prelucrări și deci fac posibilă utilizarea acestui adevărat ocean de informații sunt cele ale bazelor de date.

Elementele unei baze de date *Access* sunt numite obiecte și pot fi constituite din: tabele, interogări, machete, rapoarte, controale, macro-comenzi și module.

Un obiect poate să fie prelucrat și manevrat într-un anumit fel. Obiectele create posedă proprietăți pe care le putem stabili pentru a da acestora înfățișarea și comportamentul dorit și metode care indică ce operații se pot efectua cu obiectul respectiv. Toate obiectele care aparțin aceleiași clase posedă și aceleași proprietăți și metode. Individualizarea lor se face prin valorile diferite atribuite acestor proprietăți.

Limbajul SQL

Termenul **SQL** este o abreviere provenind de la Structured Query Language – limbaj structurat de interogare. Acesta este conceput special pentru comunicarea cu bazele de date. În mod deliberat el este compus, spre deosebire de alte limbaje ca Visual Basic sau Java, din foarte puține cuvinte, termeni simpli, în limba engleză.

Aproape toate SGBD-urile și bazele de date mai importante acceptă SQL. Fiind un limbaj foarte puternic, permite operații complexe și sofisticate cu acestea.

Aplicații SQL în MICROSOFT ACCESS.

În mod curent SGBD-ul Microsoft Access din Microsoft Office este utilizat interactiv pentru a crea și gestiona baze de date. Pentru interogări ale bazelor de date, Microsoft Access oferă utilitarul Query Designer. O caracteristică frecvent trecută cu vederea a acestui utilitar este faptul că el permite scrierea de instrucțiuni SQL pentru executarea acestora pe o bază de date deschisă.

CAPITOLUL 10 BAZE DE DATE SPATIALE

Dosebirea dintre bazele de date tradiționale și bazele de date spațiale

În mod tradițional, bazele de date non-spațiale – cunoscute și sub denumirea de baze de date atribut - sunt concentrate numai asupra atributelor obiectului sau entității. Rezultă de aici că nu se face în mod explicit diferența dintre obiect și locația acestuia – de exemplu locația unui sit arheologic și atributele sale – data de clasificare, etc.

Remediarea acestor aspecte a dus la apariția unor baze de date geografice – adevărate Sisteme Geografice Informatice, care sunt formate dintr-o bază de date atribut și dintr-o bază de date spațială.

Organizarea unei baze de date spațiale Așa cum am menționat mai sus, hărțile digitale implicate în prelucrarea datelor sub GIS constituie ceea ce se numește BDS. O hartă se descompune în mai multe straturi de informație și invers, mai multe straturi pot forma o hartă. Această idee stă la baza organizării BDS. Este cel mai eficient mod de stocare a hărților. Straturile pot fi combinate astfel încât să genereze hărți care nu există în formă tradițională. Când se creează un strat trebuie să se știe că acesta este utilizat în întregime, respectiv că entitățile geografice nu pot fi separate. Cu alte cuvinte, dacă avem un strat care conține râurile cu limitele bazinelor, nu putem elimina din acesta o parte din aceste bazine.

CAPITOLUL 11 MODELE SI METODE PREDICTIVE

Printr-un model predictiv în arheologie se înțelege un instrument care permite stabilirea cu un anumit grad de probabilitate a existenței unui sit arheologic într-un peisaj oarecare. Raportat la harta peisajului, modelul predictiv mai poartă și numele de sensibilitate a hărții arheologice, în sensul că această sensibilitate indică faptul că unele zone sunt mai potrivite decât altele pentru existența unor situri arheologice. Aceste hărți de predicție conțin de obicei trei zone: o zonă de sensibilitate ridicată în cazul în care în această zonă existența unor situri arheologice are un grad mare de probabilitate, o zonă de sensibilitate medie în cazul în care existența site-urilor arheologice este mai puțin probabilă, iar

ultima, o zona de sensibilitate redusă, zonă în care site-urile sunt puțin probabile. Utilitatea acestui tip de hărți, de o majoră importanță pentru arheologi, nu este mai puțin importantă și pentru alte domenii între care pe primele locuri se află amenajarea teritoriului, cu tot ce cuprinde acest mare capitol al activității umane, cât și căile de transport, drumuri șosele, căi ferate, etc. Prognoza existenței unor situri arheologice în diverse zone poate influența și/sau modifica proiecte de orice amploare, în scopul evitării unor astfel de zone. Avantajele economice și culturale sunt evidente, astfel de hărți constituind un instrument de planificare, care poate orienta construcțiile unor autostrăzi, canale sau mari proiecte de locuințe, etc., spre regiunile de sensibilitate arheologică cât mai redusă. Pe termen scurt sau lung, se elimină astfel pierderea unor vestigii arheologice și se reduc sau se elimină costurile pentru sondajele arheologice, defrișări, etc.

CAPITOLUL 12 MODELAREA PREDICTIVĂ A PATRIMONIULUI ARHEOLOGIC ÎN ȚĂRILE EUROPENE

Sunt prezentate proiectele de modelare predictivă în Europa, respectiv ale autorităților din Olanda și Italia, cât și importanța acordată acestor metode în țările continentului și nu numai.

Între 2002 și 2006, o echipă de cercetători olandezi a realizat o cercetare strategică în modelarea predictivă, în numele guvernului olandez, în vederea gestionării resurselor culturale. Unul dintre obiectivele acestei acțiuni a fost și acela de a dezvolta cele mai bune practici pentru proiectarea și punerea în aplicare a acestor modele. Scopul proiectului a fost să efectueze o analiză aprofundată a modelelor curente și a metodelor, pentru îmbunătățirea situației și să formuleze recomandări pentru viitoarea politică de cercetare.

CAPITOLUL 13 CETATI SI FORTIFICATII INDEPENDENTE IN LUMEA DACILOR. ELEMENTE DE ANALIZĂ DE SISTEM

Zone și amplasamente în Dacia. Gruparea acestora a fost făcută pe zone și, în cadrul fiecăreia, în ordinea alfabetică. Deoarece locurile și condițiile de amplasare ale acestora

pot fi în unele cazuri diferite, s-a considerat necesară introducerea în baza de date, a tuturor acestora, indiferent de zona de amplasare:

Zona de est a Daciei. Cuprinde ținuturile ce sa află situate la răsărit de lanțul Carpaților Orientali

Zona intracarpatică a Daciei. Cuprinde ținuturile dintre Someșuri, lanțul Carpaților orientali, meridionali și apuseni

Zona de sud a Daciei Cuprinde teritoriile aflate între lanțul Carpaților meridionali, Dunăre și râul Buzău

Zona de vest a Daciei, cuprinde toate ținuturile care sunt situate la apus de carpații Occidentali, în Banat, Crișana sau chiar mai îndepărtate

Sunt prezentate în amănunt condițiile de amplasament, respectiv înălțimea absolută și relativă a cetății, pantele utilizate pentru protejarea fortificației, distanța față de sursele de apă, amplasarea strategică în puncte cheie privind accesul față de alte cetăți sau de trecere între diferite zone geografice, de interes în antichitate, inclusiv denumirea din antichitate, acolo unde acesta este cunoscută. Se prezintă și o hartă însoțită de o enumerare, cuprinzând cetățile și fortificațiile descoperite în Dacia. Capitolul este completat de planurile unora din cetățile dacilor, în măsura în care acestea sunt cunoscute.

CAPITOLUL 14 STUDIUL DE CAZ. MODELE PREDICTIVE PENTRU ZONA CETATILOR DACICE DIN SUDUL TRANSILVANIEI

Elemente de analiză de sistem. Colectarea datelor și organizarea lor. Sunt prezentate tabelele și câmpurile fiecărui tabel “Zona”, “Relief” și “Amplasament” din baza de date intitulată “Metode și modele predictive” Sunt prezentate apoi problemele legate de hărțile utilizate. Sursa principală a hărților utilizate a fost situl MAPSTOR.COM de la care s-a achiziționat, pe comandă, un set de hărți al României, acoperit în marea majoritate de foile de hartă L-34 și L- 35, precum și de porțiuni mai mici din foile de hartă M-34, M-35, K-34 și K-35. Tipul fișierelor a fost “gif” Pentru Sarmizegetusa Regia fișierul folosit a fost 100k - L34 – 095 – 2.gif , pentru care s-au prezentat

rezultatele analizei. Fișierul “SMZ Poza Google 1002 DIRECȚII. bmp” conține harta zonei capitalei Sarmizegetusa Regia, având în centru cetatea și zona sanctuarelor de pe înălțimea Grădiște. Analiza s-a executat pe șase direcții al căror azimut este prezentat în capitol. Caracteristicile siturilor analizate au cuprins: distanța față de sursa de apă, panta terenului, expunerea la radiația solară, amplasarea într-un punct strategic sau natura solului. Acestea sunt urmate de concluziile proprii fiecărui caz analizat.