

# Aplicații GIS în arheologie.

## Istoric, resurse și metodă

---

Ionela Crăciunescu\*  
Mihai Ștefan Florea\*

**Abstract:** *Spatial dimension of human behaviour represents one of the major interests in archaeological field. Working methods and techniques pertaining to environmental geography, especially GIS, provide archaeologists with a useful working tool which examines large data sets in spatial context and can lead to some assumptions concerning social behaviours or cultural phenomena closely related to the geographical landscape. Their availability is no longer a problem today, and the use of GIS software in archaeology is carried internationally to a large extent, and in Romania they are increasingly embedded. Geospatial analysis techniques can provide relevant data on the choice of a fortified position, location of settlements or preference for certain territories. With their help we can better understand why certain building materials were used, how domestic space and daily occupations were developed, the choice of access routes and roads etc. Analysis and interpretation of human behaviour separate an archaeological GIS from a conventional one.*

**Rezumat:** *Dimensiunea spațială a comportamentului uman reprezintă unul dintre punctele de studiu ale arheologiei. Metodele și tehnicile de lucru ce țin de domeniul geografiei tehnice, în special Sistemele Informatic Geografice (GIS), oferă arheologilor un instrument util de lucru care examinează seturi de date voluminoase în context spațial și care poate ajuta la emiterea unor ipoteze privind desfășurarea unor comportamente sociale sau fenomene culturale în strânsă legătură cu peisajul geografic. Disponibilitatea lor nu mai reprezintă o problemă în prezent, iar utilizarea aplicațiilor software GIS în arheologie se realizează la scară internațională într-o mare măsură, iar în România sunt încorporate tot mai des. Tehnicile de analiză geospațiale pot oferi date relevante privind alegerea poziției unei fortificații, amplasării unei așezări umane sau preferința pentru anumite teritorii. Cu ajutorul acestora putem înțelege mai bine motivul utilizării anumitor materiale de construcție, modul de dezvoltare al spațiului domestic și al ocupațiilor cotidiene, alegerea unor căi de acces și drumuri etc. Analiza și interpretarea unor comportamente umane diferențiază un GIS arheologic de unul convențional.*

**Key words:** GIS, archaeology, method, spatial statistics, spatial analysis.

**Cuvinte cheie:** GIS, arheologie, metodă, statistică spațială, analiză spațială.

---

\* Muzeul Național de Istorie a României, Calea Victoriei, 12, 30026, București;  
ionela.craciunescu@gmail.com; mihaimfs@yahoo.com

## Introducere

Hărțile reprezintă instrumente de bază în cadrul muncii de cercetare pentru arheologi, iar modul în care sunt folosite a cunoscut o dezvoltare semnificativă începând, încă, din sec. XIX și până în prezent. Începând din anii 1980, dezvoltarea aplicațiilor GIS în cartografia digitală a adus un proces de schimbare a modului în care datele arheologice sunt colectate, vizualizate, gestionate, analizate și interpretate.

Prin analiza sistematică a unui complex arheologic în raport cu peisajul geografic, un specialist încercă să găsească și răspunsuri cu privire la legăturile dintre om și spațiul în care a trăit.

### 1. Scurt istoric al dezvoltării aplicațiilor GIS în arheologie

Aplicațiile arheologice GIS au apărut și s-au dezvoltat inițial în Statele Unite<sup>1</sup>, apoi în Marea Britanie<sup>2</sup> și Olanda<sup>3</sup>. Începutul anilor 1990 este marcat de afirmarea aplicațiilor GIS și în arheologia europeană<sup>4</sup>.

Încă din anii 1960 conceptul de analiză spațială în arheologie a luat amploare în America de Nord și Marea Britanie<sup>5</sup>. Dezvoltarea cartografiei digitale a contribuit la modul în care arheologii își percepeau și prezentau datele. Însă, abia după testările de succes din anii 1980 ale analizelor spațiale și statistice a modului de distribuire a datelor arheologice, dezvoltate și îmbunătățite în timp, se poate discuta despre adoptarea acestui domeniu de interferență în cadrul cercetărilor arheologice<sup>6</sup>.

Aplicațiile de analiză cartografică digitală au început să fie utilizate în cercetarea arheologică începând din perioada anilor 1980. Primele aplicații includ modelări ale unor teritorii bazate pe analiza sistemelor hidrografice care încercau să reprezinte grafic efortul uman de a se deplasa de la un anumit punct până la o anumită resursă, de exemplu, dar propun și dezvoltarea unor modele predictive de distribuție care au la bază un set de variabile bine definite rafinate de-a lungul anilor<sup>7</sup>.

Între anii 1979-1982 a fost dezvoltată prima aplicație cartografică digitală, în cadrul proiectului arheologic *Granite Reef* în America de Sud-Vest, și avea la bază

---

<sup>1</sup> Kvamme 1983.

<sup>2</sup> Harris 1985.

<sup>3</sup> Wansleeben 1988.

<sup>4</sup> Allen *et alii* 1990; Lock, Stančić 1995, Aldenderfer, 1996.

<sup>5</sup> Lock 2000, 3-5.

<sup>6</sup> Kvamme 1995, 4.

<sup>7</sup> Judge, Sebastian 1988; Allen *et alii* 1990; Westcott, Brandon 2000.

principiile de funcționare a unui GIS<sup>8</sup>. Dezvoltarea unui program specializat s-a demonstrat a fi utilă pentru obținerea unor hărți tematice, dar a implicat o muncă lungă în timp și costisitoare. Procesul de manevrare a seturilor de date arheologice în cadrul virtual a început să devină puțin mai fluid după ce au apărut, în anul 1986, programele ARC/INFO<sup>9</sup> și GRASS<sup>10</sup>.

Modelarea predictivă (*archaeological predictive models*) a fost dezvoltată și aplicată inițial în America de Nord, fiind considerată utilă pentru explorarea statistică a unor zone geografice extinse<sup>11</sup>. Aceste metode au fost preluate și în arheologia din Europa, în special în Olanda, unde s-au desfășurat proiecte extensive de protecție a resurselor culturale<sup>12</sup>. Deși metodele au fost controversate, acestea sunt folosite în prezent în mod sistematic în managementul patrimoniului cultural din Olanda și S.U.A<sup>13</sup>.

Utilitatea adoptării aplicațiilor GIS în cadrul arheologiei a cunoscut beneficii pentru partea de cercetare arheologică, dar și pentru managementul resurselor culturale (influențate de metodele dezvoltate pentru inventarierea siturilor și a monumentelor istorice). Folosirea programelor GIS în cadrul gestionării inventarelor arheologice naționale/regionale a presupus trecerea la un sistem de reprezentare digitală a localizărilor de situri, corelată cu atributele acestora, regăsite sub forma unei baze de date geospațiale.

Până la începutul anilor 1990, majoritatea aplicațiilor arheologice GIS au fost realizate de cercetători din America de Nord. În anul 1986, Harris Trevor introduce în literatura arheologică britanică conceptul de GIS<sup>14</sup>. Însă, abia câțiva ani mai târziu, Gaffney și Stančić demonstrează valoarea folosirii unui GIS pentru analiza regională a insulei Hvar, din Croația, folosind un model digital al terenului<sup>15</sup>.

În cadrul conferințelor internaționale organizate privind GIS și arheologia<sup>16</sup> au fost discutate și analizate variațiunile aplicațiilor GIS în gestionarea problemelor cu substrat arheologic. Publicațiile apărute prezintă tehnicile utilizate în cadrul modelărilor predictive, dar și noi moduri de abordare și interpretare a datelor regionale și analiza

---

<sup>8</sup> Brown, Rubin 1982, 267-305.

<sup>9</sup> Oliver, Schroder 1986 *apud* Kvamme 1995, 4.

<sup>10</sup> Westervel 2004.

<sup>11</sup> Wheatley, Gillings 2002, 16-17.

<sup>12</sup> Brandt *et alii* 1992.

<sup>13</sup> van Leusen 1995, 27-41.

<sup>14</sup> Harris 1986.

<sup>15</sup> Gaffney, Stančić 1991.

<sup>16</sup> Conferința internațională de la Santa Barbara, California din ianuarie 1992 (Aldenderfer, Maschner 1996); Conferința de la Ravello, Italia, din anul 1993 (Lock, Stančić 1995).

arealului de aprovizionare a sitului (*site catchment analysis*). Potențialul GIS a fost utilizat și pentru analize de vizibilitate<sup>17</sup>, dar și pentru a simula modelări hidrologice<sup>18</sup>.

De la începutul anilor 1990 și până la momentul actual, numărul de proiecte arheologice care înglobează sisteme GIS a crescut masiv, astfel că proiectele de analiză spațială sau regională sunt greu de conceput fără utilizarea acestora. Tehnologia avansează constant, astfel că puterea de analiză și gestionare a datelor este în continuă dezvoltare. Creșterea accesibilității suporturilor hardware și software performante din ultimii 20 de ani, dar și a instrumentelor topografice moderne (cum ar fi, stația totală, sistemele de poziționare globală GPS, camere foto multi-senzor cu rezoluție mare, scanner 3D, tehnologia LIDAR, imagini satelitare etc.), a ajutat la achiziția și analiza datelor cu referință spațială în domeniul arheologiei<sup>19</sup>.

Cu scopul de a crește gradul de comunicare în cadrul sectorului arheologic, care s-a limitat la definirea proiectelor și a rezultatelor dar nu și la date, au fost începute proiecte experimentale de cercetare care integrează date prin intermediul web<sup>20</sup>. Aplicațiile denumite WebGIS permit utilizatorilor să vizualize resurse publicate cu scopul de a obține informații privind situri arheologice.

În România, SRAP (Southern Romanian Archaeological Project) este primul proiect arheologic care a pus problema studierii mediului și evoluția acestuia în raport cu comunitățile umane din zona Lăceni-Măgura<sup>21</sup>. După modelul acestuia au urmat o serie de alte proiecte arheologice<sup>22</sup>. Situri arheologice cultura Cucuteni reprezintă o aplicație interactivă web care permite vizualizarea, explorarea și un mod ușor de interpretare a resurselor publicate, cu scopul de a obține informații privind aria de răspândire a culturii Cucuteni pe teritoriul țării noastre, în ceea ce privește siturile arheologice, ansamblurile și monumentele istorice<sup>23</sup>. Această aplicație a fost urmată de un proiect pilot de localizarea exactă a siturilor arheologice de pe Valea Mostiștei<sup>24</sup>. Apariția în literatura de specialitate românească a volumului *Arheologie digitală și spațială*.

---

<sup>17</sup> Wheatley 1995; van Leusen 1999; Wheatley, Gillings 2002.

<sup>18</sup> Gillings 1995 *apud* Conolly, Lake 2006, 260-261; Comer 2011.

<sup>19</sup> Ștefan *et alii* 2012, 14.

<sup>20</sup> <http://archeologiamedievale.unisi.it/miranduolo/lo-scavo/documentazione/web-gis>.

<sup>21</sup> Bailey *et alii* 2000, 131-51.

<sup>22</sup> Art Landscape Transformations. Măgura Past and Present (Mills, Mirea 2011); Proiectul CRONOS (Cronologie și interacțiuni umane în eneoliticul din sudul României, (Carozza *et alii* 2011, VII); Proiectul de cercetare de la Pietroasa Mică *Gruicul Dării* (jud. Buzău) (Ștefan, Dușescu 2005) etc.

<sup>23</sup> <http://www.geoportal-mediu.ro/arheologie/viewer/>.

<sup>24</sup> <http://map.cimec.ro/LocalizareExacta/mapserver.html>.

*Manual teoretic și exemple de aplicare*<sup>25</sup> a reprezentat un pas important în procesul de familiarizare a specialiștilor din domeniul umanist cu tehnicile de analiză geospațială.

Dezvoltarea informațională, disponibilitatea și progresul constant al tehnologiilor inovative, reprezintă un avantaj enorm pentru metodele de abordare spațială a datelor arheologice, implicând și dobândirea obligatorie a abilităților interdisciplinare pentru arheolog.

## 2. Sisteme Informatic Geografice (GIS)

Sistemele Informatic Geografice, prescurtat GIS, reprezintă un concept tot mai des utilizat în arheologie. În ultimii 30 de ani au devenit parte integrantă în cadrul metodelor și instrumentelor specifice arheologiei și au avut un impact major în acest domeniu.

Prin definiție, GIS este un sistem informatic care lucrează cu date și informații geografice provenite din diverse surse. „...un sistem complex de echipamente electronice, programe și personal specializat care integrează date topografice, demografice, utilități, imagini și alte tipuri de informație care sunt georeferențiate”<sup>26</sup>. Orice element reprezentat într-o hartă digitală este definit de un set de coordonate X și Y și are corespondență într-o bază de date și, invers, orice element din baza de date poate fi vizualizat pe hartă în urma unor funcții de interogare. Datorită abilității de interconectare a bazelor de date cu hărțile digitale aplicațiile GIS au fost adoptate în cadrul unui număr impresionant de domenii, care pun accent pe analiza relației dintre diferite elemente de interes și distribuția lor spațială.

Descoperirile arheologice sunt caracterizate de componenta spațială iar între ele există corelații spațiale. Colectarea și analiza datelor arheologice în formatul unor hărți sau planuri are ca scop interpretarea și înțelegerea eventualelor legături între acestea și peisajul geografic. Modul în care sunt stocate și prelucrate datele este foarte important în procesul de cercetare, iar dezvoltarea tehnologică aduce schimbări în ceea ce privește viziunea de interpretare a materialelor studiate.

Transpunerea unei realități din cadrul fizic se realizează printr-un sistem simbolic de clasificare a elementelor cartate. Procedul presupune stabilirea unor proporții limitate de redare a spațiului studiat. Realizarea unei hărți presupune, în general, stabilirea unei tematici, a unui sistem de coordonate și proiecție, a unei scări de redare și explicațiile pentru simbolurile grafice folosite (legenda). Aplicațiile software necesare pentru utilizarea datelor se găsesc într-o gamă variată și sunt disponibile contra cost<sup>27</sup> sau libere<sup>28</sup>.

---

<sup>25</sup> Ștefan et alii 2012.

<sup>26</sup> Longley et alii 2005, 13-14.

<sup>27</sup> ArcGIS-ESRI, Global Mapper, Map Info, Surfer etc.

<sup>28</sup> Quantum GIS, GRASS GIS, SAGA GIS, Inkscape etc.

### 3. Utilizări ale aplicațiilor GIS în arheologie

Se disting trei tipuri de utilizări ale aplicațiilor GIS în arheologie precum, vizualizare, manipulare și analiză de date<sup>29</sup>. Primele două funcții sunt cel mai des folosite și ajută la gestionarea volumului de date prin crearea unor baze geospațiale și corelarea acestora cu hărți tematice și, invers, corelarea hărților tematice cu datele alfanumerice. Vizualizarea rezultatelor se concretizează prin crearea unor hărți rafinate din punct de vedere estetic, însă funcțiile de analiză ale acestora reprezintă esența utilității sale pentru cercetarea arheologică.

#### 3.1. Vizualizarea și gestionarea datelor arheologice/non-arheologice în GIS

Sistemele informatice sunt capabile să integreze și să gestioneze seturi de date cu referință spațială în cantități mari. Pot fi utilizate hărți și planuri scanate și digitizate (hărți tematice, planuri topografice, planuri de situație, desene de șantier etc). Inserează măsuratori topografice realizate cu diverse instrumente geodezice, cum ar fi stația totală sau sistemul de localizare globală-GPS. Pe lângă acestea se mai adaugă ortofotoplanuri, fotografii aeriene, imagini satelitare, dar și date ale unui model digital de teren etc.

Datele arheologice sau non-arheologice cu referință spațială pot fi asociate cu înregistrări și tabele organizate în baze de date. În cadrul aplicației anumite date de interes pot fi vizualizate prin comanda unor interogări din cadrul bazei spațiale, sau invers, în funcție de atributele alfanumerice pot fi vizualizate date din cadrul hărții digitale. Această funcție este importantă deoarece poate fi folosită pentru a găsi răspunsuri la întrebări legate de distribuția siturilor arheologice în funcție de anumite variabile<sup>30</sup>. Câte situri arheologice se găsesc în județul X? Câte și care sunt siturile aflate la distanță de 1 kilometru de albia unui râu major și car au suprafața mai mare de 1 hectar? Unde sunt distribuite majoritatea siturilor aflate în zone inundabile sau cu factor ridicat de eroziune a reliefului? etc. Răspunsurile oferite de aplicația GIS pot fi vizualizate sub forma unor tabele, grafice, informații numerice sau hărți. Acestea sunt doar câteva exemple, însă gradul de complexitate la care se poate ajunge folosind anumite interogări depinde de aplicațiile informatice utilizate.

Informațiile digitale geospațiale sunt structurate în GIS sub forma unor straturi tematice denumite *layere*. Un aspect important este legat de cantitățile mari de informații care pot fi manevrate ușor, deoarece acestea sunt gestionate și manipulate în funcție de anumite criterii, pot fi vizualizate selectiv, simultan sau combinat<sup>31</sup>. Suprapunerile de date poate fi utile în arheologie (vezi Fig.1<sup>32</sup>)

---

<sup>29</sup> Ebert 2004.

<sup>30</sup> Ștefan *et alii* 2012, 98.

<sup>31</sup> Wheatley, Gillings 2002, 9.

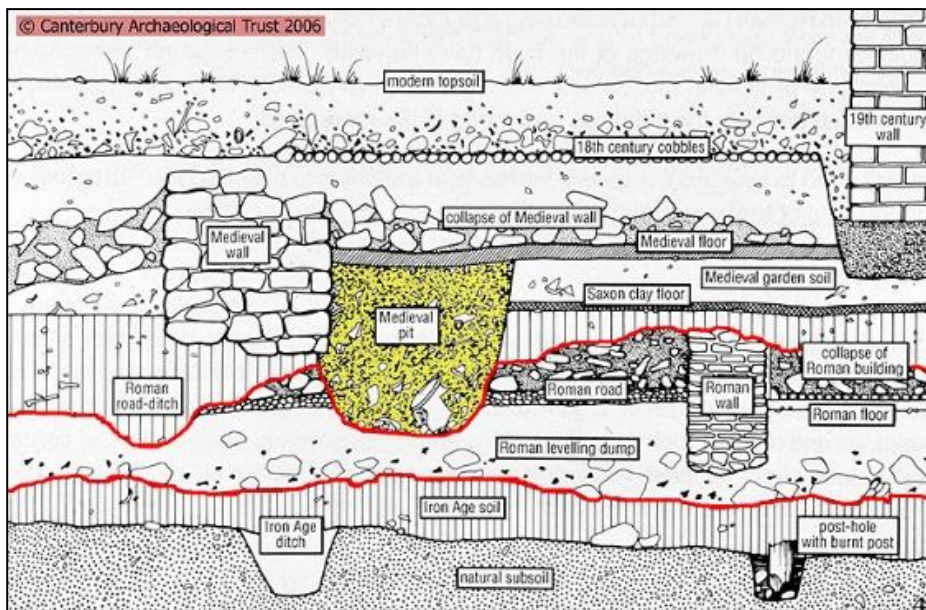


Fig. 1. Model de reprezentare a unităților stratigrafice în GIS pe *layere* /  
*Drawing of Stratigraphic Units in GIS by layers.*

Scara la care pot fi vizualizate și gradul de apropiere sau îndepărtare de datele studiate schimbă perspectiva de abordare și interpretarea a acestora. De exemplu, un plan care conține o un set de date tip punct va prezenta zone de aglomerare la o scară redusă, iar la o scară mare acestea s-ar putea să nu mai apară grupate.

Hărțile gestionate într-un GIS sunt dinamice și pot fi utilizate în funcție de necesitățile utilizatorului, oferind informații în mod treptat și organizat. Acestea reprezintă fie interfața grafică a unor baze de date, fie rezultatul unor interogări a datelor atribut înregistrate.

### 3.2. Date arheologice și non-arheologice utilizate în cadrul unui GIS

Cum ar trebui să înțeleagă și să definească un arheolog cuvântul *dată* în acest context? *Data* este descrierea simbolică a unor artefacte sau a unor acțiuni se concretizează în datele care pot fi integrate într-un GIS<sup>33</sup>). Simbolurile sunt înregistrate pe un suport material sau digital, și pot fi prelucrate manual sau digital. Datele

<sup>32</sup> [http://www.canterburytrust.co.uk/learning/galleries/roman\\_canterbury/](http://www.canterburytrust.co.uk/learning/galleries/roman_canterbury/).

<sup>33</sup> Wheatley, Gillings 2002, 10-11.

folosite sunt de două tipuri: *date geospațiale* (reprezentări digitale ale hărților) și *date atribut* (date alfanumerice organizate sub formă de tabele pe linii și pe coloane și asociate cu cele spațiale), care se regăsesc sub forma unor fișiere cuprinse într-o bază de date<sup>34</sup>. Datele geospațiale se referă la localizarea geografică a anumitor obiecte pe glob, la forma și dimensiunile acestora<sup>35</sup>. În urma prelucrării datelor se obține un plus de cunoaștere denumit informație. Informația obținută poate fi supusă unui nou proces de prelucrare cu scopul de a obține noi informații. Cele două termene informație și dată nu ar trebui să fie confundate și folosite ca sinonime.

### 3.3. Modul de reprezentare a datelor geospațiale

Prelucrarea informatizată a datelor cartografice și topografice digitale se raportează la două tipuri de date, raster și vector. Pe scurt, reprezentarea unei hărți în calculator se face în două sisteme: *sistemul raster* și *sistemul vector*<sup>36</sup>.

#### 3.3.1. Date raster

Datele raster sunt fotografii ale Pământului, făcute fie din satelit sau din avion, hărți, planuri topografice etc. Sunt fișiere care stochează informația în celule organizate în linii și coloane. Atunci când imaginea raster este folosită împreună cu informații vectoriale dintr-o anumită zonă, este necesară georeferențierea imaginii raster. Posibilitatea de a combina cele două tipuri de date oferă noi perspective de analiză în ceea ce privește entitățile arheologice.

#### 3.3.2. Date vector

Datele vector sunt entități de tip punct, linie și poligon, fiind caracterizate de coordonatele absolute ale amplasării lor în spațiu (x, y, z). Datele de tip punct pot reprezenta localizări de situri arheologice, artefacte și structuri arheologice. Acestea sunt utilizate pentru obținerea hărților de distribuție a densităților și pentru proceduri de interpolare. Hărțile de densitate surprind modul în care anumite variabile selectate, cum ar fi mormintele din cadrul unei necropole, sunt distribuite în funcție de frecvența apariției acestora într-o anumită zonă<sup>37</sup>. O astfel de cartare ne poate ajuta să vizualizăm la o scară variabilă existența unui model de organizare, însă cu mari rezerve în ceea ce privește elaborarea unor ipoteze.

---

<sup>34</sup> Wheatley, Gillings 2002, 10-11.

<sup>35</sup> <http://www.opengeospatial.org/ogc/glossary/g>.

<sup>36</sup> Longley 2004, 74-75.

<sup>37</sup> Deweirdt 2012, 190-191.



### 3.4. Surse de date geospațiale

Datele pot fi obținute și prin mijloace clasice din reprezentări cartografice (hărți și planuri topografice), aerofotograme, scanare LIDAR<sup>38</sup>, imagini satelitare stereoscopice sau radar, măsurători cu dispozitive de poziționare globală (GNSS<sup>39</sup>) etc.

#### 3.4.1. Hărți vechi

O serie de materiale cartografice cu valoare istorică de interes pentru cercetarea arheologică românească sunt disponibile pentru vizualizare online sau descărcare gratuită. Proiectul [geo-spatial.org](http://geo-spatial.org)<sup>40</sup> pune la dispoziția publicului hărți vechi prelucrate, cum ar fi hărți austriece și sovietice (la diferite scări), planurile directe de tragere (1:20k), harta geologică a României (1:200k), atlasul căilor de comunicații din 1897 (1:200k).

Prima hartă topografică propriu-zisă a Țării Românești a fost realizată în 1864, este cunoscută sub numele Charta României Meridonale și a devenit disponibilă online prin intermediul unui proiect de digitizare, georeferențiere și publicare pe web<sup>41</sup>. În literatura de specialitate românească informațiile privind această hartă topografică sunt puține, iar colecțiile de hărți sunt incomplete, acestea găsindu-se destul de greu. Poate fi vizualizată la diferite scări și rezoluții, zonele de interes pot fi căutate după denumire, iar harta poate fi descărcată fără plată. Harta veche de acum 150 de ani poate fi comparată cu cele actuale pentru a surprinde evoluția spațiului fizic.

Materiale cartografice vechi din toată lumea pot fi vizualizate în colecția imensă de hărți istorice David Rumsey Map Collection<sup>42</sup>.

#### 3.4.2. Imagini din satelit

Teledetecția și tehnicile sale au devenit o necesitate în cadrul studiilor de peisaj arheologic. Permite observarea unor imagini cu suprafața Pământului și conturul țărmurilor, la intervale mai lungi sau mai scurte de timp, folosind mai multe canale spectrale.

Prin intermediul sateliților geo-staționari sau orbitali se pot obține imagini ale suprafeței Terrei, care pot să confirme sau să infirme un presupus punct arheologic (identifica situri noi), printr-o scanare a suprafeței solului, subsolului și a vegetației<sup>43</sup>. Imaginile obținute prin teledetecție pot sesiza nuanțele de culoare ale vegetației în condiții date de secetă sau umiditate. Bogăția în fosfați, azotați, carbonați ori umiditatea din gropi, șanțuri sau rambleuri favorizează creșterea vegetației sau determină nuanțe

---

<sup>38</sup> Light Detection and Ranging.

<sup>39</sup> Global Navigation Satellite System.

<sup>40</sup> <http://earth.unibuc.ro/>.

<sup>41</sup> <http://www.charta1864.ro/>.

<sup>42</sup> <http://www.davidrumsey.com/>.

<sup>43</sup> Orlando, Villa 2011, 147-168.

mai închise ale ei. Prezența pietrei, a varului, a zidurilor sau a lutului galben din valuri defavorizează creșterea vegetației, ce apare de diferite înălțimi sau nuanțe de culoare, de obicei mai deschise. Anumite plante, cum ar fi lucerna, în procesul de creștere și dezvoltare a lor sunt favorizate de prezența calcarului de la pietrele de construcție. În anumite zone, bogăția de fosfați sau oxid de potasiu, din perimetrul unor stațiuni, determină creșterea vegetației. Tot din satelit se pot identifica traseele rutiere dispărute, mari sisteme defensive, ruine, sisteme de semnalizare, canale sau sisteme de irigare, șanțuri, valuri, tumuli deranjați, urme de locuințe, ziduri de cetăți etc.

S. H. Parcak, egiptolog la Universitatea Alabama, a descoperit 17 piramide în anul 2011 folosind imagini satelitare luate de la NASA<sup>44</sup> și cele preluate cu ajutorul sateliților comerciali care orbitau la 650 kilometri deasupra Terrei. Pe lângă piramide s-au mai descoperit în jur de 1000 de morminte și 3100 de așezări umane. Imaginile în infraroșu au indicat diverse materiale sub suprafața pământului care păreau a fi structuri de ziduri antice<sup>45</sup>.

Sateliții din programul american **Lansat** au furnizat, din 1972 și până în prezent, imagini multi-spectrale cu suprafața Pământului. Acestea pot fi accesate și descărcate online<sup>46</sup>. **Google Earth** este o aplicație software care folosește imagini satelitare de rezoluție înaltă, preluate din mai multe surse<sup>47</sup>. **Corine Land Cover 2006** (CLC 2006)<sup>48</sup> este setul de date europen de referință pentru modul de acoperire al terenului.

### 3.4.3. Ortofotoplanul

Ortofotoplanul reprezintă o fotografie aeriană realizată din avion (aerofotografiere), la scară predefinită, din care rezultă imagini în format digital care sunt georeferențiate în sistemul de referință național (elipsoid Krakowski 1940, plan de proiecție stereografic 1970 și sistem de altitudini Marea Neagră 1975), adecvate interpretării și vectorizării parcelelor. Ortofotoplanuri pentru România, realizate până în 2005 și altele din 2008-2012, dar și planuri topografice sunt disponibile pentru vizualizare online<sup>49</sup> sau pot fi cumpărate la cerere de la Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară.

### 3.4.4. Modelul Numeric altimetric al Terenului (MNAT)

Modelul Numeric altimetric al Terenului (MNAT) este orice reprezentare numerică (digitală) a variației continue a reliefului în spațiu<sup>50</sup>. Un astfel de model ne oferă

<sup>44</sup> National Aeronautics and Space Administration.

<sup>45</sup> Parcak 2009, 174.

<sup>46</sup> <http://landsat.usgs.gov/>.

<sup>47</sup> <http://www.google.com/earth/>.

<sup>48</sup> <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster-2>.

<sup>49</sup> <http://geoportal.ancpi.ro/geoportal/catalog/main/home.page>, cu aplicația INIS Viewer

<sup>50</sup> Crăciunescu 2004, 24.

posibilitatea de a vizualiza arhitectura peisajului în format tridimensional. Pot fi obținute calcule necesare realizării analizei de vizibilitate, pe o singură direcție sau pe mai multe direcții. Se pot realiza analize statistice geomorfologice și comparații ale tipurilor de teren, calculul gradului de înclinare a pantei, aspectului, șiroirii și eroziunii ca fundal pentru afișarea altor hărți tematice. Furnizează date utile pentru modele de simulare a imaginii, a simulării deplasării pe teren<sup>51</sup>.

Câteva surse de MNAT disponibile prin intermediul rețelelor de internet sunt Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)<sup>52</sup>, ETOPO 5<sup>53</sup>, GTOPO 30<sup>54</sup>, GLOBE<sup>55</sup>, DTEDO<sup>56</sup> etc.

#### 4. Analize geostatistice folosind aplicații GIS

Analizele geostatistice sunt utilizate pentru a observa eventuale relații dintre comunitățile umane dint trecut și peisajul geografic. În cadrul aplicațiilor GIS se regăsesc un număr divers de astfel de analize. În continuare vor fi prezentate câteva metode care au avut rezultate teoretice și practice în cadrul cercetării arheologice.

##### 4.1. Modele arheologice predictive (*Archaeological Predictive Models*).

Este o metodă de analiză complexă și însumează toate caracteristicile unui sistem GIS, de la stocarea datelor până la verificarea unor interpretări ipotetice. Implică stabilirea unor criterii de corelație dintre anumite variabile de natură arheologică (distribuție, densitate, tipuri de situri arheologice) și condițiile de mediu care ar fi favorizat alegerea unui teritoriu de locuit. În acest caz este vorba despre un model inductiv care indică zone cu grad de probabilitate ridicat, pentru a fi descoperite noi situri arheologice<sup>57</sup>. Mai există un tip de model deductiv<sup>58</sup>, prin care se încearcă elaborarea unor ipoteze privind deciziile umane care au stat la baza alegerii anumitor amplasamente, evident în stransă legătură cu mediul geografic. La baza analizei se regăsesc algoritmi statistici care vor indica zonele cele mai expuse unor riscuri antropice și naturale și care prezintă un grad ridicat de potențial arheologic.

---

<sup>51</sup> Nițu 2009.

<sup>52</sup> <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM2>.

<sup>53</sup> <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO5/>.

<sup>54</sup> <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.asp>.

<sup>55</sup> <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/topo/gltils.shtml>.

<sup>56</sup> <http://www.nima.mil>.

<sup>57</sup> Kvamme 1992, 271.

<sup>58</sup> Kamermans, Wansleeben 1999.

Mediul geografic cu sensibilitate arheologică este caracterizat prin variabile precum, elevație, înclinația pantelor, cele mai apropiate resurse de apă, zonele cu resurse locale de lut, saline sau de minereuri, zone inundabile, calitatea solurilor, prezența drumurilor<sup>59</sup>.

Metoda a stârnit reacții adverse, fie a fost acceptată fie a fost respinsă ca fiind eronată, la nivelul domeniului arheologiei. Totuși, eficiența utilizării acesteia este demonstrată în cazul managementului oficial al patrimoniului național din Olanda și S.U.A., unde este utilizată în prezent în mod sistematic<sup>60</sup>.

Modele predictive nu sunt propuse cu scopul de a înlocui cercetarea în teren, însă prin folosirea acestora se poate ajunge la schimbarea viziunii asupra modului în care este percepută natura unui sit arheologic. Mediul geografic nu este reprezentat prin uniformitate, astfel că fiecare regiune este definită prin unicitate, la fel și modelele predictive necesită să fie adaptate și personalizate în funcție de specificul regional studiat.

#### 4.2. Analiză de vizibilitate și intervizibilitate

În cazul unui sit arheologic se pot efectua calcule de vizibilitate, derivate din reprezentarea modelului numeric altimetric al terenului (MNAT)<sup>61</sup>. Rezultatul calculelor poate fi vizualizat sub forma unei hărți în care se reprezintă grafic teritoriul adiacent punctului de calcul, controlabil cu ochiul liber. Se pot realiza mai multe analize de vizibilitate simultan, din mai multe puncte de control, pentru a putea fi estimată raza de control vizual a unui sit în ansamblu.

Posibilitatea de a determina intervizibilitatea din teren a punctelor este extrem de folositoare în cazul unor *tell*-uri sau a unor fortificații, de exemplu. Acest tip de analiză duce la generarea unei imagini care indică zonele vizibile sau invizibile dintr-unul sau mai multe puncte de observare. Punctele de observare pot fi la o înălțime dată deasupra solului, iar șirurile de valori ale suprafeței pot fi modificate cu o anumită valoare, de exemplu înălțimea unor turnuri de supraveghere<sup>62</sup>. Se pun întrebări legate de ce anume vedea cel însărcinat cu munca de supraveghere pe meterezele turnurilor de apărare. Testarea câmpului vizual implică și simulări de estimare a distanței până unde s-ar fi

---

<sup>59</sup> Verhagen 2007, 34-35.

<sup>60</sup> Kvamme 1998; Verhagen 2009.

<sup>61</sup> MNAT-Model Numeric Altimetric al Terenului este denumirea utilizată în cadrul lucrării pentru a face referire la reprezentarea digitală a conformației unui teren. Altă denumire utilizată în literatura de specialitate este Model Digital al Terenului (MDT), traducerea în engleză fiind Digital Elevation Model (DEM). Acronimul DEM este utilizat cel mai des în cadrul lucrărilor de referință.

<sup>62</sup> Wheatley, Gillings 2002, 170-171.

văzut avertismente de semnal. Cu siguranță acest tip de analize sunt importante în cadrul studiului privind structuri defensive militare.

Un exemplu foarte cunoscut este analiza de vizibilitate efectuată de Madry și Rakos pentru regiunea văii râului Arroux în Burgundia, Franța<sup>63</sup>. A fost studiată relația dintre fortificațiile celtice din zonă și traseul drumurilor contemporane acestor fortificații. Pe baza aplicației au reușit să stabilească o ierarhie a fortificațiilor celtice pe baza întinderii teritoriului supravegheat și a posibilităților de control strategic asupra arterelor de comunicație. Au observat că drumurile nu se abăteau din arealul ce putea fi supravegheat, chiar dacă aceasta determina rute mai ocolitoare<sup>64</sup>.

#### 4.3. Analiza pantelor

Panta este unul din cei mai importanți parametri morfometrici ai unei suprafețe, având un rol deosebit în stabilirea direcției și intensității scurgerii apei, acumulării sau depunerii materialelor erodate<sup>65</sup>. Modelele de reprezentare digitală a reliefului folosesc calcule pentru analiza pantelor (funcția se numește în engleză *slope analysis*) cu scopul de a observa posibile trasee de acces între diverse puncte zonale. În funcție de gradul de declivitate zonele precum, văile sau culmile sunt reprezentate convențional într-o serie de culori.

Înainte de apariția planurilor de proiectare sistematică a drumurilor și întreținerea permanentă a acestora, majoritatea căilor de acces nu puteau fi decât drumurile naturale utilizate în funcție de caracteristicile peisajului geografic. De exemplu, în perioada dacică majoritatea drumurilor erau formate pe terasele mai înalte de-a lungul văilor și pe culmi, folosite pentru treceri de-o parte și de alta a Carpaților<sup>66</sup>.

#### 4.4. Analiza least-cost surface

Studiul relației omului cu mediul în care trăiește implică înțelegerea metodelor de adaptare constantă a acestuia, cu scopul de a beneficia de avantajele oferite și de a minimaliza variațiile naturale negative. Deplasarea în cadrul natural de la un punct anume la altul ar trebui să presupună depunerea unui efort minimizat.

Monitorizarea și cuantificarea efortului depus efectuat pentru deplasare în spațiu este importantă în procesul de reconstituire a rutelor de comunicație, pentru localizarea zonelor de resurse și pentru a înțelege cum ar fi putut ține legătura și efectua schimburi de bunuri materiale diverse comunități din trecut între ele.

---

<sup>63</sup> Proiectul poate fi vizualizat la adresa <http://www.informatics.org/france/gis.html>.

<sup>64</sup> Madry, Rakos 1996, 1-23.

<sup>65</sup> Wilson, Gallant 2000, 53.

<sup>66</sup> Gheorghiu 2005, 15-20.

Analiza *least cost surface*<sup>67</sup> utilizează aspecte legate de caracteristicile geomorfologice ale terenului, de vizibilitatea spre situri apropiate, drumuri vechi, rute turistice pentru zone cu relief accidentat. Aplicația asociază diverselor forme de relief sau traseelor ce marchează traversarea terenului, o pondere specifică, în funcție de efortul uman necesar deplasării în acel spațiu. Pot fi obținute informații utile în privința stabilirii unor vechi rute de circulație a oamenilor, dar și evidențierea legăturilor cu siturile învecinate. În cazul sitului de la Pietroasa Mică (jud. Buzău) este evidențiată particularitatea pusă în strânsă legătură cu poziționarea strategică. S-a evidențiat faptul că situl se află la confluența a cel puțin trei coridoare de tranzit, Valea Darei și două drumuri de culme, unul dinspre Istrița și altul din nord<sup>68</sup>. Pentru situl arheologic de la Telița (jud. Tulcea) s-a dovedit că poziționarea sa era de-a lungul unei artere de circulație, iar aceasta făcea legătura dintre partea de nord a Dobrogei și zona Babadag-Razelm-Sinoe unde erau localizate coloniile grecești<sup>69</sup>.

Majoritatea studiilor realizate au concluzionat existența unei legături strânse între comunitățile umane și peisajul geografic, astfel că alegerea anumitor zone pentru amplasarea așezărilor nu a fost întâmplătoare.

#### 4.5. Ripley's K-function

Ripley's K-function reprezintă un instrument de analiză statistică a datelor de tip punct, cu coordonate X și Y. Entitățile de tip poligon sau polilinii pot fi interogate aplicându-li-se funcția de extragere *centroid*, pe o arie de studiu predefinită. Acest tip de analiză fost rar utilizată pentru seturi de date arheologice privind distribuția spațială a mormintelor din cadrul unor necropole<sup>70</sup>. Analiza indică un anumit tip de dispersare a mormintelor în raport cu valoarea distanței dintre ele. Spre exemplu, pentru a determina proximitatea zonelor cu distribuție concentrată sau dispersată a unui număr de 74 de morminte din necropola eneolitică de la Sultana *Malu-Roșu* (jud. Călărași) s-a folosit funcția Ripley's K-function din ArcMap 10.1. Ca urmare au fost extrase entități de tip punct din poligoanele care determinau dimensiunile gropilor funerare. Exemplificăm interogarea aplicată pentru cele 74 de morminte preistorice cu variabilele densitate în funcție de distanță<sup>71</sup>.

---

<sup>67</sup> Wheatley, Gillings 2002, 140-143.

<sup>68</sup> Ștefan, Duțescu 2005, 131.

<sup>69</sup> Sîrbu *et alii* 2008, 206.

<sup>70</sup> Dweirdt *et alii* 2012.

<sup>71</sup> Dixon 2002, 1796.

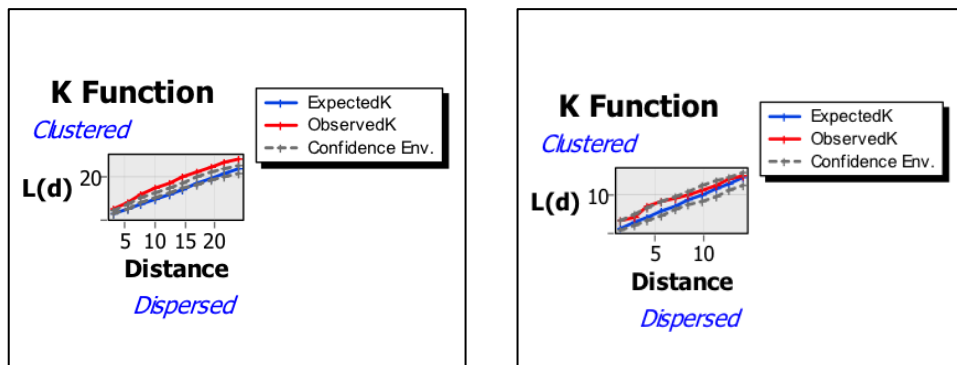


Fig. 2. Graficele de analiză ale Ripley's K-Function / Ripley's K-Function analysis graph.

În cadrul acestei analize s-au utilizat valorile numerice a unor distanțe propuse spre a fi calculate, iar în mod opțional a fost specificată o distanță (convențională). Datele sunt necesare pentru stabilirea unui număr de valoare medie a proximității punctelor centrale (centroid) ale mormintelor. Se observă că atunci când distanța de evaluare crește, mormintele vor fi mult mai apropiate unele de celelalte. Zonele concentrate apar la o anumită distanță doar atunci când există un raport invers între valoarea medie a proximităților și valoarea medie de concentrare a punctelor din zona de studiu. Pentru a fi generat un interval de confidență de 95% au fost folosite 999 de permutări.

## 5. Obstacole privind implementarea aplicațiilor GIS

Pe lângă seria de avantaje pe care sistemele GIS le oferă, avem parte și de unele obstacole care stau în calea implementării acestora. În primul rând, o mare problemă este reprezentată de lipsa datelor reale privind localizarea exactă a siturilor arheologice. În prezent există aplicații WebGis care vizează și acoperirea acestor lipsuri, dar datele oferite sunt prea puține în raport cu răspândirea siturilor arheologice pe teritoriul României. Coordonatele nu mai pot fi stabilite după vechile puncte de reper geografico-topografice (ex. construcții, biserici etc.) păstrate în literatura tradițională, acestea necesită să fie precise și obținute prin metode moderne eficiente. Pe lângă lipsa coordonatelor de localizare exactă, se mai adaugă și necesitatea întocmirii de hărți geomorfologice locale, de hărți locale cu probe de soluri sau planuri urbanistice actualizate. Cauza lipsurilor nu reprezintă un scop în cadrul acestui studiu, însă fără acestea îndeplinirea dezideratelor în ceea ce privește studiul zonelor cu potențial arheologic reprezintă un mare impediment.

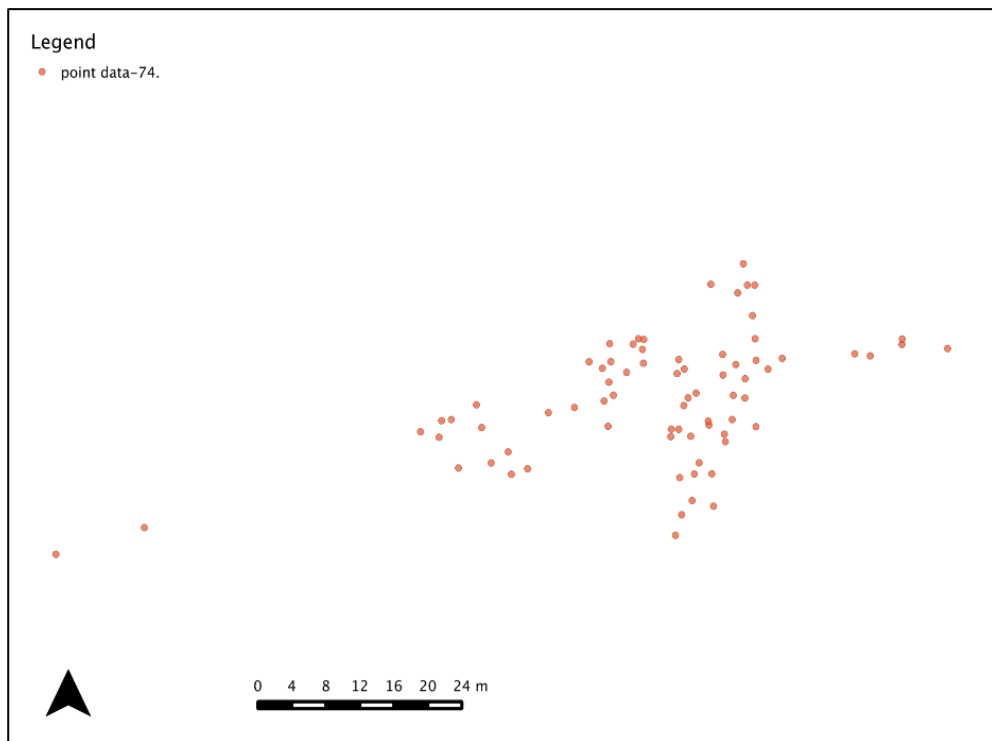


Fig. 3. Distribuția spațială a punctelor analizate cu Ripley's K-Function / *Spatial distribution of points analysed with Ripley's K-Function.*

Procesele naturale de modificare a reliefului impietează asupra conservării siturilor arheologice, astfel că localizarea lor în zone inundabile sau supuse unor procese de eroziune presupune afectarea acestora. Trasarea unor limite pentru dimensiunile unui astfel de sit este imposibil de realizat, astfel că o estimare relativă nu poate fi considerată a fi corectă. Altă problemă crucială o reprezintă și siturile care au dispărut (Vlădiceasca<sup>72</sup>).

Procesul de realizare a unor baze de date, în care să fie incluse măsurătorile colectate în teren, digitizarea informațiilor, asamblarea bazelor de date, presupune implicarea unor costuri financiare și dedicarea unui timp îndelungat de muncă. Unele probleme de înțelegere a limbajului tehnic pot îngreuna folosirea corectă a aplicațiilor. Din fericire, tehnologia se dezvoltă constat și implică aducerea unor îmbunătățiri progresive în cazul problemelor întâmpinate pe parcursul gestionării datelor.

<sup>72</sup> Șerbănescu, Șandric 2012, 124.



## 6. Concluzii

Prezentul studiu surprinde succint aspectele teoretico-metodologice necesare adoptării tehnicilor de analiză GIS în cadrul cercetărilor arheologice. Tehnicile GIS sunt folosite ca metodă complementară în cadrul metodelor clasice de cercetare și nu s-a realizat o distincție între clasificarea acestora ca fiind un instrument de lucru sau o știință. Avantajele și impedimentele pe care le însumează procesul de interferență între domeniul geografiei tehnice și domeniul arheologiei sunt evidențiate prin exemple concrete de analize arheologice GIS.

Prin intermediul sistemelor GIS se pot gestiona și analiza cantități voluminoase de date arheologice. Datele utilizate sunt vector și raster, iar posibilitatea de combinare a celor două tipuri de date oferă informații importante pentru distribuirea spațială a descoperirilor arheologice. Principiul de separare pe straturi/*layere* a informațiilor geospațiale face posibilă vizualizarea simultana, selectivă sau combinată a acestora. Scara la care sunt gestionate datele spațiale este variabilă, iar modul în care sunt percepute siturile arheologice se schimbă. Tehnicile GIS oferă arheologilor noi metode de abordare și interpretare a zonelor cu potențial arheologic.

Sursele de date geospațiale ocupă un loc important în cadrul lucrării, iar acestea reprezintă baza dezvoltării unor tipuri variate de analize extrem de utile în studierea peisajului geografic în raport cu comunitățile umane din trecut. Hărțile vechi constituie instrumente de referință în cadrul cercetărilor arheologice, iar surprinderea modului de evoluție pentru spațiile geografice este vitală pentru protejarea siturilor arheologice. Exemplele de materiale cartografice, precum Charta României Meridionale, planurile directe de tragere etc., pot fi utilizate în acest scop. Resursele oferite de imaginile satelitare de înaltă rezoluție nu sunt de neglijat, acestea sunt prezentate cu exemplificări ce au dus la descoperiri importante în cercetarea arheologică. Pe lângă imaginile satelitare gratuite sau comerciale, la fel de importante sunt și ortofotoplanurile, iar acestea sunt disponibile în cadrul Agenției Naționale de Cadastru și Publicitate Imobiliară. Modelul Numeric Altimetric al Terenului reprezintă baza pentru extragerea calculelor necesare întocmirii unor analize morfometrice, cu scopul de a observa condițiile de peisaj din siturile arheologice. Analizele geostatistice care se pot realiza într-un GIS și care s-au dovedit extrem de folositoare în studierea spațiului fizic pentru cercetările arheologice sunt explicate și prezentate prin exemplificări.

## Bibliografie

- Aldenderfer, M. 1996, *Introduction*, in Aldenderfer M., Maschner H. (eds.) *Anthropology, space, and Geographic Information Systems*, Oxford, 1-3.
- Aldenderfer, M., Maschner, H. (eds.) 1996, *Anthropology, space, and Geographic Information Systems*, Oxford.
- Allen, K., Green, S., Zubrow, E. 1990, *Interpreting Space*, in Allen et alii (eds.), *Interpreting space: GIS and archaeology*, New York: Taylor & Francis, 383-386.
- Bailey, D., Andreescu, R., Thissen, L., Howard, A., Macklin, M., Haită, C., Mills, S. 2000, *Landscape archaeology of neolithic sothcentral Romania: aims, methods and preliminary results of the Southern Romania Archeological Project*, SCIVA 51, 3-4, 131-51.
- Brandt, R., Groenewoudt, B.J., Kvamme, K.L. 1992, *An experiment in archaeological site location: modelling in the Netherlands using GIS techniques*, World Archaeology 24, 2, 268-282.
- Brown, P.E., Rubin, B.H., 1982, *Patterns of desert resource use: an integrated approach to settlement analysis*, in Brown, P.E., Stone, C.L. (eds.), *Granite Reef: A Study in Desert Archaeology*, Anthropological Research Papers, 28, Tempe, 267-305.
- Carozza, L., Bem, C., Micu, C. (eds.) 2011, *Société et environnement dans la zone du Bas Danube durant le 5ème millénaire avant notre ère*, Iași.
- Comer, D. 2011, *Tourism and Archaeological Heritage*, ICOMOS, Paris.
- Conolly J., Lake M. 2006, *Geographical Information Systems in Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Crăciunescu, V. 2004, *Site cartografic interactiv pentru Municipiul Suceava*, lucrare de licență, Universitatea din București, Facultatea de Geografie.
- Dixon, P.M. 2002, *Ripley's K function*, in El-Shaarawi, A.H., Piegorsch, W.W. (eds.), *Encyclopedia of Environmetrics*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- Dweirdt, E., Mayer, P., Méniel, P., Metzler, C., Bourgeois, J. 2012, *L'analyse spatiale des nécropoles révisité*, ArchKorr 42, 2, 185-205.
- Ebert, D. 2004, *Application of archaeological GIS*, CJA 28, 2, 319-341.
- Gaffney, V., Stančić, Z. 1991, *GIS approaches to regional analysis: a case study of the island of Hvar*, Oxford.
- Gheorghiu, G. 2005, *Dacii de pe cursul mijlociu al Mureșului (sfârșitul sec.II a. Chr-începutul sec.II. p.Chr)*, Ed. Mega, Cluj-Napoca.
- Harris, T.M. 1985, *GIS design for archaeological site information retrieval and predictive modelling*, in *Professional archaeology in Sussex: the next years (Proceedings of a one day Conference by Association of Field Archaeology)*.
- Harris, T.M. 1986, *Proceedings of Computer applications in archaeology 1986*, Computer Centre, University of Birmingham.

- Judge, W. J., Sebastian, L. (eds.) 1988, *Quantifying the present and predicting the past: theory, method and application of archaeological predictive modelling*, Denver: US Department of the Interior, Bureau of Land Management.
- Kvamme, K. 1983, *Computer processing techniques for regional modelling of archaeological site locations*, *Advances in Computer Archaeology*, I, 26–52.
- Kvamme, K. 1992, *Geographic Information Systems and archaeology*, in G. Lock, J. Moffett (eds.), *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* 1991, Oxford, BAR S577, 77-84.
- Kvamme, K. 1995, *A view from across the water: the North American experience in archaeological GIS*, in Lock, G. R., Stančič, Z. (eds.), *Archaeology and Geographic Information Systems: a European perspective*, New York: Taylor & Francis, 1-14.
- Lock, G. 2000, *Beyond the Map. Archaeology and Spatial Technologies*, Institute of Archaeology, University of Oxford, Oxford, IOS Press.
- Lock, G.R., Stančič, Z. (eds.) 1995, *Archaeology and geographical information systems: a European perspective*, London: Taylor & Francis.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, W.D. 2004, *Geographic Information Systems and Science*, John Wiley & Sons.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, W.D. 2005, *Geographic Information Systems and Science: Principles, Techniques, Management and Applications*, 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons.
- Madry, S.L.H., Rakos, L. 1996, *Line-of-sight and cost-surface techniques for regional research in the Arroux River Valley*, in Maschner, H.D.G., (ed.), *New Methods, Old Problems: GIS in Modern Archaeological Research*, 1-23.
- Mills, S., Mirea, P. (eds.) 2011, *The Lower Danube in Prehistory: Landscape changes and human -environment interactions*, București.
- Nițu, C., Crăciunescu, V. 2009, *Modele digitale altimetrice și geostatică*, online earth.unibuc.ro/file\_download/24995, accesat 2014.05.10)
- Orlando, P., Villa, B. 2011, *Remote sensing applications in archaeology*, *Archeologia e Calcolatorin* 22, 147-168.
- Parcak, S.H. 2009, *Satellite remote sensing for archaeology*, Taylor&Francisc.
- Sîrbu, V., Ștefan, D., Duțescu, M. 2008, *Telița 'Celic Dere', Tulcea County. Landscape studies*, in Sîrbu, V., Ștefănescu, R. (eds.), *Proceedings of the 10th International Colloquium of Funerary Archaeology, Funerary practices in Central and Eastern Europe (10thc. BC-3rdc.AD)*, Brăila-Brașov, Ed. Istros, 201-15.
- Šmejda, L. 2008, *Expanding scales in GIS analysis*, in Posluschny, A., Lambers, K., Herzog, I. (eds.), *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*, Berlin, April 2-6, 2007.

- Șerbănescu, D., Șandric, B. 2012, *Tell-uri eneolitice în regiunea Valea Mostiștei. O privire generală*, in Morintz, A. S., Kogălniceanu, R. (eds.), *Survey in archaeology, often a neglected science*, Giurgiu, 103-131.
- Ștefan, D., Duțescu, M. 2005, *Abordări teoretice și cercetări interdisciplinare*, in Sirbu, V., Matei, S., Dupoi, V. (eds.), *Incinta dacică fortificată Pietroasa Mică 'Gruui Dării' (II)*, Buzău, Ed. Alpha, 119-138.
- Ștefan, D., Sirbu, V., *Statistical tools in landscape archaeology*, *Archaeologia e Calcolatori* 21, 339-356.
- Ștefan, M-M., Ștefan D., Căvruc, V. 2012, *Arheologie digitală și spațială. Manual teoretic și exemple de aplicare*, Ed. Istros Muzeul Brăilei, Brăila.
- Van Leusen, M. 1993, *Cartographic modelling in a cell-based GIS*, in Andresen, J., Madsen, T., Scollar, I. (eds.), *Computing the past: computer applications and quantitative methods in archaeology*, CAA 92, Aarhus, 105-123.
- Van Leusen, M. 1999, *Viewshed and cost surface analysis using GIS (Cartographic modelling in a cell-based GIS II)*, in Barceló, J. A., Briz, I., Villa, A. (eds.), *New techniques for old times: CAA98*, BAR IS 757, Oxford, Archaeopress, 215-223.
- Verhagen, P. 2007 (ed.), *Case studies in archaeological predictive modelling*, Leiden, Leiden University Press.
- Wansleeben, M. 1988, *Applications of geographical information systems in archaeological research*, in Rahtz S.P.Q. (ed.), *Computer and quantitative methods in archaeology 1988*, CAA 1988, BAR IS S446 (ii), Oxford, 435-451.
- Westcott, K. L., Brandon, R.J. (eds.) 2000, *Practical applications of GIS for archaeologists: a predictive modelling kit*, London, Taylor & Francis.
- Westervel, J. 2004, *GRASS Roots*, in *Proceedings of the FOSS/GRASS Users Conference - Bangkok, Thailand*, 12-14 September.
- Wheatley, D. 1995, *Cumulative viewshed analysis: a GIS-based method for investigating intervisibility, and its archaeological application*, in Lock, G., Stančić, Z. (eds.), *Archaeology and geographic information systems: a European perspective*, London, Taylor & Francis, 171-185.
- Wheatley, D., Gillings, M. 2002, *Spatial technology and archaeology. The archaeological application of GIS*, Taylor&Francis, Londra.
- Wilson, J.P., Gallant, J.C. 2000, *Terrain analysis: principles and applications*, John Willey & Sons.