

**Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca
Facultatea de Geografie
Școala Doctorală de Geografie**

TEZĂ DE DOCTORAT

-Rezumat-

Implementarea sistemelor informaționale geografice (SIG) în analiza și prognoza dezvoltării teritoriale. Studiu de caz: Zona Metropolitană Cluj-Napoca

Conducător doctorat:
Profesor univ. dr. Dănuț PETREA

Doctorand,
Bogdan-Eugen DOLEAN

CLUJ-NAPOCA
2023

CUPRINS

Lista figurilor	
Lista tabelelor	
Mulțumiri	

INTRODUCERE

CAPITOLUL 1 – ASPECTE CONCEPTUALE ȘI STADIUL ACTUAL AL

CUNOAȘTERII	1
1.1. Suporturi conceptuale privind problematica dezvoltării teritoriale	1
1.1.1. Accepții și abordări ale conceptului de dezvoltare teritorială	1
1.1.2. Sistemele urbane – motoare ale dezvoltării teritoriale	4
1.1.3. Urbanizare și urban sprawl	8
1.1.4. Vectorii dezvoltării teritoriale	22
1.2. Indicatori ai dezvoltării teritoriale	25
1.2.1. Expansiunea suprafețelor construite (creșterea urbană)	25
1.2.2. Schimbări în modul de utilizare și acoperire a terenurilor	26
1.3. Unități spațiale relevante în analiza dezvoltării teritoriale	28
1.3.1. Zona metropolitană	30
1.3.2. Zona urbană funcțională	32
1.4. Teledetecție și GIS – instrumente de analiză și prognoză a dezvoltării teritoriale	38
1.4.1. Context și relevanță științifică	38
1.4.2. Modelarea expansiunii urbane și a schimbărilor în modul de utilizare și acoperire a terenurilor	46
1.5. Contribuții reprezentative și stadiul cunoașterii la nivel național	54
1.5.1. Lucrări teoretice generale consacrate ideilor și conceptelor de bază	55
1.5.2. Lucrări și contribuții științifice cu caracter aplicativ	56
CAPITOLUL 2 – AREALUL DE STUDIU	58
2.1. Zona Metropolitană Cluj-Napoca în context național și european	58
2.2. Individualitatea geografică a ZMC în contextul dezvoltării teritoriale	60
CAPITOLUL 3 – METODOLOGIE ȘI DATE	67
3.1. Cadrul analitic	68
3.1.1. Baza de date	72
3.1.2. Pre-procesarea datelor	78
3.2. Analiza expansiunii suprafețelor construite (a creșterii urbane)	81
3.2.1. Delimitarea semi-automată a zonelor construite	82
3.2.2. Evaluarea spațio-temporală a dinamicii suprafețelor construite	85
3.3. Analiza și prognoza schimbărilor în modul de utilizare și acoperire a terenurilor	86
3.3.1. Metode și tehnici de analiză, detecție și evaluare a schimbărilor	87
3.3.2. Metode și tehnici de prognoză a potențialului de tranziție	90
3.4. Analiza pretabilității teritoriului la diferite tipuri de dezvoltare	93
3.4.1. Model multicriterial de evaluare a pretabilității	94
3.4.2. Evaluarea potențialului de dezvoltare	96
CAPITOLUL 4 – REZULTATE ȘI DISCUȚII	99
4.1. Analiza și modelarea dinamicii spațio-temporale a creșterii urbane	99
4.1.1. Delimitarea suprafețelor construite	99
4.1.2. Evaluarea acurateței modelului	102
4.1.3. Evaluarea dinamicii suprafețelor construite	108

4.1.4. Scenarii de prognoză. Modelul ANN-CA	117
4.2. Modelarea, evaluarea și simularea predictivă a modificărilor MUAT	120
4.2.1. Clasificarea imaginilor satelitare	120
4.2.2. Evaluarea acurateții clasificărilor	123
4.2.3. Detecția schimbărilor	125
4.2.4. Evaluarea schimbărilor MUAT în intervalul 2000-2020	126
4.2.5. Scenarii de prognoză. Modelul ANN-Markov	129
4.3. Evaluarea pretabilității terenurilor la diferite tipuri de dezvoltare	135
4.3.1. Potențial de dezvoltare: Zone cu funcțiuni rezidențiale și/sau mixte	138
4.3.2. Potențial de dezvoltare: Zone cu clădiri și activități de birouri	141
4.3.3. Potențial de dezvoltare: Zone cu spații comerciale și de retail	142
4.3.4. Potențial de dezvoltare: Zone cu activități industriale, logistice și de depozitare	143
4.4. Limitări ale cercetării	145
4.5. Utilizarea metodologiilor în practica profesională	149
4.5.1. Analiza dinamicii suprafețelor construite și a pretabilității teritoriului la diferite scenarii de dezvoltare în Zona Urbană Funcțională Rzeszów, Polonia	150
4.5.2. Analiza dinamicii suprafețelor construite și a pretabilității teritoriului la diferite scenarii de dezvoltare în Zona Metropolitană Brno, Republica Cehă	153
CAPITOLUL 5 – ASPECTE FINALE	157
5.1. Concluzii	158
5.2. Recomandări și perspective de continuare a cercetării	163
BIBLIOGRAFIE	166

Cuvinte cheie: dezvoltare teritorială, urbanizare, sistem urban, gis, teledetecție, analiză spațială, detecția schimbărilor, cartografiere digitală, modele de prognoză, analiza pretabilității terenurilor

INTRODUCERE

Majoritatea populației din țările avansate și un număr din ce în ce mai mare de locuitori din țările în curs de dezvoltare trăiesc în zone metropolitane mari și dens populate (Krugman, 1998). Urbanizarea rapidă manifestată la nivel global reprezintă o provocare majoră pentru societatea zilelor noastre și pentru viitor. În anul 2008, pentru prima dată, numărul persoanelor care trăiesc în mediul urban a depășit numărul celor care trăiesc în zonele rurale (ONU, 2008). Conform previziunilor Organizației Națiunilor Unite (ONU, 2022), 68% din populația globală va locui în mediul urban până în 2050 (o creștere de la 56% în 2021 și de la 25% în 1950), (ONU, 2022).

Fenomenele de urbanizare și, implicit, cele de dezvoltare teritorială, comportă un grad notabil de incertitudine având în vedere faptul că, adeseori (mai ales în stadiile incipiente de evoluție), în absența unor strategii și planuri minuțios elaborate, creșterea și expansiunea spațială se realizează conjunctural, în funcție de numeroase variabile: condițiile de mediu (substrat, climă, hidrografie, resurse în general), avantajul de poziție, conjunctura social-economică și/sau politică, interesele individuale și de grup, conflictele de interese ș.a. Pe această cale, elementele de constrângere și disfuncție urbană se acutizează treptat și, în timp, cresc tot mai mult costurile surmontării erorilor produse în absența unor scenarii sau planuri articulate de dezvoltare teritorială responsabilă.

Studiul de față vizează aspecte fundamentale ale *dezvoltării teritoriale* constând în *analiza și predicția schimbărilor probabile și dezirabile ce pot surveni în condiția spațio-temporală a acestui fenomen* de excepțională complexitate și stringentă actualitate. Demersul pornește de la premisa că dezvoltarea teritorială este un *fenomen de interfață* situat între manifestările unor procese contemporane definitorii, interconectate sub aspect cauzal - cele mai importante fiind *creșterea demografică, progresul economic și urbanizarea* - respectiv nevoia legitimă a comunităților umane de a gestiona, într-o manieră pe cât posibil sustenabilă, amplele transformări structurale, funcționale și, implicit, spațio-temporale antrenate de respectivele procese.

Abordarea de față își are *motivația* tocmai în aspectul subliniat mai sus, și anume *miza excepțională a diagnozei și prognozei în contextul planificării judicioase și responsabile a dezvoltării teritoriale* inclusiv dorința de a aduce un aport personal util în această privință. Însă, dincolo de această afirmație generală, bine-cunoscută și unanim acceptată, intenția noastră este aceea de a *construi și consacra (pe cât posibil) un sistem metodologic inedit* prin care, valorificând oportunitățile oferite de sistemele informatice geografice și imagistica satelitară, să putem interoga și interpreta, într-o succesiune logică, corelațiile și efectele multiple ale

interacțiunilor survenite între numeroasele variabile ce operează în dinamica spațială a sistemelor teritoriale urbanizate. Pentru a putea surprinde mutații concludente de acest fel, primul pas în vederea efectuării cercetării a fost *alegerea unui areal adecvat de studiu*, în speță Zona Metropolitană Cluj-Napoca, o regiune administrativă extrem de reprezentativă la nivel național și, deopotrivă, continental, datorită procesului accelerat de expansiune urbană.

În consecință, *obiectivul general* al acestei lucrări este reprezentat de *investigarea, determinarea și aplicarea celor mai adecvate metode și practici de implementare a tehnologiei GIS și teledetecției în procesul analizei și prognozei dezvoltării teritoriale, văzută prin prisma expansiunii suprafețelor construite și a modificărilor profilate în modul de acoperire și utilizare a terenurilor*.

Ipoteza de lucru de la care pornim derivă de la presupunerea legitimă că ar putea exista un anumit mod de abordare care (în accepția conceptului de metodă științifică) are posibilitatea de a fi urmat mult mai expeditiv și concludent de către utilizatorii GIS în încercările lor de a cuantifica și descifra configurațiile spațiale defnitorii ale dinamicii teritoriale. Cu alte cuvinte, scopul cercetării noastre este acela de a căuta, perfectă și testa un posibil *model de investigație* bazat pe un *algoritm propriu, bine argumentat și, implicit, veridic* care să furnizeze o *diagnoză (analiză) exactă a stării teritoriului în măsură să permită*, la rândul său, *decelarea scenariilor optime de proiectare și amenajare ulterioară*.

Pentru atingerea obiectivului general s-au avut în vedere în permanență și o serie de *cerințe intrinseci (obiective specifice subsidiare)* ale cercetării care să ne conducă la definirea adecvată a problemelor, a unui flux viabil de informații, respectiv a unei metodologii complexe de lucru, elaborată în conformitate cu progresele tehnologice recente ce au în vedere folosirea datelor spațiale, statistice și a imaginilor obținute prin teledetecție, instrumente extrem de utile în procesul analizei, planificării și dezvoltării teritoriale.

Apreciem că cele mai importante *obiective specifice subordonate* (subsidiare), în măsură să confere originalitate lucrării și, implicit, să facă dovada existenței unui aport personal valoros și semnificativ, s-au dovedit a fi următoarele: elaborarea unui referențial conceptual în concordanță cu cele mai recente accepții acreditate în literatura de specialitate consacrată analizei și predicției dezvoltării teritoriale; investigarea, determinarea și implementarea celor mai bune metode și tehnici de procesare, extragere și integrare a datelor spațiale relevante din punct de vedere al temei studiate, atât pe baza imaginilor preluate prin teledetecție (imagini satelitare și aeriene), cât și a datelor spațiale și statistice din diverse surse; crearea de baze de date geospațiale și determinarea modului în care acestea pot fi mai bine integrate în cadrul analizelor vizate; analiza și evaluarea multi-temporală a schimbărilor teritoriale survenite în

contextul expansiunii suprafețelor construite (a creșterii urbane); realizarea unor scenarii de prognoză pe baza algoritmilor de învățare automată și a modelelor dinamice de simulare a tranzițiilor teritoriale; realizarea unor analize de pretabilitate a teritoriului la diferite tipuri de dezvoltare; crearea materialelor cartografice pe baza rezultatelor obținute.

Urmând pașii (etapele) de mai sus, apreciem că, în ansamblu, cercetarea noastră, propusă ca teză de doctorat, s-a diferențiat finalmente în două părți distincte și, totodată esențiale în condiția oricărui studiu de această factură.

Prima parte, focalizată pe ***fundamentarea teoretică***, urmărește cercetarea și consemnarea celor mai importante aspecte teoretice din literatura de specialitate, atât în legătură cu dezvoltarea teritorială și complexitatea sistemelor urbane, a indicatorilor spațiali de evaluare a dinamicii dezvoltării la nivelul unităților geografice relevante (zonele metropolitane și/sau zonele urbane funcționale, urbanizarea și creșterea urbană, respectiv evaluarea potențialului de dezvoltare și realizarea prognozelor), cât și cu privire la sistemele informatice geografice, teledetecție, tipuri de date geospațiale, metode și practici utilizate pentru analiza, modelarea, reprezentarea, evaluarea și prognozarea dezvoltării teritoriale.

Cea de-a doua parte a studiului este cea ***practică (aplicativă)***, axată pe crearea și integrarea bazelor de date spațiale, procesarea imaginilor satelitare și aeriene și extragerea caracteristicilor geografice și a informațiilor relevante în contextul dezvoltării teritoriale. Include deopotrivă, realizarea analizelor spațiale și a modelelor digitale, evaluarea multi-temporală a schimbărilor teritoriale, realizarea prognozelor și a analizelor de pretabilitate a teritoriului la diferite tipuri de dezvoltare.

CAPITOLUL 1 – ASPECTE CONCEPTUALE ȘI STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

Capitolul întâi vizează definirea și descrierea bazelor teoretice și a suporturilor legislative ale dezvoltării teritoriale, pe de o parte, cât și a modului în care sistemele informaționale geografice și multitudinea metodelor, tehnicilor și a datelor cu care operează acestea, pot fi aplicate și utilizate în cadrul acestui proces, pe de altă parte.

Deopotrivă pentru planificarea optimă, integrată și rațională a spațiului urban, pe baza analizelor spațiale complexe fundamentate științific este deosebit de important să se înțeleagă elementele structurale și caracteristicile definitorii ale sistemului urban, ale procesului de urbanizare, dinamicii creșterii urbane și ale altor procese asociate urbanului, astfel încât modelarea sistemelor teritoriale complexe să fie cât mai aproape de realitate.

Dezvoltarea teritorială este un concept cu mai multe fațete care joacă un rol crucial în modelarea peisajului economic, social și de mediu al unei regiuni geografice. De-a lungul timpului, conceptul a fost obiectul cercetărilor în diverse domenii, precum geografia, economia, urbanismul, planificarea teritorială ș.a.

Studiile inițiale care au avut în vedere dezvoltarea ca proces, provin din domeniul economiei. Datorită acestui fapt există un oarecare acord în lumea științifică, însă nu universal, în privința faptului că termenul „dezvoltare” se referă la un proces care are ca rezultat creșterea economică. Această abordare este însă limitată, fiind bazată doar pe criterii economice. Este foarte important să realizăm faptul că dezvoltarea poate fi abordată din mai multe perspective diferite, iar studierea acesteia circumscrie un vast domeniu, interdisciplinar.

O revizuire rapidă a literaturii de specialitate arată că noțiunea de „dezvoltare” nu are fundamente teoretice clare. Datorită acestui fapt, o teorie a dezvoltării, total acceptabilă și universal aplicabilă nu este nici posibilă, nici de dorit. Indiferent de domeniul utilizat, putem însă concluziona faptul că „dezvoltarea” implică schimbare, evoluție și, de cele mai multe ori, creștere sau progres, rezultat prin comparație cu un stadiu anterior.

În geografie, dezvoltarea se referă la spațiu, respectiv la teritoriu, fie local (urban sau rural), regional sau global. Aceasta include atât componentele sale fizice, de mediu, cât și cele socio-economice. Preocupările geografiei în raport cu dezvoltarea se referă la îmbunătățirea nivelului de trai și al calității vieții pentru comunitățile umane (Filip, 2009). Acestea sunt deseori focalizate pe studiul tiparelor spațiale în raport cu dezvoltarea, astfel încât să se poată determina și măsura caracteristicile spațiale ale dezvoltării și modul de influențare a acestui proces, de către factorii sociali, economici, culturali, politici și de mediu. Cu toate acestea,

privită dintr-o perspectivă multi-temporală mai largă, dezvoltarea poate avea valențe atât pozitive, cât și negative.

Dezvoltarea urbană reprezintă o formă a dezvoltării teritoriale care are în centrul său *orașul*, ca fiind cel mai dinamic și mai activ centru al creșterii economice, un adevărat motor al dezvoltării, *hub* de inovație tehnologică și științifică, având un rol deosebit de important în ceea ce privește coordonarea teritoriului din vecinătate. Procesul dezvoltării urbane trebuie analizat ținându-se cont de complexitatea acestuia, prin identificarea, analiza și reprezentarea tuturor mecanismelor și a interrelațiilor dintre acestea, care se constituie ca elemente constructive în cadrul sistemului urban.

Conceptul de „sistem urban” derivă din geografia regională, analiza urbanistică tradițională la nivel macro-scalar și din economia regională. Terminologia a fost inițial utilizată de Duncan și colab. (1960) ca parte a eforturilor lor de a impune o organizare funcțională asupra zonelor metropolitane ale Statelor Unite. Ulterior, Berry (1964) a introdus teoria sistemelor generale în geografia urbană prin studiul regulilor empirice în zonele urbane, regionale și naționale (Simmons, 1981). Geografia urbană subliniază importanța dimensiunii orașului sau a zonei urbane și a variației funcționale a acestora. Deosebit de important este faptul că sistemele urbane sunt dispuse pe mai multe niveluri și pot fi identificate atât ca așezări urbane individuale (orașe), cât și ca rețele de astfel de așezări.

Orașele, respectiv rețelele urbane formate în teritoriu, au fost întotdeauna un factor important în dezvoltarea și conturarea regiunilor din proximitate, influențând semnificativ peisajul prin fenomene de polarizare în spațiul dintre urban și rural. (Retsilidou și Atzopoulos, 2013)

În cadrul acestei lucrări, se consideră că, în epicentrul unui sistem urban bine definit se află *orașul*, care, datorită structurii complexe, trebuie analizat atât din punct de vedere al structurii interne, cât și mai ales din punct de vedere al modului în care acesta interacționează cu teritoriile învecinate, formând adevărate zone urbane funcționale.

Dezvoltarea urbană reprezintă o formă a dezvoltării teritoriale, iar conceptul mai larg al dezvoltării urbane implică schimbări, în sens de creștere, respectiv declin. Spre deosebire de declin, creșterea presupune trecerea în mediul urban a activităților și a spațiilor non-urbane. Aspectele fizice ale creșterii urbane sunt direct legate de extinderile suprafețelor construite și a modificărilor apărute în modul de acoperire și utilizare funcțională a terenurilor (Cheng, 2003).

Creșterea urbană comportă două aspecte contradictorii. Pe de o parte, mega-orașele acționează ca motoare ale creșterii economice și sociale; iar pe de altă parte, cea mai mare parte a creșterii este însoțită atât de sărăcie, cât și de degradarea mediului.

Prin cumulara efectelor negative, impactul urbanizării și respectiv a schimbărilor modului de utilizare a terenurilor asupra sustenabilității mediului devine semnificativ la nivel global (Vitousek, 1997; Cheng, 2003). Astfel, confruntându-se cu impactul negativ sever, planificatorii teritoriali trebuie să regândească politicile de dezvoltare teritorială și să gestioneze creșterea urbană într-o manieră mai sustenabilă și pe baze științifice în viitor.

Orașele de astăzi se extind tot mai mult în arealele înconjurătoare, consumând continuu resursele mediului natural, fără a ține seama în mod corespunzător de consecințele sociale, economice și de mediu generate. Rezultatul extinderilor este deseori reprezentat de un peisaj puternic urbanizat cu o infrastructură tehnică aferentă și o dinamică necontrolată a tiparelor de creștere.

Urbanizarea, respectiv sub-urbanizarea este rezultatul distinctiv al creșterii urbane contemporane (Rashed și Jürgens, 2010). Acest proces prezintă numeroase provocări în ceea ce privește dezvoltarea durabilă. Dorothy F. și colab (2019) subliniază faptul că urbanizarea are un efect dublu asupra spațiului natural: extinderea zonelor construite, respectiv creșterea urbană, 1) implică creșterea cererii de resurse/energie și totodată generează creșterea cantităților de emisii/deșeuri – punând presiune tot mai mare pe spațiul natural și 2) duce la fragmentarea, izolarea și reducerea spațiilor naturale și seminaturale.

Astfel, există un interes crescut pentru identificarea și înțelegerea efectelor creșterii urbane asupra evoluției suprafeței și acoperirii terenurilor, această cunoaștere fiind esențială nu numai pentru determinarea tiparelor spațiale, ci și pentru stabilirea unor strategii eficiente de planificare și gestionare urbană (Wu și Zhang, 2012; Li, 2014).

Expansiunea urbană necontrolată, caracterizată de un tipar evolutiv spontan, a devenit o problemă majoră tot mai frecvent abordată în cadrul politicilor contemporane privind amenajarea și gestionarea teritoriilor. În cea mai mare parte a secolului XX, controlul creșterii urbane a fost o prioritate pentru agențiile de dezvoltare și planificare preocupate de limitarea extinderii accentuate și necontrolate a orașelor spre periferii prin utilizarea unor instrumente stricte care s-au dovedit în mare parte ineficiente. Actualmente, s-a ajuns la concluzia potrivit căreia creșterea urbană nu poate fi controlată, iar datorită saltului extraordinar al tehnologiilor computerizate se pune mult mai mult accent pe informație și analiză (Rashed și Jürgens, 2010).

Conceptul de „urban sprawl” a cauzat o oarecare confuzie în ceea ce privește caracteristicile și natura impactului (negativ sau pozitiv) generat de acest proces, asta și datorită

existenței în literatura de specialitate a unui amalgam de definiții care nu sunt întotdeauna consensuale. Adesea, urban sprawl-ul a fost definit făcând-se referire la efectele și impacturile sale negative, acestea fiind considerate mai degrabă ca ipoteze și nu ca fapte demonstrate empiric (Rashed și Jürgens, 2010).

Pe baza definițiilor prezente în literatura de specialitate, putem concluziona faptul că principalele cauze (factori determinanți sau vectori) ale sprawl-ului sunt, în general, următoarele: creșterea veniturilor, a nivelului de trai și a cererii sociale pentru așezările cu densitate scăzută; necesitatea extinderii spațiului pentru locuințe, industrie și/sau afaceri; extinderea infrastructurilor teritoriale corelat cu scăderea timpilor de transport și a costurilor de transport, de la periferie la nucleul urban; diferențele de pe piața imobiliară (costul terenurilor) și ratele de impozitare între centrul urban și periferie; concurența între unitățile administrative (de exemplu, comunele) pentru a atrage gospodării sau companii și, în unele cazuri, politicile regionale sau naționale care favorizează relocările în mediul rural; diferențele considerabile în ceea ce privește aplicarea normelor de reglementare între urban și rural

Trebuie precizat faptul că acest studiu tratează urban sprawl-ul din perspectiva manifestărilor în contextul spațiului european, deși în literatura de specialitate, conceptul poate avea caracteristici diferite în funcție de continentul vizat. De asemenea, de multe ori, lucrările de profil nu fac distincția clară între efectele urban sprawl-ului și urbanizare, sub-urbanizare, respectiv creștere urbană. În cadrul prezentei lucrări, conceptul este considerat un fenomen care, generic, implică „o extindere necontrolată a zonelor urbane construite” și „o dezvoltare urbană dispersată” cu numeroase conotații negative, rezultat în urma unei dezvoltări teritoriale necoordonate.

Complexitatea dezvoltării urbane este conferită, așa cum a fost subliniat anterior, de interacțiunile existente între mulți factori asociați cu *cererea*, *capacitatea tehnologică*, *relațiile sociale* sau *mediul înconjurător* (Lambin și colab., 2001; Verburg și colab., 2004a).

Literatura de specialitate care tratează factorii determinanți ai creșterii urbane și ai schimbărilor apărute în cadrul modului de utilizare și acoperire a terenurilor, diferențiază patru clase majore de indicatori ai dezvoltării teritoriale: naturali, socio-economici, aferenți politicilor spațiale și de vecinătate (Munthali, 2022). În clasificările altor autori, indicatorii sunt grupați în socio-economici, politici, biofizici și tehnologici (Briassoulis, 2003). Cu mici deosebiri, aceștia se referă la elemente similare, dar un aspect important care trebuie punctat este faptul că analiza și prognoza schimbărilor în modul de utilizare a terenurilor depinde de acuratețea identificării acestor vectori (Munthali, 2022). Autori precum Turner și Meyer (1994)

sau Geist și Lambin (2002) au elaborat un cadru de analiză a vectorilor de influență, categorisindu-i în vectori cu influență *directă* și *indirectă*.

În cadrul studiului de față, procesele socio-economice care sunt, poate, principalele forțe motrice ale creșterii urbane fizice și funcționale, sunt tratate tangențial. În cadrul abordării de față, accentul se pune pe analiza, evaluarea și reprezentarea manifestării spațiale a creșterii urbane, respectiv a urbanizării.

Materializarea dinamicii spațiale a dezvoltării urbane se realizează prin intermediul a două categorii de procese: *expansiunea fizică* a spațiului urban (1) și *modificarea funcțională* a acestuia de-a lungul timpului (2). Primul proces se referă la modificarea parametrilor spațiali pe parcursul tranziției de la rural la urban prin extinderea zonelor construite și a infrastructurilor, iar al doilea proces, face referire la schimbări majore survenite în structura funcțională, cum ar fi schimbarea modului de utilizare a terenurilor (de exemplu, tranziția de la o zonă cu caracter rezidențial la o zonă cu caracter comercial sau invers).

Unul dintre cei mai relevanți indicatori ai dezvoltării urbane sunt „*ocuparea terenurilor*” (adică cantitatea de teren natural, transformată în zone artificiale sau construite) și „*intensitatea utilizării terenurilor*” (adică cantitatea reală de teren artificial per locuitor), (Comisia Europeană, 2014). Un alt indicator deosebit de important în monitorizarea procesului de urbanizare este rata de urbanizare, cu alte cuvinte, rata de modificare a proporției populației urbane.

După cum a fost argumentat și în introducere, studiul expansiunii spațiale urbane este foarte important atât pentru planificarea dezvoltării urbane, cât și pentru elaborarea strategiilor de dezvoltare regională și, în consecință, necesită întotdeauna date exacte și actualizate privind zonele construite. De aceea, delimitarea cu acuratețe a zonelor construite și măsurarea expansiunii urbane reprezintă veritabile provocări pentru specialiștii din domeniul dezvoltării și amenajării teritoriale.

În acest sens, cartografierea terenurilor urbane în timp util și cu acuratețe este indispensabilă pentru o planificare spațială de calitate și pentru gestionarea rațională a teritoriului. Mai mult decât atât, identificarea tiparelor de expansiune și analiza schimbărilor spațio-temporale ar fi de mare ajutor în contextul planificării adecvate a infrastructurilor teritoriale (Dolean și colab., 2020).

Modul de utilizare și acoperire a terenurilor (MUAT) în cadrul zonelor urbane este foarte dinamic în perspectivă multi-temporală datorită, în principal, construcției de noi clădiri, drumuri și alte infrastructuri teritoriale, în detrimentul terenurilor naturale. În consecință, modificările MUAT reprezintă un indicator solid al dezvoltării teritoriale multi-temporale

implicând un nivel mai detaliat de analiză a urbanizării în comparație cu simpla evaluare a expansiunii suprafețelor construite, respectiv analiza spațio-temporală a dinamicii relației dihotomice spațiu construit (artificial) – spațiu natural.

Cartografierea și analiza modificărilor MUAT din cadrul regiunilor urbane este esențială pentru evaluarea „*amprentei ecologice*” a dezvoltării teritoriale și a creșterii urbane, în scopul fundamentării științifice a procesului de luare a deciziilor privind opțiunile politicilor de reglementare și planificare a teritoriului, inclusiv a celor privind intervențiile de conservare a mediului (Furberg, 2019).

În ceea ce privește analiza multi-temporală și prognoza dinamicii dezvoltării teritoriale, respectiv observarea și cartografierea expansiunii suprafețelor construite și a modificărilor în modul de utilizare/acoperire a terenurilor din zonele urbane, cercetările anterioare (ca de exemplu, Barnsley și Barr 2000; Cihlar 2000; Franklin și Wulder 2002; Zhou și colab. 2008; Yang 2011; Qin și colab. 2013; Ban și colab. 2014, Furberg 2022) au demonstrat o imensă utilitate a integrării datelor obținute prin teledetecție în cadrul analizelor spațiale GIS în atingerea pe deplin a scopurilor mai sus menționate.

După cum s-a specificat deja, procesele dezvoltării teritoriale ale sistemelor urbane se extind dincolo de limitele administrative ale unităților teritoriale. În acest sens, analiza și prognoza dezvoltării teritoriale, precum și politicile, planurile și acțiunile aferente planificării și amenajării teritoriale, trebuie să se realizeze la un nivel care să faciliteze surprinderea întregului sistem urban atât din punct de vedere al extensiunii spațiale (includerea tuturor subsistemelor componente), cât și al modului în care acesta se integrează în sistemele teritoriale superioare ierarhic (de exemplu, sistemul regional sau național).

Rashed și Jürgens (2010) precizează, de asemenea, că procesul de urbanizare trebuie descris, monitorizat și chiar simulat la scări diferite, în funcție de problema examinată; progresia și extinderea treptată a urbanului pot fi mai bine înțelese atunci când sunt analizate și cartografiate la scară regională (metropolitană) care oferă ceea ce numim „*imagine de ansamblu*” (Banai și DePriest, 2014).

În consecință, abordarea conceptelor privind dezvoltarea teritorială la scară regională prin selectarea unor zone definite geografic precum zonele metropolitane, zonele urbane funcționale sau zonele periurbane, este mult mai relevantă.

Sistemele informaționale geografice (GIS) și teledetecția sunt instrumente deosebit de performante care au revoluționat modul în care analizăm, evaluăm și prognozăm dezvoltarea teritorială. Acestea permit vizualizarea și analizarea, din perspectivă multi-temporală și spațială, a relațiilor dintre diferite fenomene și procese geografice, cum ar fi creșterea

populației, expansiunea suprafețelor construite și a schimbărilor apărute în modul de utilizare și acoperire a terenurilor, respectiv impactul acestora asupra mediului.

Prin arsenalul de tehnici și metode, GIS poate să ofere informații precise și actualizate despre teritoriu, resursele sale și locuitorii săi, permițând factorilor de decizie să ia decizii informate cu privire la gestionarea resurselor și planificarea dezvoltării. Pe măsură ce aceste tehnologii continuă să evolueze și să se îmbunătățească, ele vor juca un rol din ce în ce mai important în modelarea viitorului dezvoltării teritoriale.

În ultimii douăzeci de ani, sistemele informaționale geografice și teledetecția au demonstrat că reprezintă o modalitate excelentă pentru investigarea zonelor urbane. Astăzi, teledetecția și tehnologia GIS oferă seturi de date, accesibile și din ce în ce mai ușor de utilizat și analize de date care facilitează investigarea integrată a informațiilor spațiale (Gatrell și colab., 2007).

Importanța și gradul crescut de utilitate al sistemelor informaționale geografice în combinație cu teledetecția în cadrul studiilor asupra sistemului urban a fost evidențiată și de Filip (2009), autorul menționând contribuția tehnologiei în procesul de înțelegere a relațiilor spațiale, capacitatea de reactualizare regulată sau în timp real a datelor, realizarea materialelor cartografice și, de asemenea, importanța în procesul planificării urbane și luarea deciziilor.

Practic, tehnologia GIS și teledetecția pot fi implementate și utilizate în toate etapele principale ale planificării teritoriale, precum: inventarul resurselor, analiza situației existente, modelarea și proiecția (prognoze și scenarii), dezvoltarea opțiunilor de planificare (analize de pretabilitate a terenurilor), selectarea opțiunilor de planificare, implementarea planului, monitorizare și feedback (Yeh, 1999). De asemenea, tehnologia GIS în combinație cu teledetecția este utilizată frecvent și pentru a analiza dezvoltarea teritorială și direcția de extindere a acesteia cu scopul de a identifica locațiile adecvate pentru dezvoltarea ulterioară.

Potrivit unui raport publicat de NASA, progresele în cartografierea suprafeței terestre pe baza imaginilor satelitare contribuie la o mai bună înțelegere a forțelor care stau la baza creșterii și extinderii urbane, precum și a problemelor legate de managementul teritorial. În prezent, expansiunile fizice, respectiv, tiparele creșterii urbane și efectul acestora asupra peisajelor pot fi distinse, cartografiate și analizate prin utilizarea datelor obținute prin teledetecție (Bhatta, 2010).

Deși se confruntă cu provocări cauzate de diferiți factori, cum ar fi eterogenitatea spațială și spectrală a mediilor urbane, teledetecția este o sursă adecvată de date pentru studiile urbane (Roberts și Herold, 2004). Astfel, datele preluate prin teledetecția satelitară sau aeriană sunt utilizate din ce în ce mai mult în aplicații de analiză spațială și cartografiere a zonelor

urbane (Cihlar 2000; Barnsley și Barr 2000; Franklin și Wulder 2002; Zhou și colab. 2008; Griffiths și colab., 2010; Yang 2011; Qin și colab. 2013; Ban și colab. 2014), respectiv în clasificarea acoperirii terenurilor (Yuan și colab., 2005; Furberg și Ban, 2012; Wang și colab., 2012; Liu, 2015; Haas și Ban, 2018).

Teledetecția poate oferi planificatorilor teritoriali date cruciale, cum ar fi: extensiunea spațială a zonelor construite și dinamica multi-temporală a acestora, distribuția spațială a diferitelor tipuri de utilizare și acoperire a terenului; infrastructurile teritoriale și rețeaua de transport, capacitatea de a monitoriza schimbările MUAT de-a lungul timpului etc. (Obade, 2007). Conform aceluiași autor, monitorizarea dezvoltării teritoriale din punct de vedere spațial, presupune: 1) *detectarea schimbărilor modului de utilizare / acoperire a terenurilor* și 2) *analiza impactului schimbărilor*.

Modelarea și analiza multi-temporală a caracteristicilor geografice din teritoriu presupun, în primul rând, crearea unor baze de date solide. După cum am arătat anterior, în această privință utilizarea în GIS a datelor preluate prin teledetecție reprezintă cheia unui demers științific corespunzător. Extragerea informațiilor relevante din imaginile preluate prin teledetecție se realizează de cele mai multe ori prin combinarea unor metode și tehnici de clasificare a imaginilor și de detectare a schimbărilor.

Multe metode de modelare a schimbărilor acoperirii terenului au fost utilizate pentru a identifica factorii despre care se presupune că afectează conversiile terenurilor, în special între categoriile de acoperire a terenurilor construite și neconstruite. Informațiile despre urbanizare, obținute din mai multe imagini multi-temporale, pot oferi cunoștințe valoroase despre modelele de creștere urbană și factorii probabili care determină schimbările. Descrierea și modelarea sistemelor teritoriale depind în mare măsură de disponibilitatea și calitatea datelor (Tayyebi și colab., 2010). După cum am arătat anterior, dependența spațială a modificărilor MUAT poate fi analizată prin integrarea metodelor și tehnicilor GIS și a datelor obținute prin teledetecție în analize și modelări simple sau complexe, care oferă o capacitate eficientă de evaluare și monitorizare spațială a expansiunii urbane.

Metodologiile de modelare a potențialului tranzițional și de anticipare a potențialelor schimbări MUAT sub efectul variabilelor geografice urmăresc să identifice locațiile schimbărilor care au avut loc și ale celor ce pot apărea în viitor. Majoritatea acestor modele examinează tranzițiile MUAT utilizând date multi-temporale despre MUAT care, atunci când sunt integrate și modelate în GIS, pot prognoza și simula situații viitoare (Halmy și colab., 2015).

De-a lungul timpului, numeroase modele spațiale explicite au fost propuse și utilizate de cercetători pentru a analiza și prognoza schimbările MUAT, însă modelele realizate pe baza *rețelelor neuronale* sunt cele mai populare pentru simularea MUAT, deoarece acestea reflectă cu acuratețe transformarea neliniară spațială probabilistică a utilizării terenului (Li și colab., 2017). Modelul celulelor automate (eng. *Cellular Automata* - CA) este aplicat la scară largă în geografie și în cadrul domeniilor conexe datorită a patru avantaje principale: spațialitate și afinitate cu GIS, dinamism, micro-simulare și o abordare de jos în sus. Un alt model utilizat frecvent și la scară largă (Urban și Wallin, 2017) pentru analiza și prognozarea tranzițiilor claselor MUAT este modelul Markov, acesta fiind, de asemenea, utilizat în combinație cu instrumente de învățare automată precum rețelele neuronale artificiale (ANN-Markov).

Automatele celulare și modelul Markov, respectiv CA-Markov fac parte din categoria modelelor celulare (CM), acestea funcționând pe baza unor matrice de celule (GRID-uri).

Modelele menționate sunt deterministe deoarece modelează evoluția variabilelor folosind instrucțiuni logice determinate pe baza unei grile de celule, fiecare reprezentând o anumită clasă sau valoare. Acestea au la bază un set de reguli determinate anterior, care definesc probabilitățile de tranziție între diferitele tipuri de clase pe baza diversilor factori cum ar fi apropierea de centrele urbane, accesibilitatea și condițiile de mediu (Batty și colab., 2005, 2007, 2009). În consecință, modelele au în general patru elemente de bază: o matrice de celule, un set de caracteristici asociate celulelor, o vecinătate (celule) definită de matrice și un set de reguli de tranziție pentru fiecare celulă. Multe modele adaugă, de asemenea, timpul ca al cincilea element (Silva și Clarke 2005).

În urma celor menționate anterior, putem concluziona faptul că sistemele informaționale geografice și teledetecția reprezintă modalități eficiente de monitorizare, evaluare și modelare a dezvoltării teritoriale - înțeleasă și evaluată în cadrul prezentei cercetări prin prisma dinamicii suprafețelor construite și a modificărilor multi-temporale ale modului de acoperire a terenurilor (MUAT) prin colectarea, procesarea și analizarea informațiilor spațiale. De asemenea, este important de menționat faptul că abordările practice și teoretice care au la bază utilizarea GIS și a teledetecției, combinate cu date statistice și date preluate din teren, sunt cele mai avansate și recomandate practici pentru evaluarea, gestionarea, planificarea și prognozarea modificărilor care au loc într-un teritoriu, atât la nivel local, cât și la nivel regional sau global (Dolean și colab., 2020).

CAPITOLUL 2 – AREALUL DE STUDIU

Arealul supus investigației în cadrul prezentei teze este reprezentat de Zona Metropolitană Cluj-Napoca (ZMC), respectiv de Zona Urbană Funcțională (ZUF) a municipiului Cluj-Napoca, conform definirii și delimitării acesteia de către specialiștii Comisiei Europene, în cadrul inițiativei Audit Urban (2004-2018), pe baza metodologiei ESPON. Arealul a fost ales datorită urbanizării exacerbate înregistrată în ultimii 15-20 de ani, corelată cu o creștere masivă a numărului de locuitori, fiind un spațiu socio-economic de mare importanță, ce reprezintă o adevărată provocare în ceea ce privește planificarea și dezvoltarea teritorială.

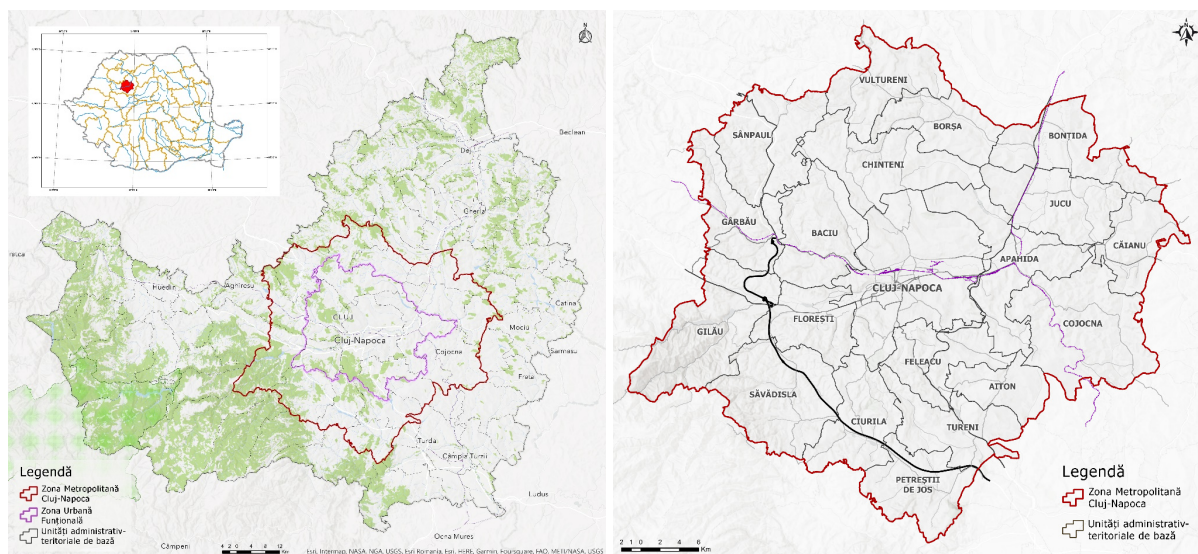


Figura 1. Localizarea fizico-geografică a arealului de studiu și componența ZMC

Sursă date: ANCP – TopRo50k (2020)

Zona Metropolitană a municipiul Cluj-Napoca este una dintre cele 5 zone metropolitane existente la nivelul regiunii de dezvoltare Nord-Vest fiind totodată una dintre cele mai mari zone metropolitane din România. De la constituirea din anul 2008 și până în prezent, ZMC a suferit modificări în ceea ce privește componența unităților administrativ-teritoriale de bază (UAT). În prezent aceasta este alcătuită din municipiul Cluj-Napoca și următoarele comune: Aiton, Apahida, Baci, Bonțida, Borșa, Căianu, Chinteni, Ciurila, Cojocna, Feleacu, Florești, Gârbău, Gilău, Jucu, Petrești de Jos, Săvădisla, Sânpaul, Tureni și Vultureni.

Cele 20 de localități componente acoperă o suprafață de peste 1.828,72 km² (27% din suprafața totală a județului Cluj) și numără 454.576 de locuitori (54,47% din populația județului). Se remarcă, astfel că densitatea populației la nivelul zonei metropolitane este de peste 248 locuitori/km², iar în restul județului de doar 60 locuitori/km², ceea ce confirmă capacitatea de polarizare a municipiului Cluj-Napoca asupra teritoriului județean (SIDU Cluj-Napoca, 2021).

După cum s-a menționat, ZMC face parte din județul Cluj care se constituie drept una dintre regiunile cu cea mai rapidă creștere economică din România, PIB-ul pe cap de locuitor al unității administrativ-teritoriale înregistrând creșteri anuale notabile, de la 31% din media UE în 2000, la cca. 70% din media UE, în anul 2015. Trendul a continuat și în anii următori, astfel că în anul 2020, acesta a ajuns să reprezinte 103% din media UE27 (Eurostat). Peste 88.000 de unități noi de locuințe au fost dezvoltate în județul Cluj între 1990 și 2021, iar la nivel național această performanță este depășită doar de către municipiul București și județul Ilfov. Un aspect important de menționat este că cea mai mare parte din această nouă dezvoltare s-a produs în zonele periurbane și, de cele mai multe ori, într-un mod neplanificat și hazardat.

La nivel european, municipiul Cluj-Napoca și zona metropolitană a acestuia reprezintă cel mai important centru urban din perimetrul delimitat de capitalele București, Belgrad, Budapesta, Kiev și Chișinău. Acest context îi conferă oportunitatea de a deveni un *hub* transnațional al Europei centrale și de est (SIDU Cluj-Napoca, 2021). Cele mai recente date ale Eurostat indică faptul că ZMC este arealul din Uniunea Europeană (UE) cu cea mai rapidă creștere economică între 2000 și 2019, ritm care s-a menținut și în anii următori. Important de menționat este și faptul că în ciuda performanțelor înregistrate din perspectiva produsului intern brut în intervalul de timp analizat, ritmul de creștere a cauzat totuși și o serie de externalități negative – dezvoltare urbană haotică și *urban sprawl*, congestie, poluare, creșterea prețurilor și a costului vieții (SIDU Cluj-Napoca, 2021).

Planificarea și dezvoltarea urbană a municipiului Cluj-Napoca și a zonei metropolitane a acestuia, asociază un mix al provocărilor cu care se confruntă mai multe dintre orașele mai mari din România. Modelul inițial de dezvoltare relativ dens al municipiului s-a datorat, într-o oarecare măsură, topografiei acestuia respectiv tendinței de îngustare a culoarului de vale în sectorul de contact a interfluviului Nadăș-Someșul Mic și prelungirea nordică a masivului Feleac. Cu toate acestea, dezvoltarea care a avut loc în ultimul deceniu este caracterizată printr-o reducere a densității în zonele centrale și o creștere considerabilă a densității în unele zone periurbane.

Studiul aspectelor socio-economice (parte a subsistemului antropic) de la nivelul ZMC demonstrează o legătură de interdependență între evoluția populației, dezvoltarea imobiliară și economică, per ansamblu, toate influențând considerabil dezvoltarea teritorială. În intervalul de analiză de aproape 20 ani (2002-2021), populația ZMC a crescut cu puțin peste 61.000 de persoane, în timp ce în restul județului Cluj, a scăzut cu peste 41.000 de persoane, prin urmare, tendința de migrare a populației către județul Cluj și de concentrare în zona metropolitană este tot mai accentuată.

CAPITOLUL 3 – METODOLOGIE ȘI DATE

Realizarea prezentei teze de doctorat a necesitat, pe lângă conturarea unui cadru teoretic de referință, și definirea, respectiv adaptarea unor căi adecvate de abordare din punct de vedere metodologic, două mari părți: teoretică și practică (aplicativă). Metodele de cercetare utilizate au fost alese în concordanță cu principalele obiective ale demersului științific: fundamentarea teoretică și consultarea literaturii de specialitate, pe de-o parte, și realizarea modelelor și a analizelor, obținerea și validarea rezultatelor, respectiv elaborarea concluziilor, pe de altă parte.

Prezentul capitol descrie tipurile de analize realizate, ipotezele lor principale, tehnicile, metodele și datele utilizate în partea practică.

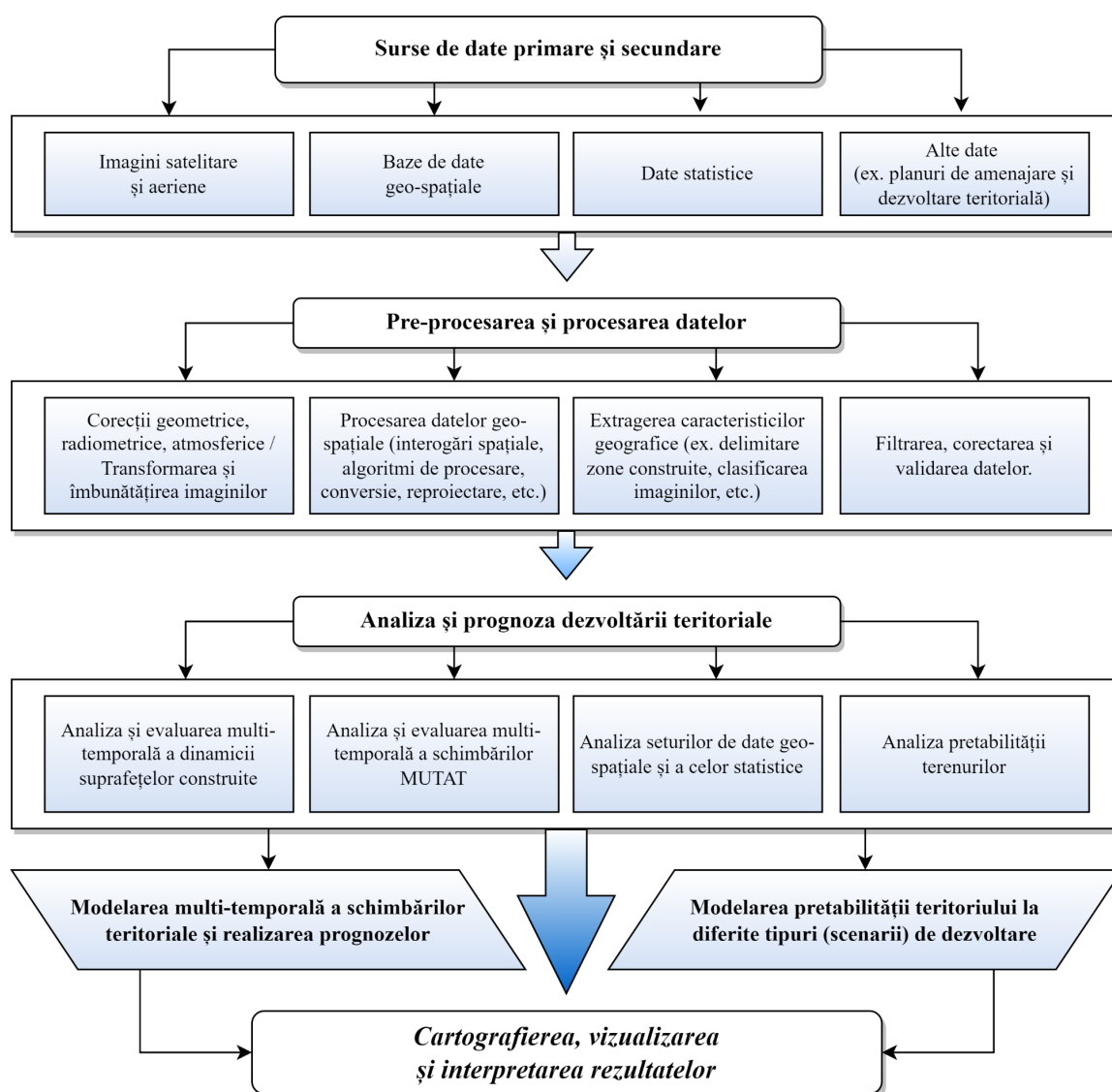


Figura 2. Componentele și structura logică a demersului metodologico-aplicativ

Elaborarea suporturilor aplicative din perspectivă metodologică se bazează pe implementarea și utilizarea tehnologiei GIS și a datelor obținute prin teledetecție pentru modelarea și evaluarea caracteristicilor geografice care redau dezvoltarea teritorială. În această

privință au fost utilizate o gamă variată de metode și tehnici complexe de analiză și prognoză, iar rezultatele obținute au fost reprezentate grafic prin metoda cartografică. Etapa finală a cercetării coincide cu formularea concluziilor pe baza rezultatelor, etapă realizată cu ajutorul analizei și sintezei.

Demersul practic-aplicativ poate fi împărțit în trei mari secțiuni, după cum urmează:

1) **Delimitarea și analiza multi-temporală a expansiunii suprafețelor construite** (urbanizare sau creștere urbană) – nivelul 2 de abstractizare, care a presupus, în primul rând, utilizarea unei metodologii proprii (Dolean și colab. 2020) de delimitare și extragere a zonelor construite la diferite momente temporale de referință (2000, 2005, 2010, 2015, 2020), pe baza unei abordări semi-automate de aplicare a indicilor spectrali, folosind imagini satelitare de rezoluție medie Landsat TM și ETM+. În al doilea rând, analiza a vizat, pe de o parte, evaluarea dinamicii suprafețelor construite pe baza seturilor de date geospațiale disponibile la nivel european și/sau național, iar pe de altă parte, corectarea și validarea rezultatelor obținute folosindu-se datele geospațiale existente și imaginile satelitare de rezoluție medie-înaltă și înaltă, Sentinel (10m), respectiv RapidEye (5m) și PlanetScope (3.25m). Seturile de date spațiale utilizate în această etapă au fost în principal cele oferite de Agenția Spațială Europeană (ESA) prin programul Copernicus - Serviciul de monitorizare a terenurilor – Straturi de înaltă rezoluție. În această etapă, analiza s-a realizat la nivelul întregii ZMC și rezultatele obținute au fost corelate cu date statistice și date distribuite spațial sub formă de GRID-uri, referitoare la populație și activități economice.

2) **Analiza și prognoza modificărilor teritoriale multi-temporale** (inclusiv a modului de utilizare și acoperire a terenurilor) – nivelul 1 de abstractizare; care implică, în principal, o viziune mai detaliată asupra dezvoltării teritoriale prin raportare la dinamica modului de utilizare / acoperire a terenurilor.

Datorită nivelului de detaliere vizat și a disponibilității datelor, această parte analitică s-a realizat într-o manieră disjunctă în ceea ce privește teritoriile de referință. În consecință, o parte a aplicațiilor au vizat întreg teritoriul Zonei Metropolitane Cluj-Napoca, în timp ce altele s-au limitat la teritoriul Zonei Urbane Funcționale Cluj-Napoca (primul inel al ZMC). Abordarea este justificată, pe de o parte, prin faptul că cea mai mare parte a modificărilor atât în ceea ce privește suprafețele construite, cât și factorii socio-economici, au avut loc în acest spațiu. La cele de mai sus se adaugă și considerente ce țin de disponibilitatea datelor și dificultățile de procesare din punct de vedere computațional.

Abordarea de tip hibrid a fost utilizată și în această etapă în care, pe de o parte, s-au utilizat date cu privire la clasele MUAT obținute prin clasificarea supervizată bazată pe pixeli a imaginilor satelitare Landsat și clasificarea bazată pe obiect, prin segmentarea imaginilor satelitare de rezoluție înaltă (RapidEye, PlanetScope), iar pe de altă parte s-au utilizat seturi de date spațiale cu un nivel mare de granularitate (Urban Atlas 2005-2018, date APIA 2006-2020) în combinație cu imaginile aeriene utilizate pentru corecția, actualizarea și validarea rezultatelor. Scopul principal al acestei etape a fost acela de a dispune de câte un set de date cu o acuratețe cât mai mare, reprezentând principalele clase de utilizare/acoperire a terenurilor, pentru fiecare an de referință vizat.

Ulterior, rezultatele obținute au fost utilizate în etapa de evaluare a modificărilor teritoriale prin metode de analiză spațială GIS în combinație cu tehnicile de detecție a schimbărilor și respectiv, realizarea prognozelor pe baza modelelor dinamice distribuite spațial – Automate Celulare și modelul Markov în combinație cu rețelele neuronale artificiale.

Nivelul 2 de abstractizare amintit anterior presupune modelarea dezvoltării teritoriale ca proces multi-temporal prin simpla raportare la zone construite (artificiale sau impermeabile) versus zone neconstruite, naturale sau permeabile. Nivelul 1 de abstractizare, în schimb, presupune o modelare mai detaliată a dezvoltării teritoriale prin raportarea la dinamica modului de acoperire și/sau utilizare a terenurilor.

3) **Analiza pretabilității terenurilor la diferite scenarii de dezvoltare** – care a vizat întreg spațiul metropolitan, aplicată la nivel de parcelă sau grupare de parcele, pe baza unor algoritmi dezvoltați de autor în colaborare cu specialiștii în dezvoltare urbană ai Băncii Mondiale. Metodologia dezvoltată a fost testată și validată în practica profesională prin implementarea în regiuni similare zonei de studiu (de exemplu, ZUF Brno din Republica Cehă și ZUF Rzeszów din Polonia), fiind constant adaptată și îmbunătățită în funcție de datele disponibile și rezultatele obținute. Metodologia implică de fapt utilizarea unor modele deterministe de evaluare a pretabilității terenurilor la diverse scenarii de dezvoltare cu scopul de a servi drept instrument pentru coordonarea și planificarea dezvoltării teritoriale de către factorii decidenți, pe baza unor fundamente determinate empiric. Fiecare scenariu analizat implică utilizarea unui număr variabil de parametri considerați relevanți, iar pentru fiecare parametru se definesc o serie de metrice și punctaje asociate. Pretabilitatea finală se obține la nivel de entitate spațială analizată (ex. parcelă) prin calcularea aportului ponderat al fiecărui scor obținut de fiecare parametru în parte.

Este important de menționat faptul că metodologia de analiză multicriterială a pretabilității terenurilor este deosebit de flexibilă – parametrii, clasele de valori și punctajele utilizate, respectiv ponderea în rezultatul final pot fi modificate și adaptate în funcție de extensiunea și specificul zonei analizate, disponibilitatea datelor sau alte condiții specifice care impun modificarea. În cadrul demersului de față, versiunea metodologică prezentată și aplicată este adoptată cu titlu de propunere și exemplificare a modului în care aceasta se poate implementa pentru determinarea pretabilității terenurilor. Parametrii, clasele de valori și ponderile utilizate au fost determinate pe baza experienței proprii și a cunoștințelor autorului referitoare la teritoriul analizat.

Orice cercetare solidă presupune existența unei baze de date complexe, cât mai cuprinzătoare și cu o acuratețe cât mai ridicată, în strânsă legătură cu obiectul de studiu. Unul dintre principalele avantaje ale tehnologiei GIS este interoperabilitatea și capacitatea sa de a combina și analiza cantități mari de date din diverse surse.

În consecință, sursa și calitatea datelor utilizate în aplicații este indispensabilă pentru acuratețea și fiabilitatea rezultatelor. O parte deosebit de importantă a studiului a avut în vedere integrarea, prelucrarea și managementul datelor spațiale. Baza de date generată și utilizată în prezenta cercetare poate fi grupată în trei mari categorii: *date geospațiale*, *date preluate prin teledetecție* și *date statistice*. Este important de menționat faptul că datele preluate prin teledetecție au un rol crucial în analiza dezvoltării teritoriale, a creșterii urbane și a dinamicii utilizării terenului prin integrarea acestora în analize spațiale GIS. În consecință, în cadrul demersului analitic, pe lângă bazele de date geospațiale și statistice extrase din diverse surse, s-au utilizat numeroase imagini satelitare și aeriene având diferite rezoluții spațiale. Toate imaginile satelitare utilizate au fost supuse unor corecții geometrice, radiometrice și atmosferice.

CAPITOLUL 4 – REZULTATE ȘI DISCUȚII

Acest capitol este dedicat prezentării concise a principalelor rezultate ale cercetării prin conturarea unei imagini de ansamblu asupra evoluției suprafețelor construite și schimbărilor teritoriale survenite în ultimele două decenii, a situației actuale a acestora, precum și a tendințelor posibile de dezvoltare în viitor.

Aplicarea metodologiei pentru delimitarea și cartografierea suprafețelor construite pe baza implementării indicatorilor spectrali s-a realizat prin analiza imaginilor satelitare Landsat de rezoluție medie (30m), în cinci momente temporale de referință acoperind un orizont de 20

de ani. Astfel, au fost identificate și delimitate zonele construite pentru anii de referință 2000, 2005, 2010, 2015 și 2020 la nivelul întregii Zone Metropolitane a municipiului Cluj-Napoca.

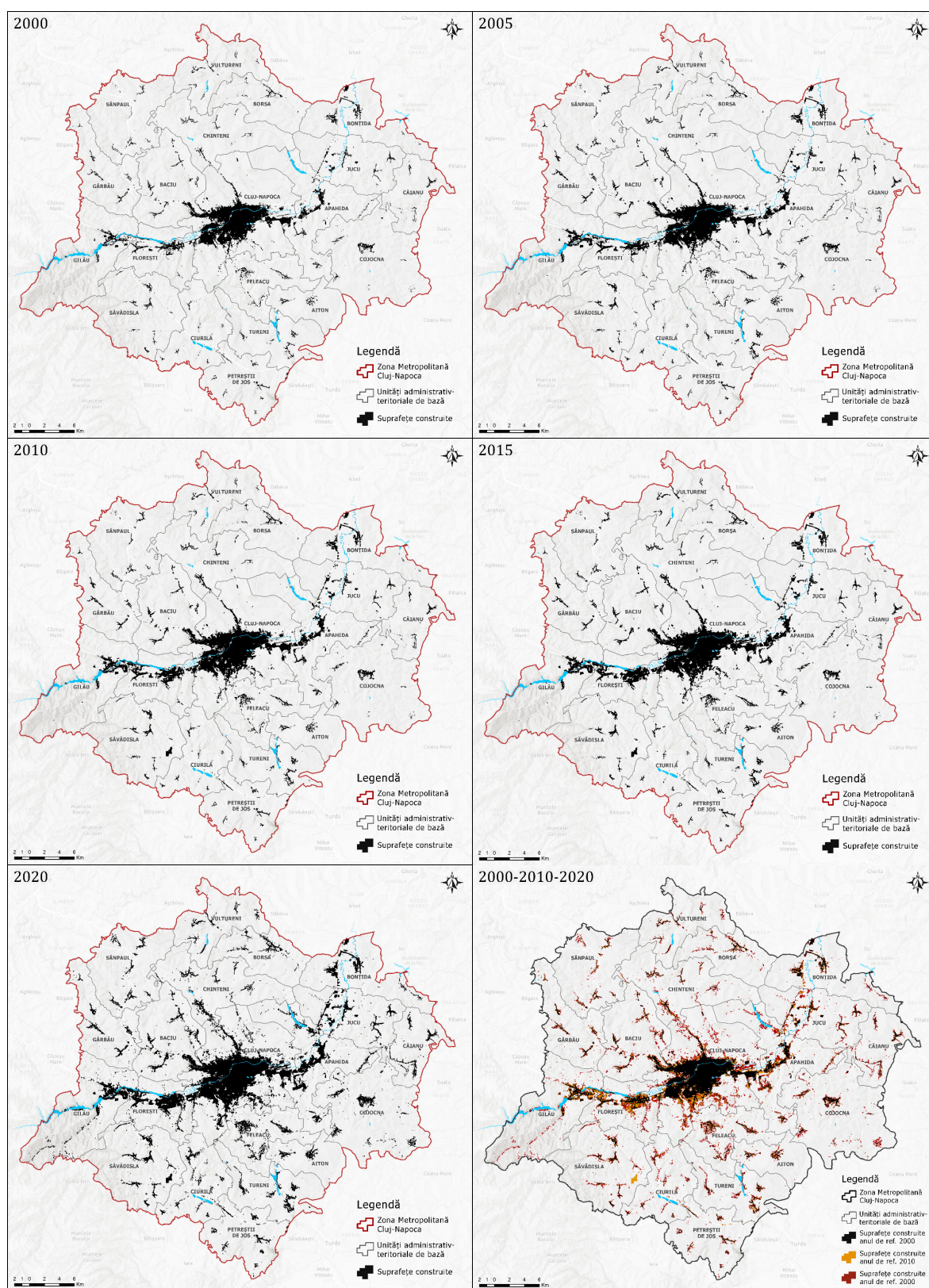


Figura 3. Suprafețele construite la nivelul ZM Cluj-Napoca în intervalul 2000-2020

Pentru evaluarea performanței metodologiei propuse și validarea rezultatelor, s-au utilizat o serie de metode cantitative și calitative frecvent utilizate în teledetecție. Prima metodă utilizată pentru evaluarea acurateței modelului a constat în tradiționala matrice de confuzie (eng. *confusion matrix*) sau, altfel spus, matricea erorilor. Acuratețea globală a metodologiei aplicate în cadrul zonei studiate, la nivelul tuturor anilor de referință analizați, fiind în general, mai mare de 85%. Această pondere poate fi considerată ca fiind un rezultat foarte bun, mai ales dacă se ține cont de gradul ridicat de eterogenitate a teritoriului analizat. De asemenea, valoarea medie a coeficientului Kappa prezintă valori foarte bune (de peste 0.80 pentru fiecare moment temporal evaluat) ceea ce se înscrie în intervalul 0.61 – 0.99 aferent unui acord substanțial spre aproape perfect între rezultatele obținute și realitatea din teren, definind gradul ridicat de performanță al evaluării în opoziție cu posibilitatea obținerii acordurilor într-un mod aleatoriu.

A doua metodă de evaluare și validare a implicat, inițial, crearea unei baze de date cuprinzătoare conținând, pe de o parte, amprenta la sol a unui număr impresionant de mare de clădiri existente la finalul intervalului cuprins de la un an de referință la altul, sau coordonate GPS ale acestora, pe de altă parte. Datorită faptului că pe baza acestei metode de validare, eşantioanele utilizate reprezintă locațiile reale din teren ale clădirilor, așa cum era de așteptat, rezultatele au fost considerabil mai bune decât în cazul metodei prezentate anterior (acuratețe generală medie de peste 90%).

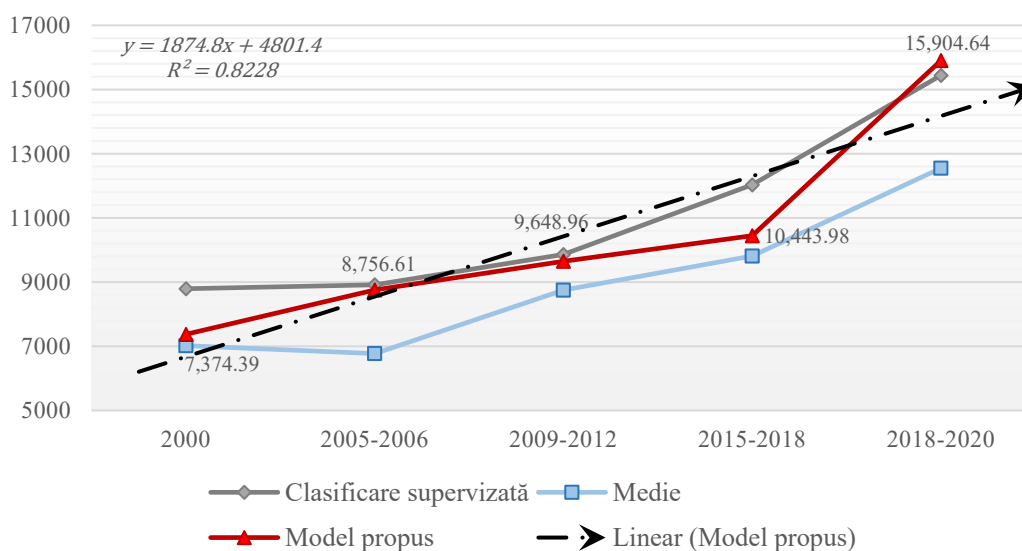


Figura 4. Comparație între diferite metode cantitative de evaluare a acurateței modelului

A treia metodă de validare a presupus o comparație directă între valorile reprezentând suprafața terenurilor construite obținute prin metodologia propusă, respectiv prin clasificarea supervizată a imaginilor satelitare și valorile obținute prin metode similare de delimitare – a bazelor de date provenite din surse independente sau furnizate de instituții competente din

domeniu, respectiv a datelor statistice din surse oficiale. Este de remarcat faptul că, în ciuda erorilor cantitative – diferențele între suprafețele reale din teren și cele definite pe baza metodologiei – trendul general multi-temporal al expansiunii suprafețelor construite este redat cu o acuratețe foarte mare, de peste 90%, ceea ce face ca evaluarea dinamicii spațiale a zonelor construite prin raportare la rata procentuală de schimbare (atât de la un moment de referință la altul, cât și pentru întreaga perioadă analizată), să fie deosebit de relevantă și precisă.

Rezultatele ilustrează faptul că metoda aplicată și evaluată este o opțiune relativ precisă și, în același timp, fiabilă pentru o cartografiere rapidă (semi-automată) a suprafețelor construite. De asemenea, se remarcă și faptul că, în comparație cu utilizarea indicatorilor spectrali tradiționali de diferențiere a zonelor construite, metoda aplicată reușește să evidențieze și să delimiteze arealele construite cu o acuratețe mai ridicată și un grad mai redus de eroare – în special în ceea ce privește diminuarea gradului de confuzie spectrală dintre diferitele caracteristici ale claselor de acoperire a terenurilor. Acest lucru poate fi deosebit de util și cu aplicații potențiale importante, în special în sfera de activitate a planificării teritoriale și a dezvoltării regionale.

Evaluarea dinamicii spațiale multi-temporale a suprafețelor construite la nivelul zonei de studiu s-a realizat atât pe baza rezultatelor obținute în urma aplicării modelului de delimitare a zonelor construite prezentat anterior, cât și pe baza seturilor de date din surse alternative, folosite pentru validarea modelului.

Rezultatele obținute ne-au indicat faptul că suprafața construită la nivelul ZMC s-a dublat în intervalul 2000-2020. Mai exact, în anul 2000 suprafața construită însuma 7374.39 ha, reprezentând 4.237% din totalul suprafeței ZMC, pe când în anul 2020, suprafața construită a atins valoarea de 15904.64 ha, reprezentând 9.138% din totalul ZMC, înregistrându-se astfel o rată totală de creștere de 115.67%. În ceea ce privește distribuția spațială a extinderilor, se poate observa o creștere masivă a suprafețelor construite în unitățile administrative din Culoarul Someșului Mic, dispuse de-a lungul principalei axe de dezvoltare a ZMC pe direcția est-vest (Jucu, Apahida, Cluj-Napoca, Florești, Gilău). În același timp, creșteri impresionante se pot remarca și pe axa secundară de dezvoltare, nord-sud, în special în localitățile din imediata proximitate a municipiului Cluj-Napoca (Baciu, Chinteni, Feleacu, Ciurila, Tureni).

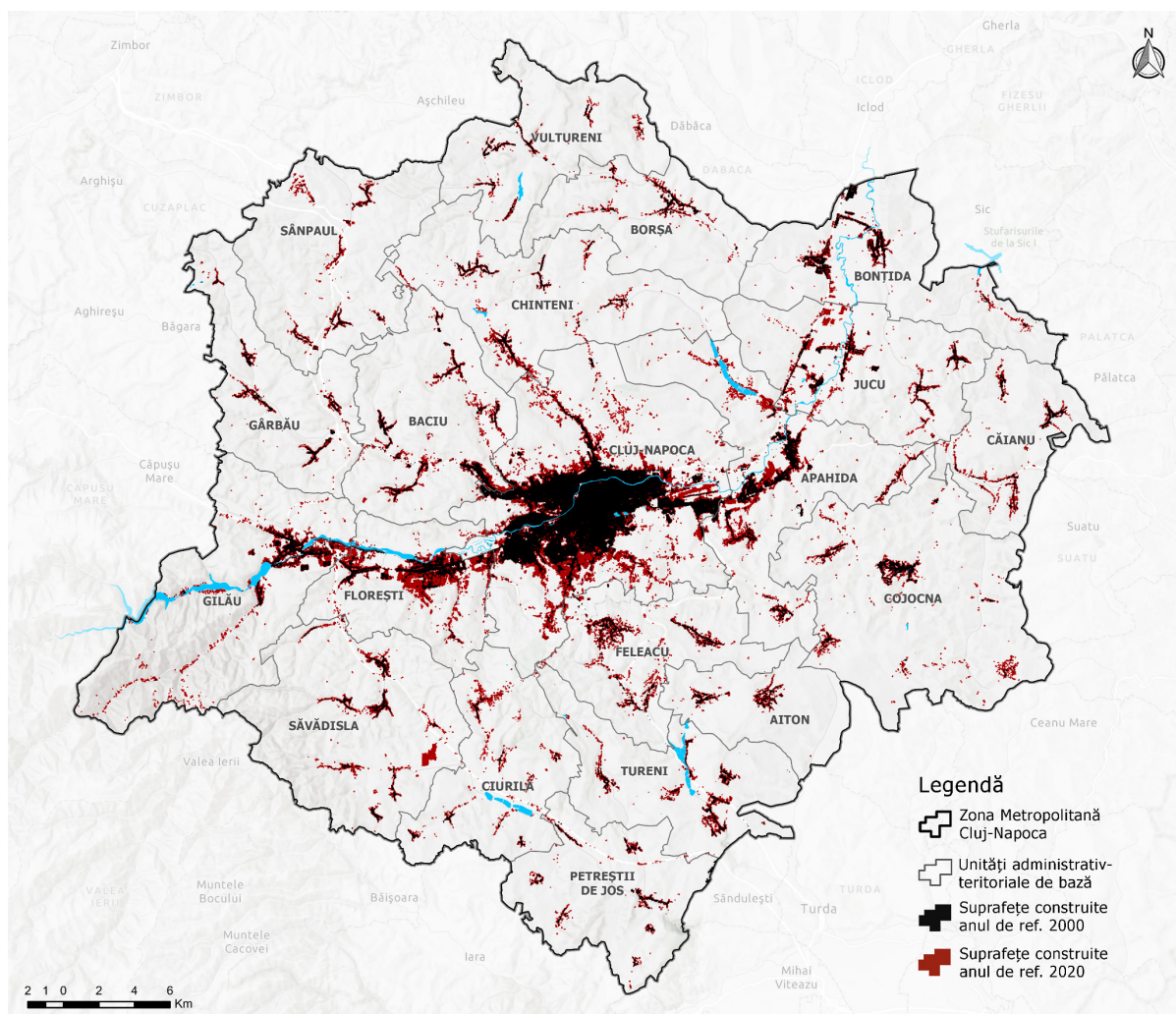


Figura 5. Expansiunea suprafețelor construite la nivelul ZMC în intervalul 2000-2020

Se reconfirmă, așadar, tendința de dezvoltare în bandă a zonei metropolitane, remarcându-se astfel două inele în ceea ce privește dinamica densității și proximitatea față de centrul urban cu funcție polarizatoare: primul inel, format în principal din comunele Apahida, Feleacu, Florești, Baci și Chinteni, caracterizat prin creșteri mari și foarte mari ale suprafețelor construite raportate la nivelul întregii ZMC, respectiv al doilea inel, caracterizat, cu unele excepții (Jucu și Gilău), prin creșteri medii și mici ale suprafețelor construite raportate la nivelul întregului teritoriu analizat.

Analiza cantitativă privind evoluția suprafețelor construite la nivel de UAT componente ale ZUF Cluj-Napoca ne indică faptul că, la nivelul anului 2020, peste 60% din totalul suprafețelor construite la nivelul ZMC erau concentrate în UAT-urile din primul inel, în ciuda faptului că acestea reprezintă cumulativ sub 30% din totalul teritoriului ZMC. Calculat invers, o pondere de sub 40% din totalul patrimoniului construit de la nivelul ZMC este distribuit în peste 70% din teritoriu.

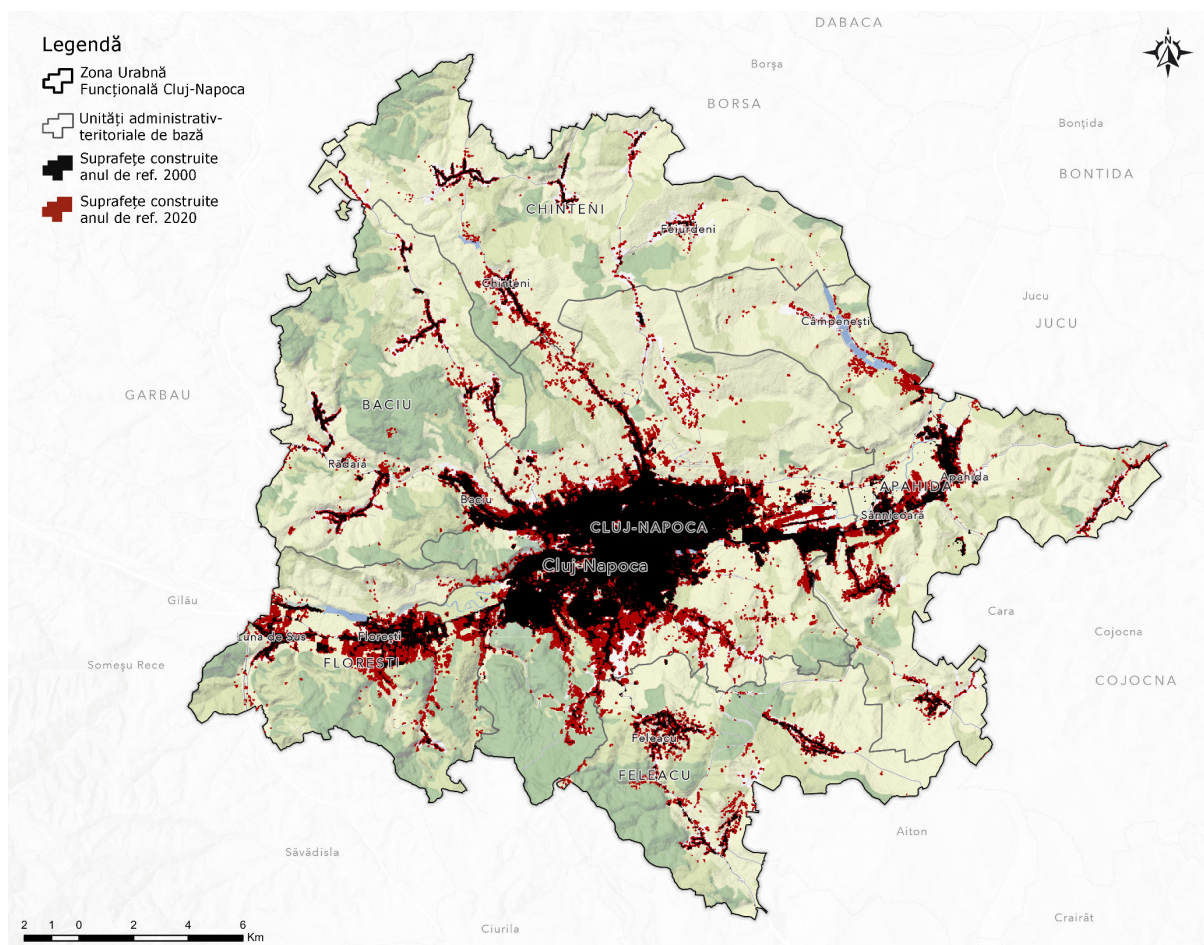


Figura 6. Expansiunea suprafețelor construite la nivelul ZUF Cluj-Napoca în intervalul 2000-2020

De asemenea, conform analizelor realizate, perspectivele de dezvoltare prognozate pentru următorii 5-10 ani urmează același trend ascendent, fapt care impune o monitorizare atentă a zonelor sensibile din punct de vedere urbanistic și, după caz, implementarea agilă a unor măsuri directive cu scopul de a asigura o dezvoltare locală și regională sustenabilă.

Realizarea scenariilor de prognoză în ceea ce privește expansiunea spațială a zonelor construite de la nivelul ZMC a presupus implementarea într-o manieră relativ simplificată a unui model distribuit spațial de tipul ANN-CA. Modelul care, de cele mai multe ori, este utilizat pentru reprezentarea și simularea predictivă a tranzițiilor spațio-temporale dintre principalele clase MUAT, presupune utilizarea Automatelor Celulare (CA) în combinație cu algoritmi de învățare automată – a rețelelor neuronale artificiale (ANN) și a perceptronului multistrat (MLP), pentru a se determina, într-un mod dinamic, potențialul de tranziție al caracteristicilor geografice vizate, pe baza unui set de variabile spațiale definite de utilizator.

În situația de față, modelul ANN-CA a fost aplicat având ca principale date de intrare suprafețele construite delimitate pe baza imaginilor satelitare Landsat, aferente anului 2000 (momentul t_0), respectiv 2020 (momentul t_2). Prin implementarea modelului s-au realizat două scenarii de prognoză aferente anilor de referință 2025 (momentul $t_{2+0.5}$) și 2030 (momentul

t_{2+1}). În scopul validării modelului, s-a realizat și o variantă intermediară care a presupus realizarea unui scenariu de prognoză aferent anului 2020, folosind ca date de intrare suprafețele construite existente la nivelul anului 2000 (momentul t_0), respectiv cele din anul 2010 (momentul t_1), rezultatul fiind comparat cu situația reală aferentă anului 2020, obținându-se o acuratețe generală de 78.3% și o valoare de 0.88 a coeficientului Kappa.

Valorile obținute în procesul de validare pot fi considerate foarte bune, în special în contextul în care, în intervalul 2000 – 2010, rata de creștere a suprafețelor construite a fost considerabil mai scăzută în comparație cu intervalul 2010 – 2020, fapt imposibil de surprins în cadrul modelărilor predictive.

Expansiunea prognozată a suprafețelor construite pentru orizontul 2025-2030 își păstrează, în principal, trendul ascendent și rata multi-anuală de creștere, având o corelație foarte strânsă, în termeni absoluți, cu valorile medii ale creșterilor din intervalul 2000-2020 – situație explicabilă, bineînțeles, prin prisma faptului că scenariile de prognoză au fost generate pe baza tranzițiilor anterioare din intervalul specificat.

Modelarea, evaluarea și simularea predictivă a modificărilor teritoriale, prin analiza multi-temporală a tranzițiilor apărute în modul de utilizare și acoperire a terenurilor, se încadrează la nivelul 1 de abstractizare în ceea ce privește manifestarea spațială a dezvoltării teritoriale. Aceasta urmărește determinarea unei viziuni mai detaliate asupra dinamicii spațiale multi-temporale prin raportarea acestora la principalele clase de utilizare și acoperire a terenurilor în comparație cu simpla analiză, în formă generalizată, a relației dihotomice artificial (construit) - natural (neconstruit).

În această privință, prin intermediul clasificării imaginilor satelitare s-a urmărit obținerea straturilor tematice referitoare la situația (statusul) modului de acoperire / utilizare a terenurilor aferentă anului de referință vizat, pentru a putea fi ulterior utilizate în analiza, modelarea și predicția tranzițiilor dintre clase. Clasificarea imaginilor satelitare din baza de date s-a realizat prin intermediul a două abordări distincte. Prima abordare a presupus clasificarea supervizată orientată pe pixeli a imaginilor satelitare Landsat (algoritmul MLC), cu focalizare pe anii de referință de la începutul, respectiv finalul orizontului de timp analizat (2000 și 2020).

A doua abordare a vizat utilizarea metodelor și tehnicilor mai recente de clasificare orientată pe obiect (OBIA sau GEOBIA, realizată pe baza clasificatorului SVM – Support Vector Machine), prin segmentarea imaginilor satelitare de rezoluție înaltă RapidEye (2012, 2018) și PlanetScope (2020). Această operațiune a fost, de asemenea, axată în principal pe anii de referință de la începutul, respectiv finalul perioadei analizate, ținându-se cont, bineînțeles,

de disponibilitatea datelor (2012-2020). Având în vedere calitatea și rezoluția imaginilor satelitare utilizate, precum și metodele de clasificare utilizate, rezultatele obținute au fost considerabil mai bune în comparație cu imaginile satelitare Landsat, remarcându-se gradul de acuratețe și nivelul de detaliere superior.

Evaluarea acurateței clasificării reprezintă o etapă elementară în procedura de clasificare a imaginilor preluate prin teledetecție. În acest sens, acuratețea clasificărilor a fost evaluată prin intermediul metricelor de confuzie, pe baza unui eșantion de 1,000 puncte de validare pentru fiecare clasă evaluată. Rezultatele procedurii de evaluare a acurateței pentru toate imaginile satelitare analizate au generat rezultate foarte bune în ceea ce privește acuratețea generală, de peste 80%, în pofida faptului că în acest proces au fost înregistrate variații ale acurateței între clasele MUAT evaluate.

Este important de menționat faptul că, după cum era de așteptat, clasificarea orientată pe obiect (SVM) a returnat rezultate superioare din punct de vedere a acurateței în comparație cu tradiționala clasificare bazată pe pixeli (MLC). Putem remarca astfel că analiza orientată pe pixeli (MLC) se pretează mai bine la clasificarea imaginilor satelitare Landsat de rezoluție medie, pe când analiza orientată pe obiect este mai pretabilă la clasificarea imaginilor satelitare de rezoluție înaltă (RapidEye, PlanetScope), situație în care nivelul mai ridicat de detaliu al imaginilor permit distingerea texturilor și a formelor care, în combinație cu răspunsul spectral al suprafețelor, permit clasificări cu un grad foarte ridicat de acuratețe.

Analiza calitativă și cantitativă a modificărilor de la nivelul arealului studiat indică, în primul rând, o creștere considerabilă a suprafețelor construite (artificiale) în defavoarea celor semi-naturale, fapt evidențiat și explicat deja în analizele privind evaluarea expansiunii suprafețelor construite. În acest sens, pe fondul urbanizării din ultimii 20 de ani, s-a produs o tranziție exacerbată a suprafețelor semi-naturale și a terenurilor arabile în suprafețe construite.

După cum s-a remarcat în cadrul analizelor privind creșterea urbană, suprafața construită de la nivelul zonei metropolitane aproape s-a dublat în orizontul de timp analizat. În anul 2000, fondul construit reprezenta aproximativ 4.7% din totalul suprafețelor pe când în anul 2020, acesta a ajuns la impresionanta valoare de 8.2% din total. În ceea ce privește distribuția spațială a extinderilor, acestea au fost preponderent localizate în Culoarul Someșului Mic, pe axa de dezvoltare est-vest, dar și pe axa de dezvoltare nord-sud, în comunele din imediata vecinătate a municipiului Cluj-Napoca.

Pe fondul extinderilor suprafețelor construite, se observă un declin în ceea ce privește suprafețele aferente terenurilor arabile și celor semi-naturale, ponderea acestora din suprafața totală reducându-se cu 1.4%, respectiv 2%. Un aspect interesant care se poate observa în ceea

ce privește tranziția terenurilor arabile constă în faptul că, în ciuda reducerilor masive ale suprafețelor în favoarea spațiului construit care a avut loc în comunele din culoarul Someșului Mic, s-a produs și o creștere notabilă a acestora în unitățile administrativ-teritoriale cu terenuri fertile din al doilea inel al ZMC, în special în comunele din sud-estul și nord-estul teritoriului.

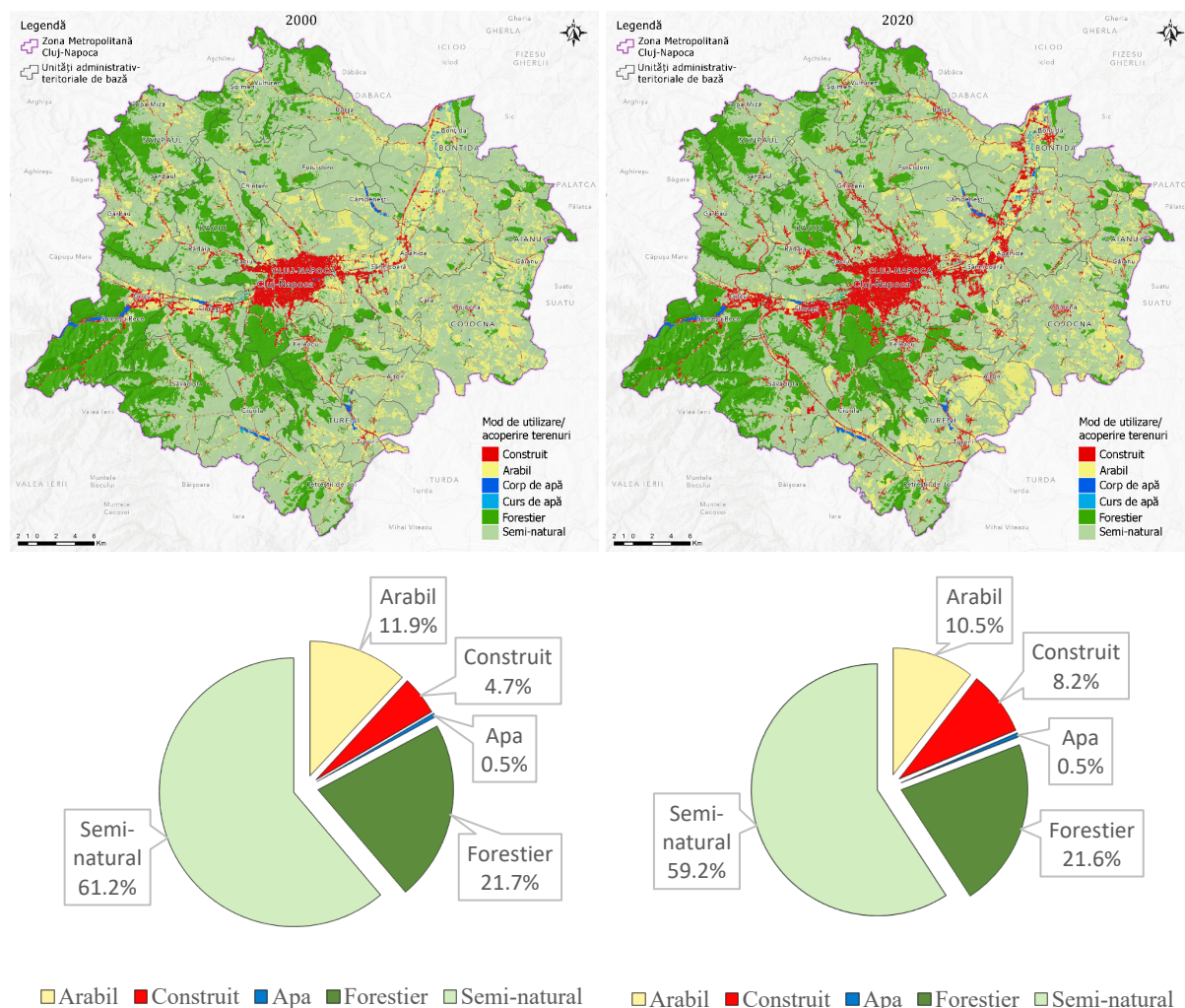


Figura 7. Distribuția spațială și structura claselor MUAT rezultate prin clasificarea imaginilor satelitare Landsat (2000-2020)

Evaluarea cantitativă și calitativă a modificărilor survenite în ultimii 15 ani în modul de utilizare și acoperire a terenurilor la nivelul ZUF Cluj-Napoca, realizată pe baza seturilor de date Copernicus-Urban Atlas, evidențiază, cu mici excepții, extinderile masive ale țesutului urban. Se observă faptul că aceste extinderi s-au realizat în principal prin „devorarea” terenurilor agricole și semi-naturale, în combinație cu o densificare a zonelor caracterizate prin țesuturi urbane cu densitate medie și scăzută.

În acord cu procedura de evaluare a schimbărilor apărute în modul de acoperire și utilizare a terenurilor, produse în urma dezvoltării teritoriale din ultimele două decenii (2000-2020), scenariile de prognoză pentru orizontul 2025-2030 au fost realizate, de asemenea, pe

baza a două abordări, folosindu-se aceleași două seturi de date finale. Astfel, s-au realizat scenarii de prognoză cu privire la potențialele modificări în modul de utilizare și acoperire a terenurilor, atât la nivelul zonei metropolitane – într-o manieră ceva mai generalizată, cât și la nivelul zonei urbane funcționale, într-o versiune mai detaliată.

Prima variantă, realizată la nivelul întregii ZMC, a presupus utilizarea ca date de intrare, a straturilor tematice obținute din clasificarea imaginilor satelitare Landsat (30 m), reprezentând situația MUAT din anul 2000 (moment t_0 – început perioadă), respectiv situația din anul 2020 (momentul t_2 – final perioadă).

A doua variantă, realizată la nivelul ZUF, a implicat utilizarea straturilor tematice reprezentând situația MUAT din intervalul 2005-2020, rezultate în urma conversiei datelor vectoriale din setul Copernicus-Urban Atlas în format raster cu o rezoluție spațială de 5 m. Astfel, s-au folosit, ca date de intrare principale, situația MUAT din anul 2005 (moment t_0 – început perioadă) și situația MUAT din anul 2020 (momentul t_2 – final perioadă). În cadrul ambelor abordări, pentru validarea modelului, s-au realizat mai întâi scenarii de testare pe baza straturilor tematice aferente situației MUAT la momente intermediare de timp (moment t_1 – perioadă intermediară), evaluate pe baza situației efective de la finalul perioadei, obținându-se, în ambele cazuri, valori de peste 80%-85% în ceea ce privește acuratețea generală, respectiv peste 0.85 în ceea ce privește valorile coeficientului Kappa.

În cele din urmă, prin implementarea modelului ANN-Markov, s-au realizat scenarii de prognoză aferente anilor de referință 2025 (momentul $t_{2+0.5}$) și 2030 (momentul t_{2+1}), respectându-se recomandarea conform căreia orizontul de prognoză trebuie să fie cel mult jumătate din ecartul temporal al datelor de intrare. Parametrii utilizați pentru determinarea potențialului de tranziție și modelarea spațială a tranzițiilor viitoare au vizat aspecte precum caracteristicile topografice ale terenurilor și raporturi de proximitate

Seleționarea acestora ca variabile cu relevanță considerabilă în cadrul modelului s-a realizat prin evaluarea corelațiilor spațiale folosind metoda Cramer V (coeficientului lui Cramer). Metoda a fost aplicată pentru evaluarea corelațiilor spațiale atât dintre parametri (fiecare cu fiecare), în vederea reducerii redundanței, cât și a acestora în raport cu tranzițiile teritoriale identificate.

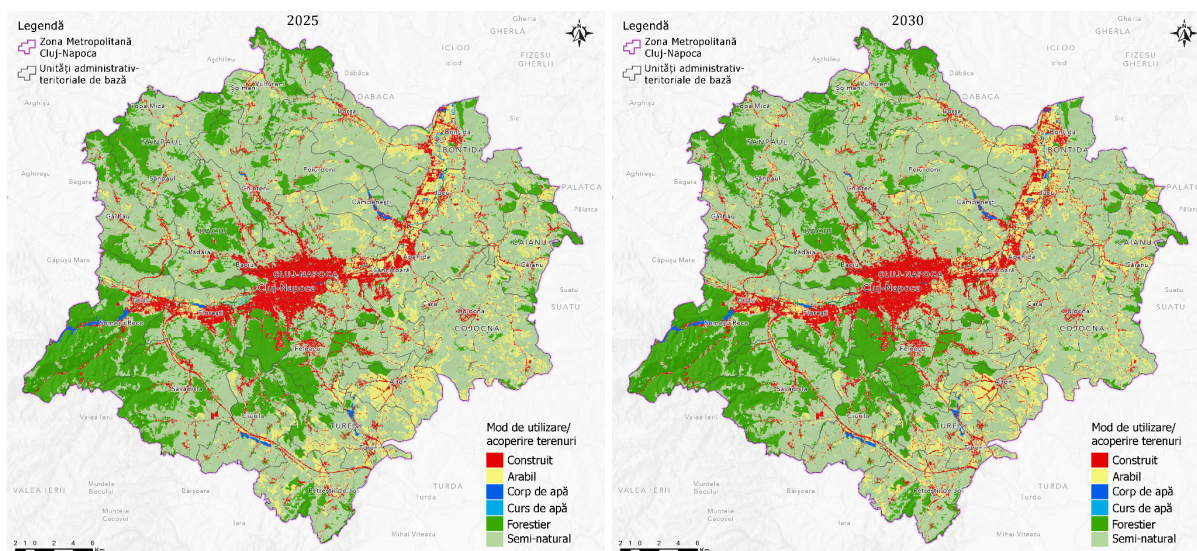


Figura 8. Rezultatele scenariilor de prognoză realizate la nivelul ZMC (2025-2030)

Interpretarea rezultatelor arată faptul că tendința de extindere a zonelor construite în defavoarea suprafețelor naturale se păstrează și în orizontul temporal prognozat, în special în unitățile aflate pe principala axă de dezvoltare a ZMC (est-vest), dar și în cele din proximitatea municipiului, pe axa de dezvoltare secundară (nord-sud). De asemenea, se poate observa impactul crescut pe care îl are accesibilitatea cuplată cu disponibilitatea terenurilor asupra dezvoltărilor viitoare – mare parte din extinderile prognozate ale suprafețelor construite fiind concentrate în lungul arterelor rutiere, de la centru spre periferie.

Rezultatele scenariilor de prognoză ne indică astfel o potențială continuare, respectiv accentuare a presiunii generate de extinderile suprafețelor construite asupra spațiilor naturale, în special pe axa principală de dezvoltare. În cadrul municipiului Cluj-Napoca, cele mai semnificative extinderi prognozate ale spațiilor construite se întâlnesc preponderent în zona Bulevardului Muncii și a aeroportului, respectiv în zona Sopor și Borhanci. În ceea ce privește teritoriul rural, comunele Apahida și Florești prezintă cele mai importante potențiale extinderi ale suprafețelor construite în defavoarea terenurilor arabile și a celor semi-naturale (pajiști, pășuni etc.). O mare parte din această nouă dezvoltare este prognozată în zonele cu pretabilitate crescută și terenuri încă disponibile – mai exact, terenurile cvasipane din localitatea Luna de Sus, dar și cele din proximitatea centurii de nord, respectiv cele din proximitatea localităților Sânnicoara, Sub-Coastă, Dezmir, Apahida.

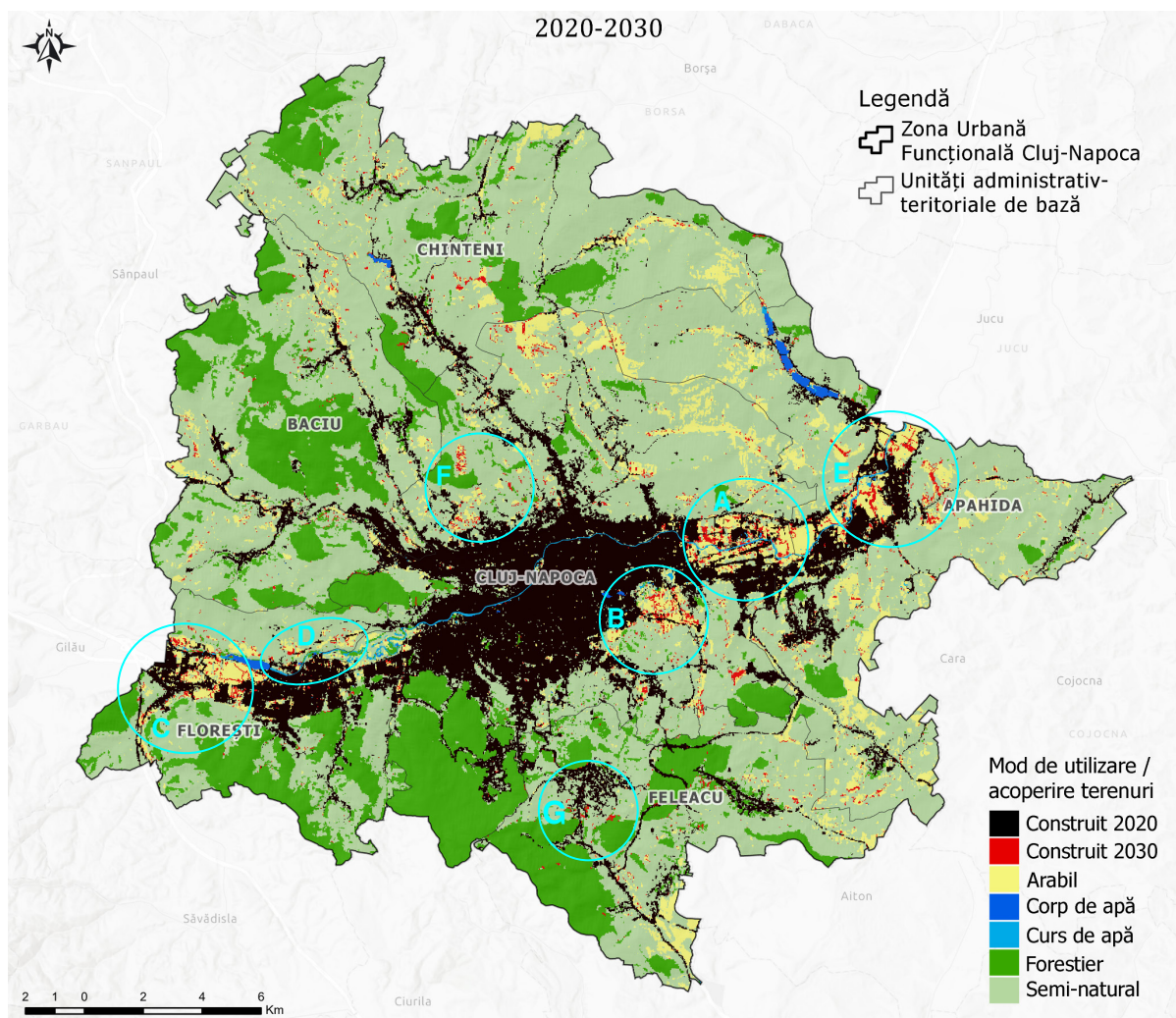


Figura 9. Scenariu de prognoză aferent anului de referință 2030 la nivelul ZUF Cluj-Napoca

Determinarea pretabilității terenurilor la nivelul întregii zone metropolitane s-a realizat prin implementarea unor metodologii relativ complexe, care implică o cantitate impresionantă de date și o varietate de analize spațiale, realizate în mediul GIS, la un nivel de detaliu foarte ridicat. Practic, o astfel de abordare permite determinarea potențialului de dezvoltare a terenurilor într-un mod sintetic, la nivel de parcelă sau grupare de parcele.

În ceea ce privește potențialul de dezvoltare, acesta a fost analizat prin prisma funcțiunilor pe care terenurile individuale le pot asuma, de exemplu: funcțiuni rezidențiale, mixte, industriale, comerciale etc. Pentru fiecare dintre aceste funcțiuni sau, cu alte cuvinte, tipuri de dezvoltare, s-a propus un model de evaluare multicriterial care integrează un număr variabil de parametri, considerați relevanți, printre care: gradul de accesibilitate și conectare în teritoriu, gradul de accesibilitate la infrastructurile tehnice, distribuția spațială a terenurilor în raport cu zonele centrale, mărimea și forma parcelelor etc.

Implementarea unor astfel de modele multicriteriale, capabile să integreze și să analizeze într-un mod obiectiv cantități mari de date în funcție de criteriile definite, poate să

ofere suportul necesar în luarea unor decizii mai bine informate. Rezultatele trebuie văzute ca un instrument care necesită interpretare și, evident, acestea nu trebuie considerate ca fiind singurul factor determinant al viziunii de dezvoltare.

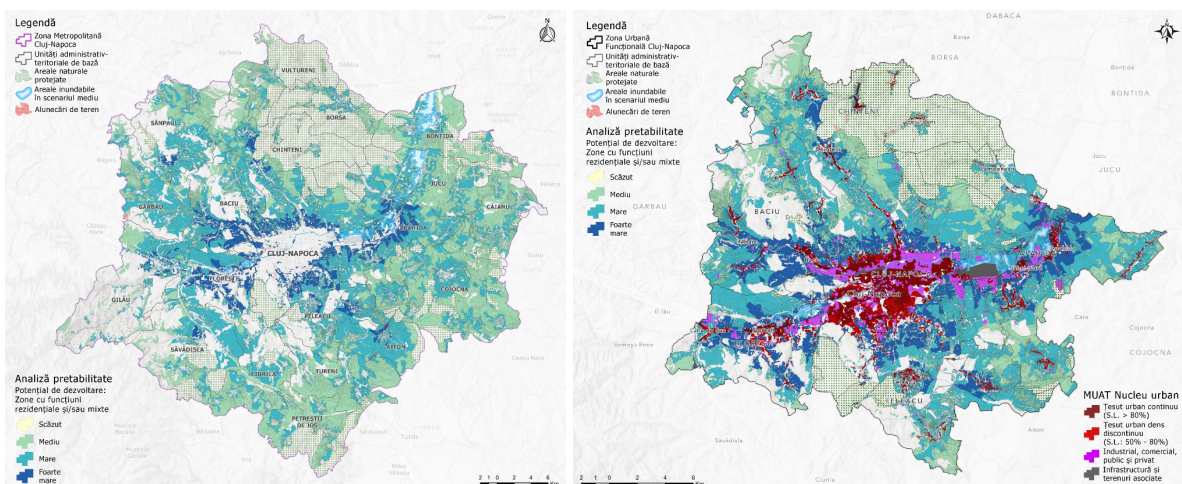


Figura 10. Potențialul de dezvoltare al terenurilor pentru zone cu funcțiuni rezidențiale și/sau mixte la nivelul ZMC și ZUF

Rezultatele arată că *pretabilitatea pentru funcțiuni rezidențiale și/sau mixte* crește în principal din zonele centrale spre periferii, pe traseul principalelor coridoare de transport. Așadar, terenurile cu potențial de dezvoltare mare și foarte mare sunt preponderent concentrate în zonele cu accesibilitate crescută, adică, în mare măsură, terenurile din imediata proximitate a rețelei de transport rutier. De asemenea, poate fi observată o clusterizare importantă de terenuri cu potențial mare și foarte mare pentru acest tip de dezvoltare pe o rază de aproximativ 15-20 km în jurul municipiului Cluj-Napoca, mai exact în izocrona de 30 de minute privind accesibilitatea rutieră.

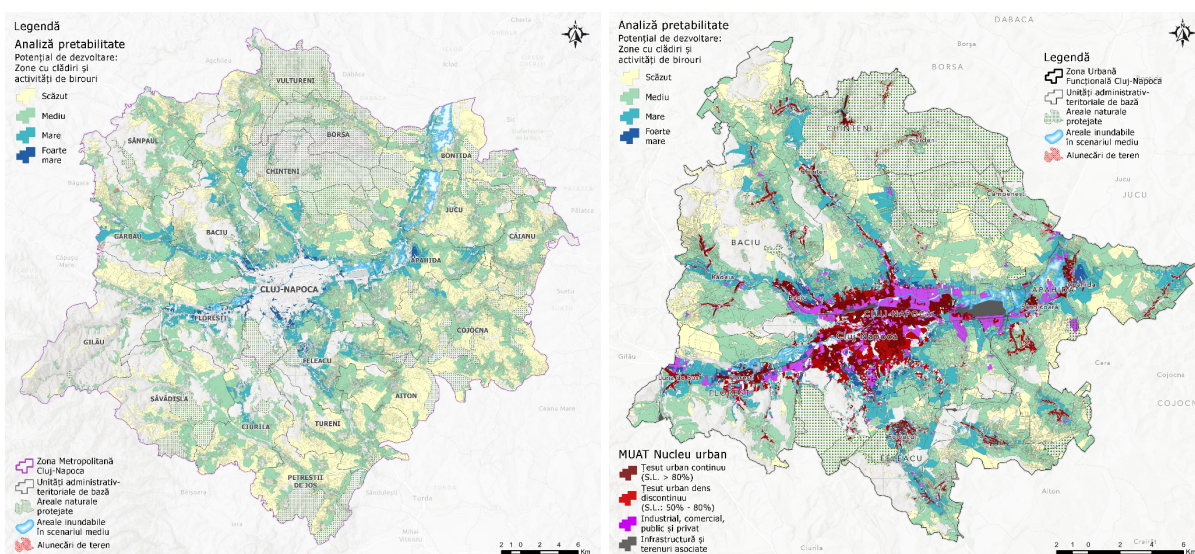


Figura 11. Potențialul de dezvoltare al terenurilor pentru zone cu clădiri și activități de birouri, la nivelul ZMC și ZUF Cluj-Napoca.

În cadrul teritoriului analizat, *terenurile cu potențial ridicat și foarte ridicat pentru clădiri și spații de birouri* se întâlnesc mai ales în zonele needificate din municipiul Cluj-Napoca și în localitățile din imediata proximitate a acestuia, localizate în lungul celor două axe de dezvoltare (est-vest și nord-sud). Potențialul pentru acest tip de dezvoltare este pus în evidență prin faptul că terenurile susceptibile se caracterizează prin concentrări importante ale populației și ale activităților economice, criterii care de altfel au fost incluse în metodologie. De asemenea, conform criteriilor utilizate, terenurile cu pretabilitate crescută sunt concentrate în zonele cu accesibilitate foarte bună atât din punct de vedere al proximității față de rețeaua rutieră de transport, cât și față de transportul public.

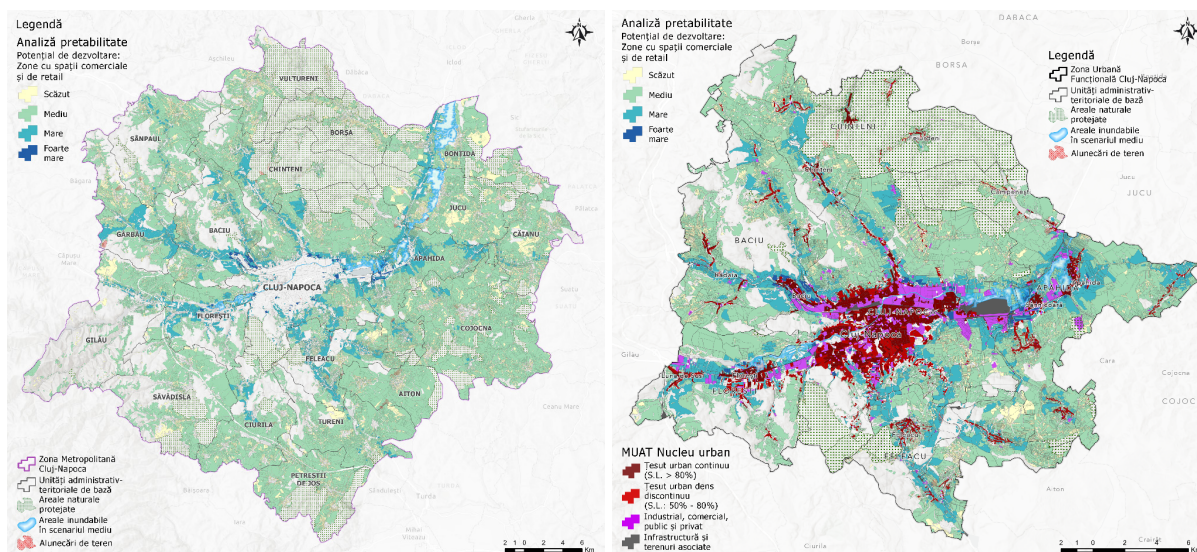


Figura 12. *Potențialul de dezvoltare al terenurilor pentru zone cu spații comerciale și de retail la nivelul ZMC și ZUF Cluj-Napoca*

Analiza pretabilității terenurilor pentru zone cu spații comerciale și de retail prezintă un potențial mai pronunțat în jurul municipiului Cluj-Napoca, cu o concentrare mai puternică în zonele centrale ale localităților de pe principalele axe de dezvoltare ale ZMC. În general, spațiile comerciale și de retail se localizează în zone cu populație densă și cu vad comercial. Nu este de mirare faptul că, la o simplă corelare a rezultatelor cu venitul local brut per capita, se observă o concentrare mai mare a terenurilor cu pretabilitate ridicată în localitățile cu venituri medii spre mari (Baciu, Feleacu, Florești) și mari (Apahida, Jucu), gravitând în jurul municipiului Cluj-Napoca, unde se înregistrează venituri foarte mari.

O concentrare ridicată a zonelor cu *pretabilitate mare și foarte mare pentru activități industriale, logistice și de depozitare* se întâlnește în zonele din imediata proximitate a municipiului Cluj-Napoca, cu precădere în zonele din nord-estul și sud-estul teritoriului. Numeroase dintre aceste zone sunt deja cunoscute și consacrate pentru potențialul industrial-logistic, fapt validat de localizarea a numeroase platforme industriale, logistice și de depozitare

(de exemplu, unitățile din partea de nord-est a municipiului, mai exact zona Bulevardului Muncii și din proximitatea aeroportului, unitățile din Apahida – în special cele din zona Sânnicoara, respectiv cele din zona localităților Feleacu-Tureni). De asemenea, un grad ridicat al pretabilității terenurilor pentru acest tip de dezvoltare se poate observa și în zonele din proximitatea vestică a municipiului, conturate în jurul localităților Florești-Luna de Sus-Gilău și Baci, cu acces la principalele artere de transport rutier (DN1-E60, A3, DN1F-E81).

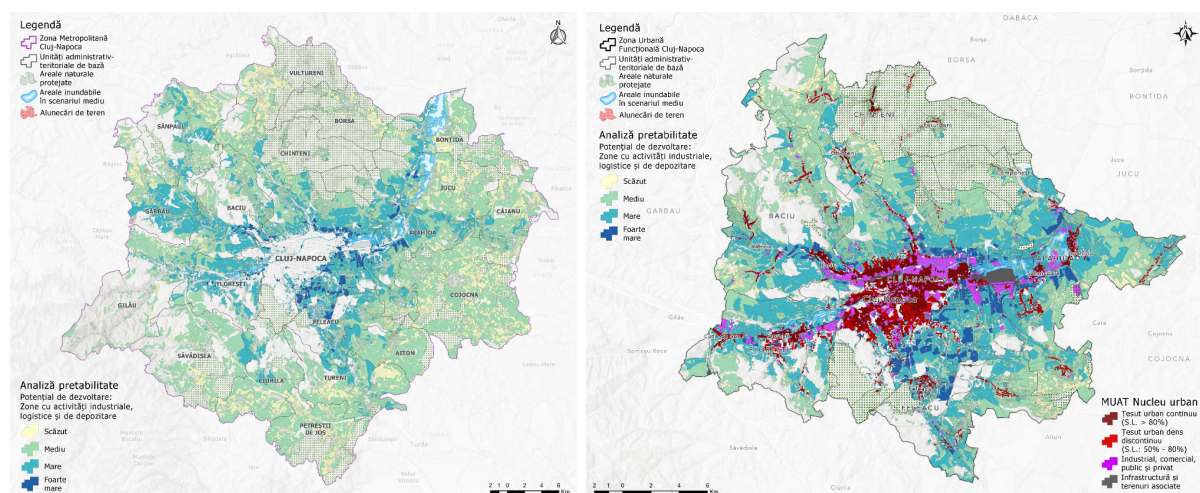


Figura 13. Potențialul de dezvoltare al terenurilor pentru zone cu activități industriale, logistice și de depozitare la nivelul ZMC și ZUF

În încheierea capitolului aferent rezultatelor, se consideră demn de menționat și faptul că metodologiile tratate în această teză au fost aplicate și validate cu succes și în practica profesională. Pentru a demonstra acest aspect au fost alese și prezentate două proiecte care au avut ca areale de referință două zone urbane funcționale din Europa: Rzeszów, din Polonia, și Brno, din Cehia – acestea fiind comparabile cu arealul studiat în prezenta teză din punct de vedere al contextului teritorial, a rangului în sistemele regionale europene, precum și în multe alte privințe. De asemenea, este important de precizat că proiectele menționate au fost realizate în contextul colaborărilor pe care autorul le-a întreprins cu specialiștii în dezvoltare urbană ai Băncii Mondiale, iar rezultatele obținute în cadrul acestora au fost folosite pentru a fundamenta politicile și strategiile de dezvoltare teritorială a regiunilor în cauză.

CAPITOLUL 5 – ASPECTE FINALE

Pentru o gestiune pro-activă a provocărilor cauzate de dinamica fără precedent a dezvoltării teritoriale din ultimele decenii, sistemele informaționale geografice și tehnologiile de teledetecție sunt utilizate tot mai frecvent ca instrumente de analiză, evaluare și prognoză a dezvoltării teritoriale. Experiența ne arată ca acestea sunt deosebit de utile și sunt capabile să informeze factorii decidenți și specialiștii din domeniul planificării teritoriale și să

fundamenteze soluții optimale de intervenție pentru prevenirea efectelor negative generate de fenomenele menționate.

Așa cum reiese încă din titlu, scopul principal al acestei teze a fost acela de a investiga și demonstra modul în care sistemele informaționale geografice și datele geospațiale, în special cele preluate prin teledetecție, pot fi implementate și utilizate în analiza, evaluarea și prognoza dezvoltării teritoriale.

Cercetarea s-a axat pe câteva aspecte esențiale care surprind evoluția, stadiul actual, precum și posibile direcții viitoare de dezvoltare ale arealului studiat. Cele mai importante dintre acestea au constat în: analiza și evaluarea dinamicii creșterii urbane; determinarea și evaluarea modificărilor produse în modul de acoperire și utilizare a terenurilor; realizarea unor scenarii de prognoză și analiza pretabilității terenurilor în vederea evaluării potențialului de dezvoltare al acestora pentru diferite funcțiuni.

Rezultatele cercetării demonstrează eficacitatea și utilitatea metodologiilor abordate, în demersul de față, în procesul de evaluare multi-temporală a dinamicii dezvoltării teritoriale. Tehnologia GIS oferă un spectru larg de instrumente, deosebit de puternice și capabile în ceea ce privește analiza și prognoza proceselor teritoriale, care permite geografilor și specialiștilor din diferite domenii să modeleze și să înțeleagă mai bine complexitatea dezvoltării teritoriale.

Aplicarea modelelor distribuite spațial, precum ANN-CA și Markov pentru determinarea potențialului de tranziție și realizarea unor scenarii de prognoză privind modificările teritoriale viitoare poate contribui la anticiparea tendințelor și informarea deciziilor de politică, respectiv a reglementărilor urbanistice. Aceste modele deosebit de complexe pot fi utilizate pentru a simula scenarii ale viitoarelor tipare de urbanizare și pentru a oferi informații despre impactul potențial al schimbărilor asupra mediului și societății.

Implementarea modelelor de evaluare multicriterială pentru analiza pretabilității terenurilor oferă o abordare sistematică, dar, în același timp, flexibilă care permite, pe de o parte, determinarea zonelor cu potențial ridicat de dezvoltare pentru anumite funcțiuni specifice, iar pe de altă parte, identificarea zonelor incompatibile sau cu restricții pentru anumite tipuri de dezvoltare.

În plus, este important de menționat faptul că impactul acestei cercetări transcend limitele mediului academic. Metodologiile prezentate și utilizate în acest studiu au fost implementate cu succes în numeroase proiecte ale Băncii Mondiale, atât la nivel național, cât și internațional, demonstrând aplicabilitatea lor practică în contextul provocărilor din lumea reală.

După cum deja a fost precizat în preambulul acestui demers, *obiectivul general* al lucrării a constat în *investigarea, determinarea și aplicarea celor mai adecvate metode și practici de implementare a tehnologiei GIS și teledetecției în procesul elaborării analizelor și prognozelor ce stau la baza fundamentării strategiilor și deciziilor de dezvoltare teritorială*.

În vederea realizării respectivului obiectiv ne-am propus, desigur după *indispensabila fundamentare teoretică a unui referențial conceptual adecvat*, să elaborăm o metodologie de lucru cu o logică intrinsecă menită să asigure satisfacerea progresivă a obiectivelor subsidiare temei principale, concomitent cu creșterea gradului de complexitate a analizelor și implicit a relevanței lor din perspectiva necesităților predictive. Cu alte cuvinte, *am vizat structurarea unui anumit algoritm optimal de urmat (ca ipoteză de lucru)* și, în cele ce urmează, ne propunem să redăm sintetic atât principalele sale etape cu elementele corespunzătoare de conținut, cât și rezultatele cele mai relevante insistând, cu predilecție, asupra acelor ce conferă originalitate și valoare științifică studiului de față.

Astfel, un prim pas important a fost întreprins în direcția *perfecționării metodologiei pentru delimitarea relativ rapidă, cu acuratețe cât mai ridicată, a zonelor construite*, pe baza imaginilor satelitare Landsat.

Metodologia propusă în acest studiu a dat rezultate excelente, fapt demonstrat prin valorile foarte bune obținute în cadrul proceselor de validare și evaluare a acurateței delimitărilor. Aceasta a presupus utilizarea unui spectru larg de metode calitative și cantitative ce au permis obținerea unor valori de peste 85% în ceea ce privește acuratețea generală a modelului, pentru fiecare imagine analizată și pentru fiecare metodă utilizată.

De asemenea, pe lângă valorile relativ bune în ceea ce privește evaluarea cantitativă prin raportare la ariile efective ale suprafețelor construite delimitate, s-au obținut valori de peste 90% în procesul de validare a rezultatelor ce surprind rata de creștere a suprafețelor construite. Acest nivel ridicat de acuratețe atestă faptul că rezultatele obținute pe baza metodologiei sunt de încredere și pot fi mai departe utilizate pentru analiza și evaluarea dinamicii suprafețelor construite dintr-o perspectivă multi-temporală.

Rezultatele obținute pun în evidență fără echivoc faptul că printr-o astfel de metodologie, bazată pe o gândire „out of the box” (în afara cutiei) și pe o abordare „via negativa”, este posibilă *delimitarea și cartografierea cu acuratețe a zonelor construite prin metode mai puțin tradiționale*. Cu alte cuvinte, exploatarea imaginilor satelitare, în scopul delimitării suprafețelor specifice mediului construit, se poate realiza și prin eliminarea tuturor caracteristicilor geografice nedorite, determinate pe baza unor indici spectrali, precum cei de diferențiere a vegetației, a apelor sau a terenurilor cu sol dezgolit.

Un alt obiectiv important al cercetării, îndeplinit cu succes, a presupus *evaluarea multi-temporală a modificărilor spațiale profilate în procesul dezvoltării teritoriale a ZMC, pe parcursul ultimelor două decenii (2000-2020) și realizarea unor scenarii de prognoză pentru orizontul 2025-2030.*

Metodologiile utilizate în scopul determinării și cartografierii principalelor clase reprezentând modurile de utilizare și acoperire a terenurilor, pentru fiecare moment de referință vizat, au presupus, pe de o parte, clasificarea imaginilor satelitare, iar pe de altă parte, utilizarea bazelor de date geospațiale disponibile.

Evaluarea acurateței a demonstrat că o abordare bazată pe pixeli este mai pretabilă imaginilor satelitare de rezoluție medie, pe când, abordarea bazată pe obiecte se potrivește mai bine imaginilor cu rezoluție înaltă. Studiul a evidențiat și faptul că imaginile satelitare de înaltă rezoluție RapidEye și PlanetScope au oferit rezultate cu o acuratețe semnificativ mai mare în comparație cu imaginile satelitare Landsat de rezoluție medie. Totuși, în ceea ce privește disponibilitatea temporală, aceasta este mult redusă în cazul imaginilor satelitare de rezoluție înaltă, aspect care exprimă concludent avantajul imaginilor satelitare Landsat, de rezoluție medie, în contextul unor studii multi-temporale într-un orizont de timp mai larg.

Seturile de date reprezentând principalele moduri de utilizare și acoperire a terenurilor obținute prin clasificarea imaginilor, precum și rezultatele aferente metodologiei de delimitare a suprafețelor construite au fost analizate pe serii de timp prin metode și tehnici de detectare a schimbărilor, respectiv comparare post-clasificare, cu scopul de a evalua calitativ și, mai ales, cantitativ dinamica multi-temporală a dezvoltării teritoriale.

În contextul în care predicția tendințelor viitoare și a impactului potențial al urbanizării constituie un aspect esențial al analizei dezvoltării teritoriale, se impune a sublinia și aspectul că seturile de date menționate au fost integrate în *modele distribuite spațial, precum ANN-CA și Markov, în vederea realizării scenariilor de prognoză.* Aceste modele deosebit de complexe pot fi utilizate pentru a simula scenarii ale viitoarelor tipare de urbanizare și pentru a oferi informații despre impactul potențial al schimbărilor asupra mediului și societății.

Extrem de concludente și, evident, *cu caracter de noutate sunt și rezultatele cantitative referitoare la transformările de substanță înregistrate la nivelul unității teritoriale ce constituie subiectul prezentului studiu de caz.* Zona metropolitană Cluj-Napoca a suferit schimbări majore, într-un ritm fără precedent în ultimii 20 de ani. Analiza și evaluarea dinamicii dezvoltării teritoriale a arătat că suprafețele construite de la nivelul ZMC s-au dublat în ultimii 20 de ani, înregistrându-se o rată multi-anuală de creștere de peste 115%. Acest lucru indică faptul că a existat o urbanizare exacerbată în această perioadă, iar analiza indicatorilor

socio-economi arată o corelare puternică a dezvoltării teritoriale cu o creștere masivă a numărului de locuitori, dar și a productivității economice. Mai mult decât atât, analiza modificărilor transpuse în modul de utilizare și acoperire a terenurilor indică faptul că expansiunea masivă a suprafețelor construite s-a realizat preponderent în detrimentul terenurilor agricole (arabile îndeosebi) și a celor naturale.

Cele mai mari creșteri au fost constatate în comunele rurale de pe principalele axe de dezvoltare (est-vest și nord-sud), din imediata vecinătate a nucleului urban – mai exact în zona urbană funcțională a municipiului Cluj-Napoca. În condițiile în care o mare parte din această creștere s-a realizat într-un mod hazardat și neplanificat (urban sprawl), de-a lungul timpului au apărut și numeroase externalități negative, cum ar fi prezența unor tipare de dezvoltare haotică, congestie, poluare, creșterea prețurilor și a costului vieții, respectiv a cererii de servicii publice.

Scenariile de prognoză elaborate pentru anii 2025 și 2030 cu ajutorul modelelor ANN-CA și Markov sugerează că tendințele actuale se vor menține cel mai probabil și în viitor, fapt care ar putea accentua efectele nefaste actuale, ba chiar ar putea genera o serie nouă de implicații negative în ceea ce privește condițiile socio-economice și de mediu, contracarând premisele unei dezvoltări durabile. În plus, pe lângă menținerea tendințelor la nivel general, unele areale din cadrul ZMC prezintă un potențial de tranziție considerabil accentuat, determinat pe fondul disponibilității terenurilor pretabile și a creșterii cererii de pe piața imobiliară. Aceste previziuni sugerează că este nevoie de acțiuni urgente pentru a adopta politici și reglementări care să orienteze dezvoltarea într-un mod durabil și responsabil pentru a minimiza impactul negativ al unei urbanizări haotice și neplanificate. Apreciem că rezultatele obținute cu privire la dinamica spațio-temporală a ZMC vor constitui o arhivă prețioasă și, implicit, un important reper în abordările viitoare consacrate acestei problematice care, inerent, va rămâne de actualitate și în viitor.

Din aspectele subliniate mai sus se desprinde și ideea că analiza și prognoza urbanizării prin implementarea sistemelor informaționale geografice și a tehnologiilor de teledetecție, reprezintă o componentă crucială a analizei dezvoltării teritoriale. Aceste metode și instrumentele corespunzătoare furnizează o perspectivă amplă și profundă asupra tiparelor de creștere urbană, semnificațiilor modificărilor teritoriale și impactului potențial al acestor procese asupra mediului și societății. Aspectele menționate ne îndreptățesc să apreciem că prin această cercetare am reușit să aducem contribuții științifice meritorii în domeniu care se racordează pe deplin cu alte abordări de profil (mai mult sau mai puțin apropiate prin tematică), și aduc chiar o plusvaloare semnificativă dacă ne referim la *încercarea de a dezvolta noi*

instrumente practice pentru analiza, prognoza, managementul și planificarea dezvoltării spațiale.

Apreciem, deopotrivă, că prezenta lucrare conține contribuții personale consistente, inedite și relevante pentru progresul cunoașterii în domeniul dezvoltării teritoriale și prin analizele de pretabilitate a terenurilor pe care le conține, analize ce pot fundamenta procesul de luare a deciziilor în contextul planificării teritoriale.

În plus, este important să se identifice cât mai precis zonele incompatibile sau cele cu restricții pentru un anumit tip de dezvoltare și, în egală măsură, să se realizeze identificarea zonelor pretabile și bine deservite din punct de vedere al infrastructurilor tehnice, făcându-se astfel posibilă o concentrare a eforturilor de implementare în acele zone care sunt cu adevărat favorabile. Astfel, *analiza multicriterială a pretabilității terenurilor pentru diferite tipuri de dezvoltare*, se constituie ca un instrument de mare utilitate atât pentru planificarea rațională și eficientă a dezvoltării - oferind suport în procesul de luare a deciziilor, cât și pentru atragerea și direcționarea investițiilor. Importanța crescută a acestor tipuri de analize multicriteriale și utilitatea lor în procesul de planificare teritorială și dezvoltare locală este cât se poate de evidentă, cu atât mai mult cu cât presiunea asupra spațiului natural este tot mai mare în prezent și deseori procesele de dezvoltare comportă un caracter haotic.

Caracterul inovator al metodologiei create pentru analizele de pretabilitate este demonstrat prin cel puțin următoarele particularități: volumul mare de date integrate, nivelul de granularitate al datelor și analizelor, combinațiile unice ale variabilelor, flexibilitatea și adaptabilitatea metodologică, scalabilitatea, complexitatea și caracterul inter-, multi-, și trans- disciplinar. Importanța și utilitatea practică a unui astfel de model de analiză poate fi demonstrată și prin prisma *implementării metodologiei utilizată și în abordarea de față în numeroase proiecte realizate sub egida Băncii Mondiale, la nivel european.*

În concluzie, rezultatele obținute în cadrul acestei cercetări demonstrează fără echivoc faptul că sistemele informaționale geografice și teledetecția oferă un spectru larg de instrumente deosebit de capabile și extrem de utile care pot să ofere perspective valoroase asupra dezvoltării teritoriale, din trecut, până în prezent, cu deschidere spre viitor.

BIBLIOGRAFIE

- Alberti M (1996) Measuring urban sustainability. *Environmental Impact Assessment Review* 16(4-6): 381-424.
- Alberti, M. (2008). *Advances in urban ecology: integrating humans and ecological processes in urban ecosystems.*
- Allen, P. M. (1997b). *Cities and Regions as Self-organising Systems: Models of Complexity*, (Gordon & Breach, New York).

- Aneesha, S.B. and Pratap, D. (2020) Future Land Use Land Cover Scenario Simulation Using Open Source GIS for the City of Warangal, Telangana, India. *Applied Geomatics*
- Avalos, A., Vilchez, F.F., Oyolsi, N. and Flores, S.M.L.M. (2018) Analysis of the Land Use and Cover Changes in the Metropolitan Area of Tepic-Xalisco (1973-2015) through Landsat Images. *Sustainability*, 10, 1860. <https://doi.org/10.3390/su10061860>
- Bagheri B., Tousi S.N., (2017). An explanation of urban sprawl phenomenon in Shiraz Metropolitan Area (SMA), *Cities*, DOI: 10.1016/j.cities.2017.10.011
- Ban, Y., & Jacob, A. (2013). Object-based fusion of multitemporal multiangle ENVISAT ASAR and HJ-1B multispectral data for urban land-cover mapping. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 51(4), 1998-2006.
- Banai, R., & DePriest, T. (2014). Urban sprawl: Definitions, data, methods of measurement, and environmental consequences. *Journal of Sustainability Education*, 7(2), 1-15.
- Banai, R., & Wakolbinger, T. (2011). A measure of regional influence with the analytic network process. *Socio-Economic Planning Sciences*, 45(4), 165-173.
- Barnsley, M. J., & Barr, S. L. (2000). Monitoring urban land use by earth observation. *Surveys in Geophysics*, 21(2-3), 269-289.
- Basawaraja, R., Chari, K. B., Mise, S. R., & Chetti, S. B. (2011). Analysis of the impact of urban sprawl in altering the land-use, land-cover pattern of Raichur City, India, using geospatial technologies. *Journal of Geography and Regional Planning*, 4(8), 455.
- Batty, M. (2007). *Cities and complexity: understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals*. The MIT press.
- Batty, M. (2009). Urban modelling. In: Kitchin, R., & Thrift, N. (Eds.): *International Encyclopedia of Human Geography*. Elsevier Science, London: 51-58.
- Batty, M. (2016). Complexity in city systems: Understanding, evolution, and design. In *A planner's encounter with complexity* (pp. 99-122). Routledge.
- Batty, M., & Howes, D. (2001). Predicting temporal patterns in urban development from remote imagery.
- Batty, M., & Longley, P. (1994). *Fractal Cities: a Geometry of Form and Function*, (Academic Press, San Diego).
- Batty, M., Besussi, E., Maat, K., & Harts, J. J. (2004). Representing multifunctional cities: density and diversity in space and time. *Built Environment*, 30(4), 324-337.
- Bekalo, M. T. (2009). Spatial metrics and Landsat data for urban landuse change detection: case of Addis Ababa, Ethiopia (Doctoral dissertation).
- Benedek József și colab. (2019), *Studiu de fundamentare privind definirea zonelor periurbane din județul Cluj*, Presa Universitară Clujeană.
- Benedek, J., & Cristea, M. (2014). Growth pole development and “metropolization” in post-socialist Romania. *Studia UBB Geographia*, 59(2), 125-38.
- Benguigui, L., Czamanski, D., & Marinov, M. (2001a). City growth as a leap-frogging process: an application to the Tel-Aviv metropolis. *Urban studies*, 38(10), 1819-1839.
- Benguigui, L., Czamanski, D., Marinov, M. (2001b). The dynamics of urban morphology: the case of Petah Tikvah. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28, 447-460.
- Berkowitz, A. R., Nilon, C. H., Hollweg, K. S., Nilon, C. H., Berkowitz, A. R., & Hollweg, K. S. (2003). Introduction: ecosystem understanding is a key to understanding cities. *Understanding urban ecosystems: A new frontier for science and education*, 1-13.

- Berry, B. J. (1964). Cities as systems within systems of cities. *Papers in regional science*, 13(1), 147-163.
- Bhatta, B. (2010). *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bilal S., Díaz P.oH. (2015). Territorial development. Volume 4, Issue 4, ECDPM. <https://ecdpm.org/work/territorial-development-volume-4-issue-4-june-july-2015>
- Bilașco, Ș., & Haidu, I. (2006). Utilizarea SIG pentru estimarea riscului de viitura în funcție de permeabilitatea solului. *Analele Științifice ale Universității "Al. I. Cuza" din Iași. Serie Nouă. Geografie*, (12), 77-84.
- Bilașco, Ș., Hognogi, G. G., Roșca, S., Pop, A. M., Iuliu, V., Fodorean, I., ... & Sestras, P. (2022). Flash Flood Risk Assessment and Mitigation in Digital-Era Governance Using Unmanned Aerial Vehicle and GIS Spatial Analyses Case Study: Small River Basins. *Remote Sensing*, 14(10), 2481.
- Bilașco, Ș., Roșca, S., Păcurar, I., Moldovan, N., Vescan, I., Fodorean, I., & Petrea, D. (2018). Roads Accessibility To Agricultural Crops Using Gis Technology. *Methodological Approach. Geographia Technica*, 13(2).
- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 65(1), 2-16.
- Bosker, M., Park, J., & Roberts, M. (2021). Definition matters. Metropolitan areas and agglomeration economies in a large-developing country. *Journal of Urban Economics*, 125, 103275.
- Bourne, L. S. (2001). The urban sprawl debate: myths, realities and hidden agendas. *Plan Canada* 41(4):26–28.
- Bretagnolle A., Giraud T., Mathian H. (2008), Measuring urbanization in United States, from the first trading post to the Metropolitan Areas (1790-2000). *Cybergeo*, 427, <http://cybergeo.revues.org/index19683.html>
- Briassoulis, H. (2009). Factors influencing land-use and land-cover change. *Land cover, land use and the global change, encyclopaedia of life support systems (EOLSS)*, 1, 126-146.
- Brueckner, J. K. (2000). Urban sprawl: Diagnosis and remedies. *International regional science review*, 23(2), 160-171.
- Brundtland, G.H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Geneva, UN-Dokument A/42/427.
- Bugliarello, G. (2003). Large urban concentrations: A new phenomenon. *Earth science in the city: A reader*, 56, 7-19.
- Bürgi, M., Hersperger, A. M., & Schneeberger, N. (2005). Driving forces of landscape change-current and new directions. *Landscape ecology*, 19, 857-868.
- Burkett, V. R., Suarez, A. G., Bindi, M., Conde, C., Mukerji, R., Prather, M. J., ... & Yohe, G. W. (2014). Point of departure. *Climate change*, 169-194.
- Buyantuyev, A., Wu, J., & Gries, C. (2010). Multiscale analysis of the urbanization pattern of the Phoenix metropolitan landscape of USA: Time, space and thematic resolution. *Landscape and Urban Planning*, 94(3–4), 206-217. doi: 10.1016/j.landurbplan.2009.10.005
- Camagni, R., Gibelli, M. C., & Rigamonti, P. (2002). Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological economics*, 40(2), 199-216.
- Campbell, S. (1996). Green cities, growing cities, just cities?: Urban planning and the contradictions of sustainable development. *Journal of the American Planning Association*, 62(3), 296-312.

- Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment*, 113(5), 893-903.
- Chavez, P. S. (1996). Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 62(9), 1025-1035.
- Chen, G., Weng, Q., Hay, G. J., & He, Y. (2018). Geographic object-based image analysis (GEOBIA): Emerging trends and future opportunities. *GIScience & Remote Sensing*, 55(2), 159-182.
- Chen, Z., Huang, M., Zhu, D., & Altan, O. (2021). Integrating remote sensing and a markov-FLUS model to simulate future land use changes in Hokkaido, Japan. *Remote Sensing*, 13(13), 2621.
- Cheng J., (2003), „Modelling Spatial and Temporal Urban Growth” Doctoral Dissertation, Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University, Utrecht, Netherlands.
- Cheng, L., Sun, H., Zhang, Y., & Zhen, S. (2019). Spatial structure optimization of mountainous abandoned mine land reuse based on system dynamics model and CLUE-S model. *International Journal of Coal Science & Technology*, 6, 113-126.
- Cihlar, J. (2000). Land cover mapping of large areas from satellites: status and research priorities. *International journal of remote sensing*, 21(6-7), 1093-1114.
- Civco, D. L., Hurd, J. D., Wilson, E. H., Song, M., & Zhang, Z. (2002, April). A comparison of land use and land cover change detection methods. In *ASPRS-ACSM Annual Conference* (Vol. 21, pp. 18-33).
- Clarke, K. C. (2008). Mapping and modelling land use change: an application of the SLEUTH model. *Landscape analysis and visualisation: Spatial models for natural resource management and planning*, 353-366.
- Clarke, K. C., & Gaydos, L. J. (1998). Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore. *International journal of geographical information science*, 12(7), 699-714.
- Cleve, C., Kelly, M., Kearns, F. R., & Moritz, M. (2008). Classification of the wildland–urban interface: A comparison of pixel-and object-based classifications using high-resolution aerial photography. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(4), 317-326.
- Comisia Europeană. (1999). Schema de dezvoltare a spațiului comunitar - Spre o dezvoltare spațială echilibrată și durabilă a teritoriului Uniunii Europene.
- Congedo, L. (2016). Semi-automatic classification plugin documentation. Release, 4(0.1), 29.
- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., & Lambin, E. (2004). Review Article Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *International journal of remote sensing*, 25(9), 1565-1596.
- Cowen, D. J., Jensen, J. R., Bresnahan, P. J., Ehler, G. B., Graves, D., & Huang, X. (1995). The design and implementation of an integrated geographic information system for environmental applications. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61(11), 1393-1404.
- Creswell, J. W. (2018). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Cristea, M., Mare, C., Moldovan, C., China, A. M., Farole, T., Vințan, A., ... & Ionescu-Heroiu, M. (2017). Orașe-magnet: migrație și navetism în România (No. 116400, pp. 1-494). The World Bank.
- Cronon, W. (1992). *Nature's Metropolis: Chicago and the Great West*. W.W. Norton, New York, 530 pp.
- De Paul, O. V. (2007). Remote sensing: new applications for urban areas. *Proceedings of the IEEE*, 95(12), 2267-2268.

- Deka, J., Tripathi, O. P., & Khan, M. L. (2012). Urban growth trend analysis using Shannon Entropy approach - A case study in North-East India. *international journal of geomatics and geoscience*, 2(4).
- Dietzel, C., Herold, M., Hemphill, J. J., & Clarke, K. C. (2005). Spatio-temporal dynamics in California's Central Valley: Empirical links to urban theory. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(2), 175-195.
- Dijkstra, L., & Poelman, H. (2014). A harmonised definition of cities and rural areas: the new degree of urbanisation. <https://doi.org/10.5072/d1hba-cby13>
- Dincă, D., & Dumitrică, C. (2010). Dezvoltare și planificare urbană. Editura Pro Universitaria, București, 63.
- Ding, H., Wang, R.-C., Wu, J.-P., Zhou, B., Shi, Z., & Ding, L.-X. (2007). Quantifying Land Use Change in Zhejiang Coastal Region, China Using Multi-Temporal Landsat TM/ETM+ Images. *Pedosphere*, 17(6), 712-720. doi: 10.1016/s1002-0160(07)60086-1
- Dixon, B., & Candade, N. (2008). Multispectral landuse classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both?. *International Journal of Remote Sensing*, 29(4), 1185-1206.
- Dolean, B. E., Bilașco, Ș., Petrea, D., Moldovan, C., Vescan, I., Roșca, S., & Fodorean, I. (2020). Evaluation of the built-up area dynamics in the first ring of Cluj-Napoca Metropolitan Area, Romania by semi-automatic GIS analysis of Landsat satellite images. *Applied Sciences*, 10(21), 7722.
- Dragicevic, S., Marceau, D. J., & Marois, C. (2001). Space, time, and dynamics modeling in historical GIS databases: a fuzzy logic approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(4), 545-562.
- Drăguț, L., & Blaschke, T. (2006). Automated classification of landform elements using object-based image analysis. *Geomorphology*, 81(3-4), 330-344.
- Duinker, P. N., & Greig, L. A. (2007). Scenario analysis in environmental impact assessment: Improving explorations of the future. *Environmental impact assessment review*, 27(3), 206-219.
- Duncan, O. D., Scott, W. R., Lieberman, S., Duncan, B. D., & Winsborough, H. H. (2013). *Metropolis and region*. RFF Press.
- Duranton, G. (2015). A proposal to delineate metropolitan areas in Colombia. *Revista Desarrollo y Sociedad*, (75), 223–264. <https://doi.org/10.13043/dys.75.6>
- Eastman, J. R., & Fulk, M. (1993). Long sequence time series evaluation using standardized principal components. *Photogrammetric Engineering and remote sensing*, 59(6).
- EEA Report No 11/2016. European Environment Agency - Urban sprawl in Europe. Disponibil online: <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-sprawl-in-europe>
- El-Shair, I. M. (2003). GIS and remote sensing in urban transportation planning: a case study of Birkenhead, Auckland. In *Map India Conference* (pp. 167-181).
- ESA. Handbook, S. U., & Tools, E. (2015). Sentinel-2 User Handbook. ESA Standard Document Date, 1, 1-64.
- ESPON. Gloersen, E., Michelet, J. F., Corbineau, C., Giraut, F., Price, M. F., Borowski, D., ... & Schuiling, R. (2013). GEOSPECS-European perspectives on specific types of territories.
- EU-OECD. (2012). Cities in Europe. The new OECD-EC Definition” (Lewis Dijkstra și Hugo Poelman)

- EU-OECD. (2019). The EU-OECD definition of a functional urban area, (Lewis Dijkstra, Hugo Poelman and Paolo Venerii), OECD Publishing, ISSN: 20737009 (online), <https://doi.org/10.1787/20737009>.
- European Commission, Joint Research Centre, Jacobs-Crisioni, C., Barbosa, A., Kompil, M., și colab., (2016), European cities, territorial analysis of characteristics and trends: an application of the LUISA Modelling Platform
- EUROSTAT - Territorial typologies manual - cities, commuting zones and functional urban areas. Online: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Territorial_typologies_manual_-_cities,_commuting_zones_and_functional_urban_areas
- Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development (2010). Metropolitan Areas in Europe. Abstract of a new BBSR study. BBSR-Berichte Kompakt 7/2010.
- Federal Office for the Environment FOEN. (2015). Environment Switzerland 2015, https://issuu.com/bundesamt-fuer-umwelt-bafu/docs/environment_switzerland_2015
- Feldman, M. P., & Storper, M. (2018). Economic growth and economic development: Geographical dimensions, definition, and disparities. Oxford Handbooks Online. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198755609.013.13>
- Feng, L., & Li, H. (2012). Spatial pattern analysis of urban sprawl: Case study of Jiangning, Nanjing, China. *Journal of urban planning and development*, 138(3), 263-269.
- Filip S. (2009). Planning urban, Presa Universitară Clujeană. ISBN 9736109569, 9789736109560
- Florida, R. L. (2018). The new urban crisis: How our cities are increasing inequality, deepening segregation, and failing the middle class--and what we can do about it. Basic Books.
- Fonte, C. C., Minghini, M., Patriarca, J., Antoniou, V., See, L., & Skopeliti, A. (2017). Generating up-to-date and detailed land use and land cover maps using OpenStreetMap and GlobeLand30. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(4), 125.
- Fonte, C. C., Patriarca, J. A., Minghini, M., Antoniou, V., See, L., & Brovelli, M. A. (2019). Using openstreetmap to create land use and land cover maps: Development of an application. In *Geospatial Intelligence: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 1100-1123). IGI Global.
- Fonte, C., Minghini, M., Antoniou, V., See, L., Patriarca, J., Brovelli, M., & Milcinski, G. (2016). Automated methodology for converting OSM data into a land use/cover map.
- Franklin, S. E., & Wulder, M. A. (2002). Remote sensing methods in medium spatial resolution satellite data land cover classification of large areas. *Progress in Physical Geography*, 26(2), 173-205.
- Fujita, M., Krugman, P. R., & Venables, A. (2001). The spatial economy: Cities, regions, and international trade. MIT press.
- Furberg, D. (2019). Satellite Monitoring of Urban Growth and Indicator-based Assessment of Environmental Impact (Doctoral dissertation, KTH Royal Institute of Technology).
- Furberg, D., & Ban, Y. (2012). Satellite monitoring of urban sprawl and assessment of its potential environmental impact in the Greater Toronto Area between 1985 and 2005. *Environmental management*, 50, 1068-1088.
- Furberg, D., Ban, Y., & Mörtberg, U. (2020). Monitoring urban green infrastructure changes and impact on habitat connectivity using high-resolution satellite data. *Remote Sensing*, 12(18), 3072.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R., Wolman, H., Coleman, S., & Freihage, J. (2001). Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. *Housing policy debate*, 12(4), 681-717.

- García, A.M. și colab., 2012. A comparative analysis of cellular automata models for simulation of small urban areas in Galicia, NW Spain. *Computers, Environment and Urban Systems*.
- Gatrell, J. D., Jensen, R. R., & McLean, D. D. (2007). 12 Geotechnologies, Public Policy, & Practical Applications. *Geo-Spatial Technologies in Urban Environments: Policy, Practice, and Pixels*, 233.
- Gaubatz, P. (1999). "China's urban transformation: patterns and process of morphological change in Beijing, Shanghai and Guangzhou." *Urban Studies*, 36(9), 1495-1521.
- Geist, H. J., & Lambin, E. F. (2002). Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience*, 52(2), 143-150.
- Geist, H.J., Lambin, E.F. What Drives Tropical Deforestation? A Meta-Analysis of Proximate and Underlying Causes of Deforestation Based on Subnational Case Study Evidence, LUCC Report Series no. 4, LUCC International Project Office: Louvain-la-Neuve, Belgium, 2001.
- Gesellschaft für Geo-Kommunikation (Landscape Society for Geo-Communications). (2000–2002). *Encyclopedia of Geosciences*. Volume 5. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- Getis, A., & Boots, B. N. (1978). *Models of spatial processes: an approach to the study of point, line and area patterns* (Vol. 198). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ghosh, P., Mukhopadhyay, A., Chanda, A., Mondal, P., Akhand, A., Mukherjee, S., ... & Hazra, S. (2017). Application of Cellular automata and Markov-chain model in geospatial environmental modeling-A review. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 5, 64-77.
- Giacomelli, A. (2005). Integration of GIS and simulation models. In *GIS for sustainable development* (pp. 201-212). CRC Press.
- Gifford, R., Kormos, C., & McIntyre, A. (2011). Behavioral dimensions of climate change: drivers, responses, barriers, and interventions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(6), 801-827.
- Gillespie, T. W., Chu, J., Frankenberg, E., & Thomas, D. (2007). Assessment and prediction of natural hazards from satellite imagery. *Progress in Physical Geography*, 31(5), 459-470.
- Goldblatt R, Y. W. (2016). Detecting the boundaries of urban areas in India: a dataset for pixel-based image classification in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 8(8), 634. <https://doi.org/10.3390/rs8080634>.
- Goldblatt, R., Deininger, K., & Hanson, G. (2018). Utilizing publicly available satellite data for urban research: Mapping built-up land cover and land use in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Development Engineering*, 3, 83-99.
- Goldblatt, R., Stuhlmacher, M. F., Tellman, B., Clinton, N., Hanson, G., Georgescu, M., ... & Balling Jr, R. C. (2018). Using Landsat and nighttime lights for supervised pixel-based image classification of urban land cover. *Remote Sensing of Environment*, 205, 253-275.
- Gordon, P., & Richardson, H. W. (2000). Defending suburban sprawl. *Public interest*, (139), 65.
- Grădinaru, S. R., Fan, P., Iojă, C. I., Niță, M. R., Suditu, B., & Hersperger, A. M. (2020). Impact of national policies on patterns of built-up development: an assessment over three decades. *Land Use Policy*, 94, 104510.
- Griffiths, P., Hostert, P., Gruebner, O., & van der Linden, S. (2010). Mapping megacity growth with multi-sensor data. *Remote Sensing of Environment*, 114(2), 426-439.
- Grigorescu, I., Mitrică, B., Mocanu, I., & Ticană, N. I. C. O. L. E. T. A. (2012). Urban sprawl and residential development in the Romanian Metropolitan Areas. *Romanian Journal of Geography*, 56(1), 43-59.

- Guérois, M., Bretagnolle, A., Mathian, H., & Pavard, A. (2014). Functional Urban Areas (FUA) and European harmonization. A feasibility study from the comparison of two approaches: commuting flows and accessibility isochrones (Doctoral dissertation, ESPON).
- Guindon, B., Zhang, Y., & Dillabaugh, C. (2004). Landsat urban mapping based on a combined spectral-spatial methodology. *Remote sensing of environment*, 92(2), 218-232.
- Guo, Y. H. (2012). Using remote sensing and GIS to monitor and predict urban growth—Case study in Alachua County, Florida. University of Florida.
- Haas, J., & Ban, Y. (2018). Urban land cover and ecosystem service changes based on Sentinel-2A MSI and Landsat TM Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(2), 485-497.
- Habitat, U. N. (2015). International guidelines on urban and territorial planning. United Nations Human Settlements Programme, Nairobi.
- Haidu, I. (1997). Analiza seriilor de timp: aplicații în hidrologie. * H* G* A*.
- Haidu, I., & Haidu, C. (1998). SIG Analiza spațială. Editura* H* G* A* București.
- Haken, H., & Portugali, J. (1995). A synergetic approach to the self-organization of cities and settlements. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 22(1), 35-46.
- Hall, T., & Barrett, H. (2012). Urban geography. Routledge. (Contemporary Human Geography Series) 3rd Edition, ISBN-13: 978-0415344456
- Halmy, M. W. A., Gessler, P. E., Hicke, J. A., & Salem, B. B. (2015). Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA. *Applied Geography*, 63, 101-112.
- Hamdi, R. (2010). Estimating urban heat island effects on the temperature series of Uccle (Brussels, Belgium) using remote sensing data and a land surface scheme. *Remote Sensing*, 2(12), 2773-2784.
- Hansen, H. S. (2010). Modelling the future coastal zone urban development as implied by the IPCC SRES and assessing the impact from sea level rise. *Landscape and Urban Planning*, 98(3-4), 141-149.
- Harvey, R. O., & Clark, W. A. (1965). The nature and economics of urban sprawl. *Land Economics*, 41(1), 1-9.
- Hasse, J. E., & Lathrop, R. G. (2003). Land resource impact indicators of urban sprawl. *Applied geography*, 23(2-3), 159-175.
- Hayden, D. (2004). A field guide to sprawl. WW Norton & Company.
- Herold, M., Couclelis, H., & Clarke, K. C. (2005). The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. *Computers, environment and urban systems*, 29(4), 369-399.
- Herold, M., Goldstein, N. C., & Clarke, K. C. (2003). The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote sensing of Environment*, 86(3), 286-302.
- Herold, M., Scepan, J., & Clarke, K. C. (2002). The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. *Environment and planning A*, 34(8), 1443-1458.
- Herold, M., Schiefer, S., Hostert, P., & Roberts, D. A. (2006). 7 Applying Imaging. *Urban remote sensing*, 137.
- Hodder, R. (2005). Development geography. Routledge.

- Holobacă, I. H., Ivan, K., & Alexe, M. (2019). Extracting built-up areas from Sentinel-1 imagery using land-cover classification and texture analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 40(20), 8054-8069.
- Hu, H., & Ban, Y. (2012). Multitemporal RADARSAT-2 ultra-fine beam SAR data for urban land cover classification. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 38(1), 1-11.
- Hu, Y., & Jia, G. (2010). Influence of land use change on urban heat island derived from multi-sensor data. *International Journal of Climatology*, 30(9), 1382-1395.
- Hua, L., Zhang, X., Chen, X., Yin, K., & Tang, L. (2017). A feature-based approach of decision tree classification to map time series urban land use and land cover with Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI in a Coastal City, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(11), 331.
- Huang, C., Davis, L. S., & Townshend, J. R. G. (2002). An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of remote sensing*, 23(4), 725-749.
- Huang, H., Wu, X., & Cheng, X. (2020). The analysis of the urban sprawl measurement system of the Yangtze River Economic Belt, based on deep learning and neural network algorithm. *International journal of environmental research and public health*, 17(12), 4194.
- Huang, J., Lin, J., & Tu, Z. (2010). Detecting spatiotemporal change of land use and landscape pattern in a coastal gulf region, southeast of China. *Environment, development and sustainability*, 12, 35-48.
- Huang, Y. C., Li, P., Zhang, L., & Zhong, Y. (2009, May). Urban land cover mapping by spatial-spectral feature analysis of high resolution hyperspectral data with decision directed acyclic graph SVM. In 2009 Joint Urban Remote Sensing Event (pp. 1-7). IEEE.
- Ianoș, I. (1987). Orașele și organizarea spațiului geografic, Editura Academiei Române, București.
- Ianoș, I. (2000). Sisteme teritoriale: o abordare geografică. Editura Tehnica.
- Ianoș, I. (2004). Dinamica urbană: aplicații la orașul și sistemul urban românesc. Ed. Tehnică. București.
- Ianoș, I., Humeau, J.B. (2000). Teoria sistemelor de așezări umane, Editura Tehnică, București.
- Ianoș, I., Sîrodoev, I., Pascariu, G., & Henebry, G. (2016). Divergent patterns of built-up urban space growth following post-socialist changes. *Urban Studies*, 53(15), 3172-3188.
- Ianoș, I., Sîrodoev, I., Pascariu, G., & Henebry, G. (2016). Divergent patterns of built-up urban space growth following post-socialist changes. *Urban Studies*, 53(15), 3172-3188.
- Ianoș, I., Tălângă C. (1994). Orașul și sistemul urban românesc în condițiile economiei de piață, Inst. de Geografie, București.
- Imbroane A.M., Moore D., (1999). Inițiere în GIS și Teledetecție, Presa Universitară Clujeană
- Imbroane, A. M., Croitoru, A. E., Herbel, I., Rus, I., & Petrea, D. (2014). Urban heat island detection by integrating satellite image data and GIS techniques. Case study: ClujNapoca city, Romania. *Proceedings of the 14th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM* (14), 359-366.
- Imhoff, M.L., Zhang, P., Wolfe, R.E., Bounoua, L. (2010). Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sens. Environ.* 2010, 114, 504–513.
- International Geographical Union, Calkins, H. W., & Tomlinson, R. F. (1977). *Geographic Information Systems, Methods and Equipment for Land Use*. International Geographical Union.
- Ionescu-Heroiu M. (2016). Dezvoltarea metropolitană este vitală pentru dezvoltarea economică a României, <https://blogs.worldbank.org/europeandcentralasia/metropolitan-development-central-romania-s-economic-development>

- Ionescu-Heroiu M., Cristea M., China A., Vințan A., Irimia I., Franț O., Butacu B., Mihăilescu G., Moldovan C., Dolean B. E., Sfârlea V. (2019). România Metropolitană, Banca Mondială.
- Ionescu-Heroiu, M., Cristea, M., China, A. M., Butacu, B. C., Dolean, B. E., Vintan, A. D., ... & Irimia, I. A. (2020). Romania Catching-Up Regions: Metropolitan Romania.
- Irimuş, I. A., Roşca, S., Rus, M. I., Marian, F. L., & Bilaşco, Ş. (2017). Landslide susceptibility assessment in Almas Basin by means of the frequency rate and GIS techniques. *Geographia Technica*, 12(2), 97-109.
- Ivan K. (2015). The spatio-temporal analysis of impervious surfaces in Cluj-Napoca, Romania. *Geographia Technica*, 10(2), 50-58.
- Jacobs J. (2011). *The death and life of american cities*, Modern Library, New York.
- Jacquin, A., Misakova, L., & Gay, M. (2008). A hybrid object-based classification approach for mapping urban sprawl in periurban environment. *Landscape and urban planning*, 84(2), 152-165.
- Jaeger, J. A., & Schwick, C. (2014). Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland. *Ecological indicators*, 38, 294-308.
- Jaeger, J. A., Bertiller, R., Schwick, C., & Kienast, F. (2010). Suitability criteria for measures of urban sprawl. *Ecological indicators*, 10(2), 397-406.
- Jaeger, J. A., Bertiller, R., Schwick, C., Cavens, D., & Kienast, F. (2010). Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl. *Ecological Indicators*, 10(2), 427-441.
- JARS. (1993). Remote Sensing Note. Japan Association on Remote Sensing. <http://www.jars1974.sakura.ne.jp/>
- Jebur, M. N., Mohd Shafri, H. Z., Pradhan, B., & Tehrany, M. S. (2014). Per-pixel and object-oriented classification methods for mapping urban land cover extraction using SPOT 5 imagery. *Geocarto International*, 29(7), 792-806.
- Jensen, J. R. (1996). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective* (No. Ed. 2). Prentice-Hall Inc..
- Jensen, J.R. and Cowen, D.C. (1999). Remote Sensing of Urban/Suburban Infrastructure and Social Economic Attributes. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 65(5): 611-622.
- Jensen, R. R., Gatrell, J. D., & McLean, D. (Eds.). (2005). *Geo-Spatial Technologies in Urban Environments: Policy, Practice, and Pixels*. Springer Science & Business Media.
- Johansson, T. (2017). *Performance Visualization of Urban Systems* (Doctoral dissertation, Luleå University of Technology).
- Joint EEA-FOEN report (2016). *Urban sprawl in Europe*, ISSN 1977-8449
- JRC Science Hub. Kompil, M., Aurambout, J. P., Ribeiro Barranco, R., Barbosa, A., Jacobs-Crisioni, C., Pisoni, E., ... & Lavallo, C. (2015). European cities: territorial analysis of characteristics and trends-An application of the LUISA Modelling Platform (EU Reference Scenario 2013-Updated Configuration 2014). Joint Research Centre, EUR, 27709.
- Kahangwa, C., Nahonyo, C., & Sangu, G. (2020). Monitoring land cover change using remote sensing (rs) and geographical information system (gis): a case of golden pride and geita gold mines, Tanzania. *Journal of Geographic Information System*, 12(5), 387-410.
- Kaspersen, P.S.; Fensholt, R.; Drews, M. (2015). Using Landsat Vegetation Indices to Estimate Impervious Surface Fractions for European Cities. *Remote Sens.* 2015, 7, 8224–8249. [<http://dx.doi.org/10.3390/rs70608224>]
- Kaufman, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2010). *The worldwide governance indicators: Methodology and analytical issues*. 2010 World Bank Policy Research Working Paper.

- Klove, R. C. (1952). The Definition of Standard Metropolitan Areas. *Economic Geography*, 28(2), 95–104. <https://doi.org/10.2307/141019>
- Kronert, R., Steinhardt, U., and Volk, M. (2001). *Landscape Balance and Landscape Assessment*, (Springer-Verlag, Berlin).
- Krugman, P. (1996). *The Self-Organizing Economy* Blackwell Publishers. Cambridge MA.
- Krugman, P. (1999). The role of geography in development. *International regional science review*, 22(2), 142-161.
- Lambin, E. F. (2001). Global land-use and land-cover change: what have we learned so far?. *Global Change News*, 46, 27-30.
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual review of environment and resources*, 28(1), 205-241.
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., ... & Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global environmental change*, 11(4), 261-269.
- Lee, S., & Lathrop, R. G. (2005). Sub-pixel estimation of urban land cover components with linear mixture model analysis and Landsat Thematic Mapper imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 26(22), 4885-4905.
- Lerat, S. (1982). Urban development in modern China (edited by Laurence JC Ma and Edward W. Hanten), 1981 (Westview Special Studies on China and East Asia). *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 35(140), 401-402.
- Li, C. (2014). Monitoring and analysis of urban growth process using Remote Sensing, GIS and Cellular Automata modeling: A case study of Xuzhou city, China (Doctoral dissertation, Universitätsbibliothek Dortmund).
- Li, C., Wang, J., Wang, L., Hu, L., & Gong, P. (2014). Comparison of classification algorithms and training sample sizes in urban land classification with Landsat thematic mapper imagery. *Remote sensing*, 6(2), 964-983.
- Li, J. J., Wang, X. R., Wang, X. J., Ma, W. C., & Zhang, H. (2009). Remote sensing evaluation of urban heat island and its spatial pattern of the Shanghai metropolitan area, China. *Ecological Complexity*, 6(4), 413-420.
- Li, X., & Gar-On Yeh, A. (2004). Data mining of cellular automata's transition rules. *International Journal of Geographical Information Science*, 18(8), 723-744.
- Li, X., Chen, Y., Liu, X., Xu, X., & Chen, G. (2017). Experiences and issues of using cellular automata for assisting urban and regional planning in China. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(8), 1606-1629.
- Li, X., Zhou, Y., Asrar, G. R., Imhoff, M., & Li, X. (2017). The surface urban heat island response to urban expansion: A panel analysis for the conterminous United States. *Science of the Total Environment*, 605, 426-435.
- Liang, B., & Weng, Q. (2010). Assessing urban environmental quality change of Indianapolis, United States, by the remote sensing and GIS integration. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 4(1), 43-55.
- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (2008). *Remote sensing and image interpretation.*, 6th edn.(John Wiley & Sons: New York).
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Lindenmayer, D. B., & Fischer, J. (2013). *Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis*. Island Press.

- Liu, T., & Yang, X. (2015). Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. *Applied Geography*, 56, 42-54.
- Liu, X. H., Skidmore, A. K., & Van Oosten, H. (2002). Integration of classification methods for improvement of land-cover map accuracy. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 56(4), 257-268.
- Liu, X., Sun, R., Yang, Q., Su, G., & Qi, W. (2012). Simulating urban expansion using an improved SLEUTH model. *Journal of Applied Remote Sensing*, 6(1), 061709-061709.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). *Geographic information systems and science*. John Wiley & Sons.
- Losada, H., Martínez, H., Vieyra, J., Pealing, R., Zavala, R., & Cortés, J. (1998). Urban agriculture in the metropolitan zone of Mexico City: Changes over time in urban, suburban and peri-urban areas. *Environment and urbanization*, 10(2), 37-54.
- Lu, D. and Weng, Q. (2004). Spectral mixture analysis of the urban landscape in Indianapolis with Landsat ETM+ imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(9), 1053–1062
- Lu, D., & Weng, Q. (2005). Urban classification using full spectral information of Landsat ETM+ imagery in Marion County, Indiana. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71(11), 1275-1284.
- Lu, D., Mausel, P., Brondízio, E. and Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 25, no. 12, pp. 2365-2407.
- Lu, H., Eng, H. L., Guan, C., Plataniotis, K. N., & Venetsanopoulos, A. N. (2010). Regularized common spatial pattern with aggregation for EEG classification in small-sample setting. *IEEE transactions on Biomedical Engineering*, 57(12), 2936-2946.
- Marceau, D. J. (1999). The scale issue in the social and natural sciences. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 25(4), 347-356.
- Mark, D. M. (2003). *Geographic information science: Defining the field*. *Foundations of geographic information science*, 1, 3-18.
- McGranahan, G., Marcotullio, P., Bai, X., Balk, D., Braga, T., Douglas, I., ... & Zlotnik, H. (2005). Urban systems. *Ecosystems and human well-being: Current state and trends*, 1, 795-825.
- McInnes, G. (2002). European Environment Agency: Annual report 2002. Retrieved Feb, 10, 2008.
- Melgani, F., Moser, G., & Serpico, S. B. (2002). Unsupervised change-detection methods for remote-sensing images. *Optical Engineering*, 41(12), 3288-3297.
- Meyer, W. B., Turner, B. L. (1996). Land-use/land-cover change: Challenges for geographers. *GeoJournal*, 39(3), 237–240. <https://doi.org/10.1007/bf00188373>
- Mihai, B. A. (2007). *Introducere în procesarea digitală a imaginilor*. Editura Universității.
- Mihai, B. A. (2008). *Teledetecție–noțiuni generale*. *Remote Sensing–General Concepts*.
- Mihai, B. A. (2009). *Teledetecție: Noțiuni și principii fundamentale*. Editura Universității din București.
- Mihai, B., Nistor, C., & Simion, G. (2015). Post-socialist urban growth of Bucharest, Romania—a change detection analysis on Landsat imagery (1984–2010). *Acta geographica Slovenica*, 55(2), 223-234.
- Mishra, M., Mishra, K. K., Subudhi, A. P., Phil, M., & Cuttack, O. (2011). Urban sprawl mapping and land use change analysis using remote sensing and GIS. In *Geospatial World Forum*.
- Mitchel, A. (2005). *The ESRI Guide to GIS analysis, Volume 2: Spartial measurements and statistics*. ESRI press.

- Mitchell, G. (1996). Problems and fundamentals of sustainable development indicators. *Sustainable development*, 4(1), 1-11.
- Mohammady, S., & Delavar, M. R. (2016). Urban sprawl assessment and modeling using landsat images and GIS. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2, 1-14.
- Momeni, R., Aplin, P., & Boyd, D. S. (2016). Mapping complex urban land cover from spaceborne imagery: The influence of spatial resolution, spectral band set and classification approach. *Remote Sensing*, 8(2), 88.
- Moran, M. S., Jackson, R. D., Slater, P. N., & Teillet, P. M. (1992). Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output. *Remote Sensing of Environment*, 41(2-3), 169-184.
- Mountrakis, G., Im, J., & Ogole, C. (2011). Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 66(3), 247-259.
- Muhammad, R., Zhang, W., Abbas, Z., Guo, F., & Gwiazdzinski, L. (2022). Spatiotemporal change analysis and prediction of future land use and land cover changes using QGIS MOLUSCE plugin and remote sensing big data: a case study of Linyi, China. *Land*, 11(3), 419.
- Munroe, D., Clark, J., & Irwin, E. (2005, November). Regional determinants of exurban land use in the US Midwest. In Prepared for the 52nd Annual North American Meetings of the Regional Science Association, Las Vegas, NV, USA.
- Munthali, M. G. (2022). Analysis of land use and land cover change dynamics and its implications on natural resources in Dedza District, Malawi; *Geography, Geoinformatics and Meteorology*, University of Pretoria.
- Myint, S.W. (2001). A Robust Texture Analysis and Classification Approach for Urban Land-use and Land-Cover Feature Discrimination. *Geocarto International*, 16(4): 29-40.
- Myint, S.W., Wentz, E.A., and Purkis, S.J. (2007). Employing Spatial Metrics in Urban Land-Use/Land-Cover Mapping: Comparing the Getis and Geary Indices. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73(12): 1403-1415.
- NASA. (2011). Landsat 7 Science Data Users Handbook Landsat Project Science Office at NASA's Goddard Space Flight Center in Greenbelt, 186 http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf
- NASA. (2013). Landsat 7 Science Data User's Handbook. Available at <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-7-data-users-handbook>
- Niu, X., & Ban, Y. (2013). Multi-temporal RADARSAT-2 polarimetric SAR data for urban land-cover classification using an object-based support vector machine and a rule-based approach. *International journal of remote sensing*, 34(1), 1-26.
- Occelli, S. (2002). Facing urban complexity: towards cognitive modelling. Part 1. Modelling as a cognitive mediator. *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- OECD - Organisation for Economic Cooperation and Development (1996). The knowledge-based economy, Paris, France (online), <http://www.oecd.org/dataoecd/51/8/1913021.pdf>
- OECD (2015). The metropolitan century: Understanding urbanisation and its consequences. OECD Publishing.
- OECD (2018). OECD Regions and Cities at a Glance 2018, OECD Publishing, Paris. DOI: https://doi.org/10.1787/reg_cit_glance-2018-50-en
- OECD (2018). Urban sprawl – definition and measurement. Rethinking Urban Sprawl. <https://doi.org/10.1787/g270b51526-en>
- Osaragi, T., & Kurisaki, N. (2000). Modeling of land use transition and its application. *Geographical and Environmental Modelling*, 4(2), 203-218.

- Otterman, J. (1974). Baring high-albedo soils by overgrazing: a hypothesized desertification mechanism. *Science*, 186(4163), 531-533.
- Pandy, A. C., & Nathawat, M. S. (2006). Land Use Land Cover Mapping Through Digital Image Processing of Satellite Data—A case study from Panchkula. Ambala and Yamunanagar Districts, Haryana State, India.
- Pang, M. Y. C., & Shi, W. (2002). Development of a process-based model for dynamic interaction in spatio-temporal GIS. *GeoInformatica*, 6, 323-344.
- Petrișor, A. I., Ianoș, I., & Tălângă, C. (2010). Land cover and use changes focused on the urbanization processes in Romania. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 9(6).
- Phiri, D., & Morgenroth, J. (2017). Developments in Landsat land cover classification methods: A review. *Remote Sensing*, 9(9), 967.
- Posea, G. (1982). *Enciclopedia geografica a Romaniei*. Editura Stiintifica si Enciclopedica, Bucuresti.
- Qian, Y., Zhou, W., Yan, J., Li, W., & Han, L. (2014). Comparing machine learning classifiers for object-based land cover classification using very high resolution imagery. *Remote Sensing*, 7(1), 153-168.
- Qin, Y., Niu, Z., Chen, F., Li, B., & Ban, Y. (2013). Object-based land cover change detection for cross-sensor images. *International Journal of Remote Sensing*, 34(19), 6723-6737.
- Ramaiah, M., Avtar, R., & Rahman, M. M. (2020). Land cover influences on LST in two proposed smart cities of India: Comparative analysis using spectral indices. *Land*, 9(9), 292.
- Rashed, T., Jürgens, C. (2010). *Remote Sensing and digital image processing*. Vol. 10, Springer, ISBN 978-1-4020-4371-0, e-ISBN 978-1-4020-4385-7, DOI 10.1007/978-1-4020-4385-7
- Rayer, S. (2015). Demographic techniques: Small-area estimates and projections.
- Ready, P., & Wintz, P. (1973). Information extraction, SNR improvement, and data compression in multispectral imagery. *IEEE Transactions on communications*, 21(10), 1123-1131.
- Retsilidou, O. N., & Hatzopoulos, J. N. (2013). Modelling of urban land use and assessment of future urban expansion: application in the municipality of Mytilene, Lesbos Island, Greece. In *Proceedings of the 13th International Conference on Environmental Science and Technology* (pp. 5-7).
- Richards, J. A., & Jia, X. (2006). Multispectral transformations of image data. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*, 137-163.
- Rita Schneider-Sliwa (2015). *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (Second Edition)
- Roberts, D. A., & Herold, M. (2004). Imaging spectrometry of urban materials. *Infrared Spectroscopy in Geochemistry, Exploration and Remote Sensing*, Mineral Association of Canada, Short Course Series, 33(March), 155-181.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2).
- Rosca, C., Holobaca, I., Alexe, M., Petrea, D., Furtuna, P., & Haidu, I. (2015, July). Monitoring Land Use Change in South-west Romania Using Multi-temporal Landsat Remote Sensing Imagery. In *Proceedings of PIERS (Progress In Electromagnetics Research Symposium) 2015, Jul 2015, Prague, Czech Republic*. (pp. 167-170).

- Roșca, S., Petrea, D., Bilașco, Ș., Rus, I., Irimuș, I. A., Fodorean, I., & Vescan, I. (2014). Assessment of flood hazard and risk using Gis and historical data. Case-study: The Niraj River Basin (Transylvania Depression, Romania). *Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. In Conference Proceedings-Photogrametry and Remote Sensing, Cartography and GIS (Vol. 3, pp. 497-504).*
- Rosin, P. L., & Ellis, T. J. (1995, September). Image difference threshold strategies and shadow detection. In *BMVC (Vol. 95, pp. 347-356).*
- Sandric, I., Mihai, B., Savulescu, I., Suditu, B., & Chitu, Z. (2007, April). Change detection analysis for urban development in Bucharest-Romania, using high resolution satellite imagery. In *2007 Urban Remote Sensing Joint Event (pp. 1-8). IEEE.*
- Santé, I., García, A. M., Miranda, D., & Crecente, R. (2010). Cellular automata models for the simulation of real-world urban processes: A review and analysis. *Landscape and urban planning, 96(2), 108-122.*
- Savage, M., Warde, A., Savage, M., & Warde, A. (1993). Cities and uneven economic development. *Urban Sociology, Capitalism and Modernity, 34-62.*
- Schweitzer, F., & Steinbrink, J. (1998). Estimation of megacity growth: simple rules versus complex phenomena. *Applied Geography, 18(1), 69-81.*
- Șerban, G., Rus, I., Vele, D., Brețcan, P., Alexe, M., & Petrea, D. (2016). Flood-prone area delimitation using UAV technology, in the areas hard-to-reach for classic aircrafts: case study in the north-east of Apuseni Mountains, Transylvania. *Natural Hazards, 82, 1817-1832.*
- Sexton, J. O., Urban, D. L., Donohue, M. J., & Song, C. (2013). Long-term land cover dynamics by multi-temporal classification across the Landsat-5 record. *Remote Sensing of Environment, 128, 246-258.*
- Sharifi, A., & Murayama, A. (2013). A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools. *Environmental impact assessment review, 38, 73-87.*
- Silva, E. A., & Clarke, K. C. (2005). Complexity, emergence and cellular urban models: lessons learned from applying SLEUTH to two Portuguese metropolitan areas. *European Planning Studies, 13(1), 93-115.*
- Simmons, J. (1981). Urban systems: the new regional Geography. *L'Espace géographique, 135-142.*
- Singh, A. (1989). Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International journal of remote sensing, 10(6), 989-1003.*
- Soares-Filho, B. S., Cerqueira, G. C., & Pennachin, C. L. (2002). DINAMICA - a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological modelling, 154(3), 217-235.*
- Sobrinho, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment, 90(4), 434-440.*
- Song, C., Woodcock, C. E., Seto, K. C., Lenney, M. P., & Macomber, S. A. (2001). Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects?. *Remote sensing of Environment, 75(2), 230-244.*
- Stoica, I. V., Tălângă, C., & Zamfir, D. (2010). Urban-rural interface: general remarks. Application in the Romanian system of settlements. *Ann Univ Oradea, Geogr Ser XX (2), 238-245.*
- Studiu de Fundamentare în Vederea Actualizării PATN—Secțiunea Rețeaua de Localități - Etapa a III-a; Universitatea de Arhitectură și Urbanism “Ion Mincu” – Centrul de Cercetare, Proiectare, Expertiză și Consulting.
- Sudhira, H. S., & Ramachandra, T. V. (2007, July). Characterising urban sprawl from remote sensing data and using landscape metrics. In *Proceedings of the 10th international conference on computers in urban planning and urban management, iguassu falls, Brazil (pp. 11-13).*

- Sudhira, H. S., Ramachandra, T. V., & Jagadish, K. S. (2004). Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(1), 29-39.
- Suen, I. S. (1998). Measuring sprawl: A quantitative study of residential development pattern in King County, Washington. University of Washington.
- Sui, D. Z. (1998). GIS-based Urban Modelling: Practice, Problems, and Prospects. *International Journal of Geographical Information Science*, 12(7), 651-671.
- Sui, D. Z., & Zeng, H. (2001). Modeling the dynamics of landscape structure in Asia's emerging desakota regions: a case study in Shenzhen. *Landscape and urban planning*, 53(1-4), 37-52.
- Susantono, B. (1998). Transportation land use dynamics in metropolitan Jakarta. *Berkeley Planning Journal*, 12(1).
- Tălângă, C. (2000). Transporturile și sistemele de așezări din România. Editura Tehnică, București.
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164, 152-170.
- Tao, W., Liu, J., Ban-Weiss, G. A., Zhang, L., Zhang, J., Yi, K., & Tao, S. (2017). Potential impacts of urban land expansion on Asian airborne pollutant outflows. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122(14), 7646-7663.
- Tayyebi, A., Delavar, M. R., Yazdanpanah, M. J., Pijanowski, B. C., Saeedi, S., & Tayyebi, A. H. (2010). A spatial logistic regression model for simulating land use patterns: a case study of the Shiraz Metropolitan area of Iran. *Advances in earth observation of global change*, 27-42.
- Théau, J. (2012). Change detection. *Springer Handbook of Geographic Information*, 75-94.
- Tobler, W. R. (1979). Cellular geography. *Philosophy in geography*, 379-386.
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2012). *Economic development (ed.)*, Addison Wesley, New York
- Torrens, P. M. (2006). Simulating sprawl. *Annals of the Association of American Geographers*, 96(2), 248-275.
- Turner II, B. L., Kasperson, R. E., Meyer, W. B., Dow, K. M., Golding, D., Kasperson, J. X., ... & Ratick, S. J. (1990). Two types of global environmental change: Definitional and spatial-scale issues in their human dimensions. *Global Environmental Change*, 1(1), 14-22.
- Turner, B. L., & Meyer, W. B. (1994). Global land-use and land-cover change: an overview. *Changes in land use and land cover: a global perspective*, 4(3).
- Turner, B. L., Clark, W. C., Kates, R. W., Richards, J. F., Mathews, J. T., & Meyer, W. B. (Eds.). (1993). *The earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years*. Cambridge University Press.
- Turner, I. I. BL (2009). Land Change Science. *International Encyclopedia of Human Geography*, 107-111.
- Turner, M. G. (1989). Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual review of ecology and systematics*, 20(1), 171-197.
- Uchida, H., & Nelson, A. (2009). Agglomeration index: Towards a new measure of urban concentration.
- United Nations (2012). *World urbanization prospects: The 2011 Revision*. Population Division, Department of Economic and Social Affairs, UN. Online: <http://esa.un.org/unup/>
- United Nations (2020). *World Cities Report 2020*. <https://doi.org/10.18356/27bc31a5-en>
- United Nations. Dept. of Economic. (2004). *World Population Policies 2003 (Vol. 230)*. United Nations Publications.

- United States. Bureau of the Census. (1991). State and metropolitan area data book (Vol. 4). US Department of Commerce, Bureau of the Census.
- Urban, D. L., & Wallin, D. O. (2017). Introduction to Markov models. *Learning landscape ecology: A practical guide to concepts and techniques*, 129-142.
- Ursu C-D. & Benedek J. (2022). Evolution of Built Surfaces Based on Copernicus High Resolution Layers. The Case of Growth Poles-Based Metropolitan Areas, Romania. *Journal of Settlements and Spatial Planning*. DOI: 10.24193/JSSP.2022.1.04
- USHUD (1999). The state of the cities 1999: third annual report. US Department of Housing and Urban Development, Washington, DC.
- Van Westen, C. J. (2013). Remote sensing and GIS for natural hazards assessment and disaster risk management. *Treatise on geomorphology*, 3(15), 259-298.
- Verburg, P. H., Schot, P. P., Dijst, M. J., & Veldkamp, A. (2004). Land use change modelling: current practice and research priorities. *GeoJournal*, 61, 309-324.
- Vermote, E. F. T. D., Tanré, D., Deuzé, J. L., Herman, M., Morcrette, J. J., & Kotchenova, S. Y. (2006). Second simulation of a satellite signal in the solar spectrum-vector (6SV). 6S User Guide Version, 3(2), 1-55.
- Vitousek, P. M. (1997). Human domination of earth ecosystems (vol 277, Pg 494, 1997). *Science*, 278(5335), 21-21.
- Wachsmuth, D., Cohen, D. A., & Angelo, H. (2016). Expand the frontiers of urban sustainability. *Nature*, 536(7617), 391-393.
- Wang, L., Li, C., Ying, Q., Cheng, X., Wang, X., Li, X., ... & Gong, P. (2012). China's urban expansion from 1990 to 2010 determined with satellite remote sensing. *Chinese Science Bulletin*, 57, 2802-2812.
- Wang, Z., Wei, W., Zhao, S., & Chen, X. (2004, September). Object-oriented classification and application in land use classification using SPOT-5 PAN imagery. In *IGARSS 2004. 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Vol. 5, pp. 3158-3160)*. IEEE.
- Weeks J. R. (2010). Defining urban areas - in book: Rashed, T., & Jürgens, C. (Eds.). (2010). *Remote sensing of urban and suburban areas (Vol. 10)*. Springer Science & Business Media.
- Wentz, E. A., Stefanov, W. L., Netzband, M., Möller, M., & Brazel, A. (2009). 9 The Urban Environmental Monitoring/100 Cities Project. *Global Mapping of Human Settlement: Experiences, Datasets, and Prospects*, 191.
- White, R., & Engelen, G. (2000). High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems. *Computers, environment and urban systems*, 24(5), 383-400.
- Wilkinson, G. G. (1996). A review of current issues in the integration of GIS and remote sensing data. *International Journal of Geographical Information Science*, 10(1), 85-101.
- Williams, N. S., Schwartz, M. W., Veski, P. A., McCarthy, M. A., Hahs, A. K., Clemants, S. E., ... & McDonnell, M. J. (2009). A conceptual framework for predicting the effects of urban environments on floras. *Journal of ecology*, 97(1), 4-9.
- Wissen Hayek, U., Jaeger, J. A., Schwick, C., Jarne, A., & Schuler, M. (2011). Measuring and assessing urban sprawl: What are the remaining options for future settlement development in Switzerland for 2030?. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 4, 249-279.
- Wu, F., & Yeh, A. G. O. (1997). Changing spatial distribution and determinants of land development in Chinese cities in the transition from a centrally planned economy to a socialist market economy: a case study of Guangzhou. *Urban studies*, 34(11), 1851-1879.

- Wu, J., Jenerette, G. D., Buyantuyev, A., & Redman, C. L. (2011). Quantifying spatiotemporal patterns of urbanization: The case of the two fastest growing metropolitan regions in the United States. *Ecological Complexity*, 8(1), 1-8.
- Wu, K. Y., & Zhang, H. (2012). Land use dynamics, built-up land expansion patterns, and driving forces analysis of the fast-growing Hangzhou metropolitan area, eastern China (1978–2008). *Applied geography*, 34, 137-145.
- Xu, H. (2008). A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International journal of remote sensing*, 29(14), 4269-4276.
- Xu, J., Sharma, R., Fang, J., & Xu, Y. (2008). Critical linkages between land-use transition and human health in the Himalayan region. *Environment international*, 34(2), 239-247.
- Xu, L., Zhang, S., He, Z., & Guo, Y. (2009, August). The comparative study of three methods of remote sensing image change detection. In 2009 17th International Conference on geoinformatics (pp. 1-4). IEEE.
- Yang, X. X. (Ed.). (2021). *Urban remote sensing: Monitoring, synthesis and modeling in the urban environment*. John Wiley & Sons.
- Yang, X., & Lo, C. P. (2003). Modelling urban growth and landscape changes in the Atlanta metropolitan area. *International journal of geographical information science*, 17(5), 463-488.
- Yeh, A. G. (1999). Urban planning and GIS. *Geographical information systems*, 2(877-888), 1.
- Yeh, A. G. O., & Li, X. (1998). Sustainable land development model for rapid growth areas using GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 12(2), 169-189.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods (applied social research methods)* (p. 312). Thousand Oaks, CA: Sage publications.
- Yousif, O. (2015). *Urban change detection using multitemporal SAR images* (Doctoral dissertation, KTH Royal Institute of Technology).
- Yuan, F., Sawaya, K. E., Loeffelholz, B. C., & Bauer, M. E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote sensing of Environment*, 98(2-3), 317-328.
- Zhang Q., Ban Y. F., Liu J. Y., and Hu Y. F. (2011), Simulation and analysis of urban growth scenarios for the Greater Shanghai Area, China, *Computers, Environment and Urban Systems*, 35(2), 126-139.
- Zhou, W., Troy, A., & Grove, M. (2008). Object-based land cover classification and change analysis in the Baltimore metropolitan area using multitemporal high resolution remote sensing data. *Sensors*, 8(3), 1613-1636.
- Zimmermann, P., Tasser, E., Leitinger, G., & Tappeiner, U. (2010). Effects of land-use and land-cover pattern on landscape-scale biodiversity in the European Alps. *Agriculture, ecosystems & environment*, 139(1-2), 13-22.
- *** Banca Mondială (2021) - Politica Urbană a României. Livrabil aferent Subactivității 6.1: Metodologie de identificare și delimitare a zonelor urbane funcționale și a zonelor metropolitane
- *** Banca Mondială. (2021). *Strategia Integrată de Dezvoltare Urbană (SIDU) Cluj-Napoca 2021-2030*
- *** SIDU (2014). *Strategia Integrată de Dezvoltare Urbană pentru Zona Metropolitană Cluj-Napoca 2014-2020*
- *** Clark Labs (2020). *TerrSet Manual 2020*. <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2020/05/Terrset-Manual.pdf>
- *** ESPON. (2004). *ESPO 1.1.1 - Potentials for Polycentric Development in Europe – Final Report*. Luxembourg: ESPON Coordination Unit.

- *** ESPON. (2007). ESPON 1.4.3 - Study on Urban Functions - Final Report. Luxembourg: ESPON Coordination Unit.
- *** ESPON. (2010). CAEE - The Case for Agglomerat - Final Report. Luxembourg: ESPON Coordination Unit.
- *** ESPON. (2011). FOCI - Future Orientations for Cities - Final Report. Luxembourg: ESPON Coordination Unit.
- *** ESPON. (2013). European Perspective on Specific Types of Territories
- *** Legea nr. 350 din 6 iulie 2001 privind amenajarea teritoriului și urbanismul.
- *** Legea nr. 351/2001 privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național - Secțiunea a IV-a, Rețeaua de localități.
- *** Planet Imagery Product Specifications.
https://assets.planet.com/docs/Planet_Combined_Imagery_Product_Specs_letter_screen.pdf
- *** Planet Surface Reflectance Technical White Paper.
https://assets.planet.com/marketing/PDF/Planet_Surface_Reflectance_Technical_White_Paper.pdf
- *** INS (Institutul Național de Statistică). <http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/>
- *** Geoportal ANCPI. <https://geoportal.ancpi.ro/>
- *** GEOFABRIK. <https://www.geofabrik.de/>
- *** <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-7/>
- *** <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/european-image-mosaics>
- *** <https://www.usgs.gov/landsat-missions/global-land-survey-gls>
- *** <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>