

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI
FACULTATEA DE GEODEZIE

TEZĂ DE DOCTORAT **~ Rezumat ~**

**Modelarea predictivă și vizualizarea datelor
spațiale în managementul riscurilor**

Conducător științific

prof. univ. dr. ing. *Iohan NEUNER*

Doctorand

ing. *Codruț-George BENEDIC*

BUCUREȘTI, 2021

CUPRINSUL REZUMATULUI

1. INTRODUCERE	pag. 2
2. PREDICȚIA	pag. 3
3. STADIUL ACTUAL AL MODELĂRII PREDICTIVE	pag. 5
4. DATELE SPAȚIALE ȘI METODELE DE VIZUALIZARE ALE DATELOR SPAȚIALE	pag. 10
5. PREVIZIUNEA EVOLUȚIEI TEMPERATURILOR MEDII ANUALE, PRECIPITAȚIILOR MEDII ANUALE ȘI A SUPRAFEȚELOR PĂDURILOR DIN ROMÂNIA PÂNĂ ÎN ANUL 2050. RISCURILE POSIBILE ȘI MĂSURILE PENTRU ATENUAREA EFECTELOR NEGATIVE.....	pag. 11
6. PREVIZIUNEA EVOLUȚIEI NUMĂRULUI MEDIU DE PENSIONARI ȘI A NUMĂRULUI DE UNITĂȚI SANITARE DIN ROMÂNIA PÂNĂ ÎN ANUL 2050. RISCURILE POSIBILE ȘI MĂSURILE PENTRU ATENUAREA EFECTELOR NEGATIVE.....	pag. 14
7. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE ÎN CERCETARE	pag. 16
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	pag. 17

1. INTRODUCERE

Modelarea predictivă a devenit în ultimii ani importantă în domenii de activitate variate.

Astfel, în medicină, prin previziune se pot anticipa evoluțiile bolilor, putându-se lua măsurile necesare pentru stoparea sau diminuarea efectelor negative ale acestora.

Prin modelare se pot realiza simulări cu privire la evoluția diferitelor boli sau modele 3D ale diferitelor organe ale corpului uman, cu ajutorul cărora să se studieze impactul în funcționarea acestora, cauzat de boli.

În meteorologie, prin predicție se pot anticipa evoluțiile climatice, putându-se preveni sau diminua pagubele cauzate de inundații, incendii ale pădurilor în lunile secetoase sau cele datorate uraganelor. Cu ajutorul Sistemelor Informatice Geografice se pot crea modele complexe, prin intermediul cărora să se evidențieze resursele necesare și zonele unde se găsesc acestea. Acest lucru este necesar pentru intervenția rapidă în scopul evacuării populației din zonele care se estimează că vor fi afectate de calamități.

În arheologie predicția se utilizează pentru depistarea zonelor în care se pot afla situri arheologice. Acest lucru presupune cunoașterea structurii solurilor, deoarece în funcție de anumite caracteristici ale acestora, există o probabilitate mai mare de a exista situri arheologice.

Modelele, realizate prin scanare 3D, folosite în arheologie, au rolul de a evidenția structura sedimentelor aflate în sol și locul în care se găsesc vestigiile arheologice.

În geodezie previziunea se poate folosi pentru prevenirea tasării clădirilor, ruperii podurilor, pentru monitorizarea activităților seismice sau pentru prevenirea eroziunii solurilor.

Astfel, în zonele cu tasări ale solurilor se amplasează reperi de nivelment. Prin măsurători repetate se urmărește evoluția mișcării terenului. În acele zone în care, în urma măsurătorilor efectuate, se estimează că se pot înregistra tasări, se pot lua măsuri de consolidare ale clădirilor posibil a fi afectate, prin introducerea de beton în fundațiile acestora.

În cazul podurilor, se amplasează reperi de nivelment în vecinătatea acestora, în zonele neafectate de vibrații. Prin măsurători repetate se urmăresc deformațiile produse în structura podurilor, pentru a se evita ruperea acestora. În același timp, se pot face simulări 3D cu modul de comportare a podurilor în caz de cutremur și pentru diferite intensități ale acestora.

Pentru monitorizarea activităților seismice se fac măsurători de nivelment. În acest mod se pot identifica zonele unde au loc fluctuații ale cotelor, semn că în acele regiuni se intensifică activitatea seismică.

Pentru urmărirea eroziunii solurilor în zonele costiere se montează reperi de nivelment în zonele stabile și mărci de nivelment în punctele pentru care vrem să determinăm cotele. Prin măsurători repetate se determină cotele punctelor de interes din zonele costiere. Pe baza măsurătorilor existente se pot face previziuni cu privire la modificarea cotelor. Astfel, se pot lua măsuri pentru stoparea eroziunii solurilor din zonele costiere, cum ar fi construcția de diguri pentru protecție.

2. PREDICȚIA

Conform [9], noțiunea de predicție este sinonimă cu cea de previziune. Astfel, prin previziune se înțelege posibilitatea de anticipare a „evoluției evenimentelor viitoare”. Această anticipare are la bază analiza datelor pentru care se cunosc valorile înregistrate în trecut.

În cadrul [16] Goleț face referire la noțiunea de previziune, care în accepțiunea autorului reprezintă un „proces”. Prin acest proces se fac „aprecieri sau estimări cu caracter probabil asupra viitorului”.

Conform [8], predicția reprezintă „estimarea evoluției pe termen scurt a evoluției unor fenomene”.

În [7] Cave aduce în discuție termenul de predicție, definind-ul ca fiind o „declarație de probabilitate a rezultatului unui eveniment viitor”. Mai exact, predicția reprezintă o „declarație de probabilitate condiționată”. Acest lucru înseamnă că rezultatul obținut în urma previziunii este condiționat de informațiile folosite pentru calculul probabilității. Din această cauză, predicția va fi mai exactă dacă se vor utiliza mai multe informații pentru a condiționa declarația de probabilitate.

În [1] se face referire la noțiunea de predicție în cazul testării algoritmilor. Previziunea se folosește, în acest caz, pentru a verifica algoritmi atunci când valorile parametrilor funcțiilor se determină empiric. Totuși, nu este indicată o estimare a parametrilor funcțiilor doar prin determinări empirice, datorită preciziei reduse de determinare a acestora.

Previziunea se poate realiza prin metoda extrapolării sau prin metoda interpolării.

Conform [3], extrapolarea se poate utiliza pentru previziuni pe termen scurt și pe termen lung.

Prin extrapolare se realizează prelungirea evoluției unui fenomen, pentru care se cunosc valorile înregistrate în trecut și se estimează valorile pe care le-ar putea înregistra în viitor fenomenul respectiv.

Se pot folosi mai multe metode de extrapolare. Aceste metode depind de specificul problemei și de datele pe care le avem la dispoziție. Astfel, se pot utiliza extrapolarea analitică, extrapolarea fenomenologică sau extrapolarea prin curbă înfășurătoare.

În cazul extrapolării analitice vrem să determinăm parametrii unei funcții, astfel încât să obținem cele mai mici erori de estimare.

Ca exemple în acest caz sunt seriile cronologice sau funcțiile de corelație.

În cazul extrapolării analitice cu ajutorul seriilor cronologice se determină tendința unei variabile.

Pentru determinarea tendinței, mai întâi trebuie să eliminăm variația sezonieră, în cazul în care aceasta există.

În cazul extrapolării analitice cu ajutorul funcțiilor de corelație se proiectează variabila dependentă, notată cu „ y ”. Această variabilă dependentă este în corelație cu evoluția uneia sau mai multor variabile independente.

În cazul extrapolării fenomenologice se urmărește evoluția unui fenomen, conform [22]. Scopul este acela de a se stabili sensul evoluției viitoare a fenomenului urmărit. Din această analiză se pot observa anumite „legi” de variație a fenomenului. Aceste legi se reprezintă grafic printr-un „nor de puncte”. Cu ajutorul norului de puncte se trasează curba tendinței dominante. Această curbă trece prin mijlocul norului de puncte, după cum se poate observa în **figura nr. 1**.

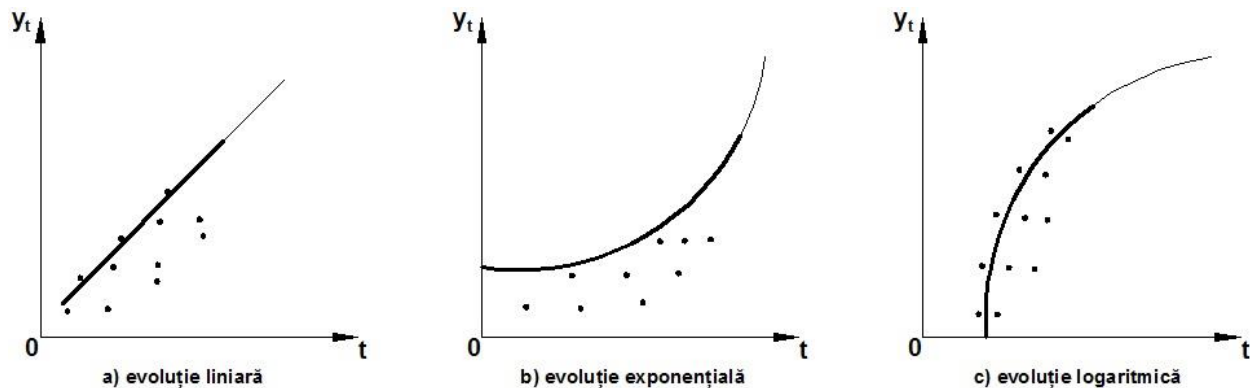


Figura nr. 1. Exemple de curbe ale tendinței dominante

(Sursa: Nicolae, Valentin și alții, 2002)

Conform [22], acest tip de extrapolare descrie dinamica unor procese complexe. Aceste procese sunt formate din mai multe elemente. Aceste elemente intervin succesiv în evoluția aceluiași proces. Extrapolarea prin curbă înfășurătoare constă în ajustarea unor curbe secvențiale, prin înfășurare, după cum se poate observa în **figura nr. 2**.

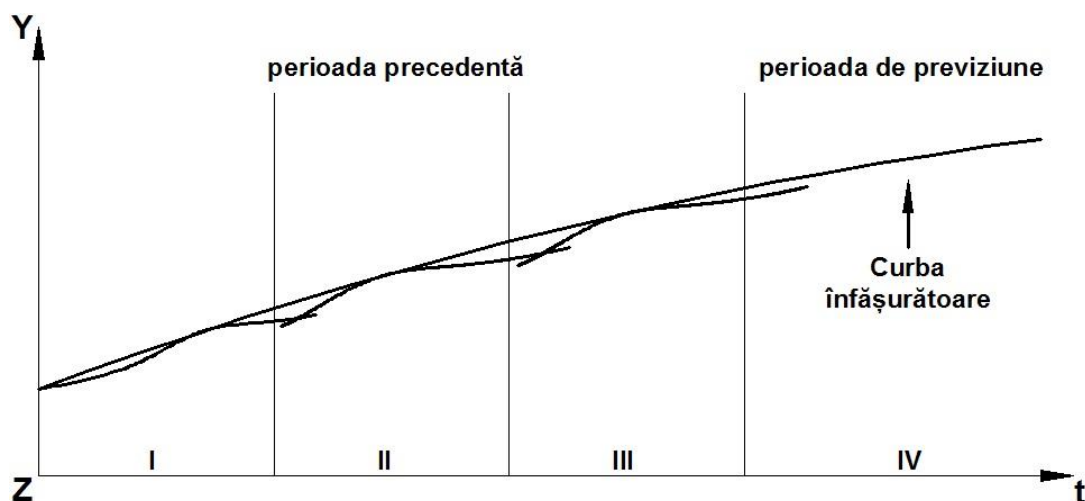


Figura nr. 2. Reprezentarea grafică a extrapolării prin curbă înfășurătoare

(Sursa: Nicolae, Valentin și alții, 2002)

Metoda interpolării constă în stabilirea valorilor intermediare între două variabile date. Aceste variabile sunt reprezentate de momentul inițial și de momentul final al perioadei de prognoză, conform [2].

În [19], Li precizează faptul că metodele de predicție se utilizează din ce în ce mai mult cu scopul de a genera predicții în diverse domenii. În acest sens, precizia prognozelor este esențială. Precizia este importantă deoarece pe baza estimărilor se iau deciziile ulterioare.

Conform [19], există 9 componente majore ale modelării predictive spațiale, și anume:

- ✓ proiectarea eșantionării, controlul calității eșantionului și sisteme de referință spațiale;
- ✓ alegerea metodelor de predicție spațială;
- ✓ preselectia variabilelor predictive;
- ✓ analiza exploratorie pentru selecția variabilelor;
- ✓ selectarea parametrilor pentru metodele relevante;
- ✓ selectarea variabilelor;
- ✓ măsuri de precizie și eroare pentru modelele predictive;
- ✓ validarea modelului;
- ✓ predicții spațiale, incertitudinea predicțiilor și vizualizarea acestora.

3. STADIUL ACTUAL AL MODELĂRII PREDICTIVE

Conform [9], modelarea este „o metodă care constă în reproducerea unui fenomen la scară mai mică, în scopul studierii caracteristicilor fenomenului respectiv”.

Pe de altă parte, termenul de predicție este definit în [9] ca fiind „operația de anticipare a evoluției unui fenomen”.

Din cele două definiții prezentate mai sus, în opinia autorului, modelarea predictivă se poate defini ca fiind reproducerea modului de evoluție a unui fenomen, pe baza previziunii evoluției caracteristicilor fenomenului respectiv.

Conform [10], prin modelare predictivă se înțelege o colecție de tehnici matematice. Aceste procedee au în comun găsirea unor relații matematice între o variabilă țintă, variabile „dependente” și variabile „independente”. Scopul este acela de a estima valorile viitoare ale acestor variabile și de a le introduce în relația matematică, pentru previzionarea valorilor viitoare ale variabilei țintă. Deoarece relațiile matematice nu sunt perfecte în practică, se ia în considerare o anumită măsură de incertitudine pentru predicție. De obicei, nivelul de încredere pentru predicție este de 95%.

În [34] modelarea predictivă este definită ca fiind „un proces prin care rezultatele viitoare sunt estimate pe baza datelor din trecut și a datelor actuale avute la dispoziție”. Modelarea predictivă este o tehnică de analiză statistică, care presupune evaluarea și calculul probabilității rezultatelor estimate, folosind aplicații de calcul probabilistic și de previziune a rezultatelor.

În [15] Duncan definește modelarea predictivă ca fiind „un proces prin care se estimează valorile variabilelor, în funcție de riscul lor relativ”.

Pe plan național, exemple de utilizare ale modelării predictive care se dau în prezenta teză de doctorat sunt în medicină și aviație.

Conform [28], medicina predictivă are ca obiectiv cercetarea riscurilor genetice pe care le prezintă o anumită persoană de a se îmbolnăvi pe parcursul vieții. În același timp, se are în vedere și latura preventivă, prin luarea de măsuri pentru a se împiedica apariția bolilor sau diminua efectele posibilelor afecțiuni, dacă acestea apar.

Conform [25], prevenția în medicină trebuie să urmărească toate perioadele vieții, respectiv: perioada prenatală și cea imediat de după naștere, perioada copilăriei, perioada adolescenței și cea a adultului tânăr, respectiv perioada de mijloc și târzie a vieții.

În țara noastră, în domeniul medicinei se folosește modelarea computerizată 3D, conform [23]. Scopul modelării computerizate 3D este realizarea modelelor corpurilor reale. Modelele astfel create se utilizează pentru studiu, în scopul depistării soluțiilor de refacere a organelor deteriorate. Prevenția în acest caz constă în depistarea în timp util a problemelor medicale care pot să apară.

Previziunile care se realizează în România în domeniul aviației sunt definite ca fiind „descrieri ale condițiilor meteorologice”. Aceste predicții se fac „pentru un anumit moment sau un anumit interval de timp și pentru o anumită zonă sau porțiune a spațiului aerian”.

Prognozele în domeniul aviației se elaborează de către o unitate meteorologică aeronautică. Prin prognoză se obțin valorile cele mai probabile ale elementelor.

În domeniul aviației se pot utiliza mai multe tipuri de prognoze, și anume: prognoze de aerodrom, prognoze pentru aterizare, prognoze pentru decolare și prognoze de zonă și de rută emise pe plan național.

Pe plan internațional, exemple de utilizare ale modelării predictive care se dau în prezenta teză de doctorat sunt în arheologie, medicină și geodezie.

Astfel, în [21] se face referire la faptul că pe măsură ce s-a dezvoltat, arheologia a trecut de la o disciplină descriptivă, la una care încearcă să explice aspecte ale comportamentului uman. Aceste aspecte se referă la evenimente și variabile independente, cunoscute în trecut.

Motivul pentru care se dorește realizarea unui model predictiv pentru arheologie este unul de natură practică. Atunci când timpul și banii nu permit o cercetare arheologică completă asupra unei zone, un model predictiv poate servi ca instrument pentru alegerea zonelor unde este cel mai probabil să existe fenomene arheologice de interes. Cercetarea se va concentra apoi pe aceste zone. Astfel, se va obține o rentabilitate maximă a investiției, conform [27].

În arheologie, un model de localizare predictivă este definit ca fiind „un set simplificat de ipoteze testabile”. Aceste ipoteze se pot baza fie pe presupuneri comportamentale, fie pe corelații empirice. Prin acest lucru se încearcă prezicerea locurilor în care s-au desfășurat activități umane în trecut, care au dus la depunerea de artefacte.

Realizarea modelelor predictive în arheologie presupune clasificarea variabilelor independente, clasificarea variabilelor dependente și determinarea relației dintre ele. De exemplu, variabila dependentă ar putea fi prezența sau absența sitului arheologic dintr-o anumită zonă. Variabilele independente sunt reprezentate de variabilele de mediu. Într-o regiune necunoscută, selectarea variabilelor se bazează pe luarea în considerare a caracteristicilor mediului înconjurător.

În [17] se prezintă aplicarea modelării predictive în domeniul medicinei, în Africa, pentru depistarea și controlul cazurilor de malarie.

Astfel, instituțiile din domeniul sănătății din Nigeria au început să folosească Sistemele Informatic Geografice (GIS-urile) pentru gestionarea și monitorizarea problemelor și luarea mai bună a deciziilor. Acest lucru se datorează recunoașterii capacității Sistemelor Informatic Geografice (GIS-urilor) de a integra datele din domeniul sănătății, provenind din surse diferite. De asemenea, GIS-urile folosite în domeniul medicinei ajută la afișarea acestor date pe hărți, pentru a oferi o reprezentare vizuală mai expresivă. Recunoașterea puterii eficienței GIS-urilor a condus la un număr din ce în ce mai mare de studii și proiecte, dezvoltate de echipe academice și specialiști în domeniul serviciilor de sănătate, care includ utilizarea GIS-urilor ca instrumente de analiză și luare a deciziilor.

Pentru a se dezvolta un sistem de supraveghere a malariei, s-a propus un model de date bazat pe Sistemele Informatic Geografice (GIS-uri). Prin folosirea GIS-urilor în supravegherea maladiilor, și în special în controlul malariei, Nigeria se poate îndrepta către o reducere a infecțiilor și a deceselor datorate malariei, prin utilizarea analizei și predicției.

Aplicația utilizată pentru predicția malariei se bazează pe variațiile factorilor geografici, sezonieri, meteorologici și social-economici. Prin acest lucru se urmărește stabilirea unei relații de cauzalitate între acești factori și apariția malariei. Pentru realizarea modelului de predicție s-a folosit teoria rețelelor neuronale și s-au parcurs următoarele etape:

- i. gruparea datelor privind malarie pe clase;
- ii. determinarea claselor care reprezintă focare de malarie;
- iii. dezvoltarea modelelor pe baza rezultatelor de la primele două etape.

Modelul de predicție permite aplicației să prezică apariția viitoare a malariei, pe baza datelor colectate în legătură cu evenimentele trecute și actuale. Aceasta se bazează, în principal, pe datele furnizate de utilizatori (care au fost stocate în baza de date), precum și pe datele cu privire la climă. Modelul poate fi modificat pentru a se putea face predicții despre epidemiile de malarie cu câteva luni în avans. Totuși, cu cât predicția se face mai devreme, cu atât este mai puțin exactă.

Acest model de predicție este dezvoltat pe baza unei rețele neuronale artificiale. Intrările în această rețea sunt codificate numeric și reprezintă factorii care pot determina apariția malariei, precum: temperatura, prezența zonelor cu apă și a populației zonei studiate. Acest lucru are ca rezultat o reprezentare codificată numeric a posibilității apariției malariei.

În domeniul geodeziei, exemple de utilizare ale modelării predictive sunt în cazul metodei colocației prin cele mai mici pătrate și în cazul estimării stării unui sistem cu ajutorul filtrului Kalman.

Conform [18], colocația prin cele mai mici pătrate este o metodă de procesare a datelor, prin care se realizează simultan regresia (determinarea parametrilor suprafeței dominante), filtrarea (eliminarea zgomotului) și predicția spațială.

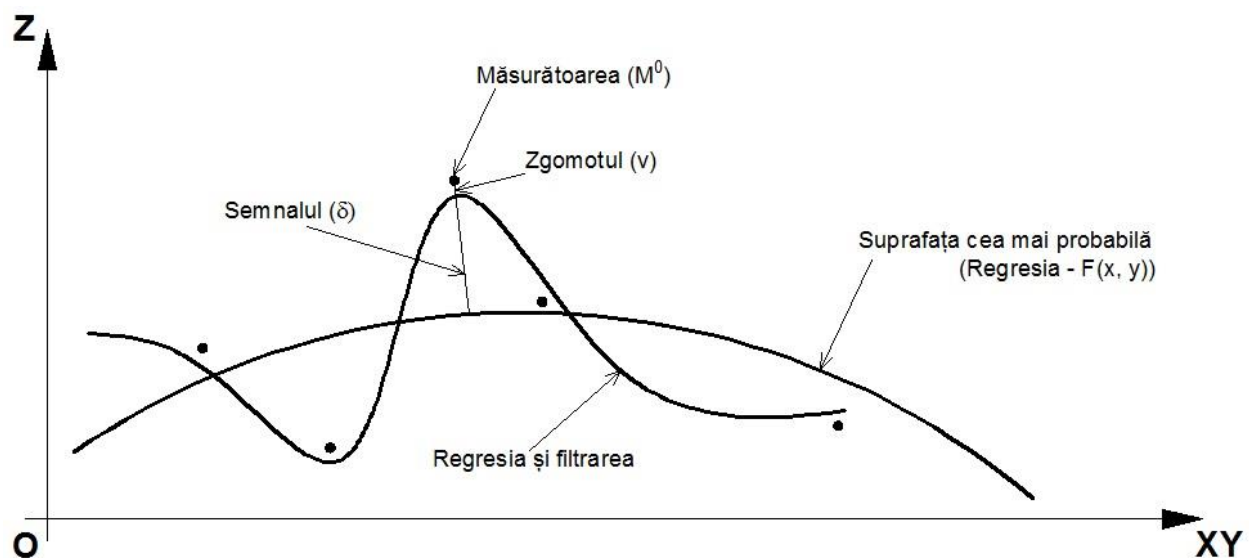


Figura nr. 3. Colocația

(Sursa: Ilie, Andrei-Șerban, 2014)

După cum se poate observa în **figura nr. 3**, metoda colocației presupune că măsurătorile constau din două componente, și anume:

- componenta sistematică (suprafața dominantă);
- componenta aleatorie, reprezentată de semnal (determinată de factori locali) și zgomot (cauzat de erorile de măsurare).

Conform [5], modelul Kalman are la bază definiția funcției de ponderare, și anume ce pondere trebuie acordată datelor de intrare pentru a se asigura cea mai bună estimare a cantităților dorite în momentul prezent. Acest lucru este prezentat în **figura nr. 4**.

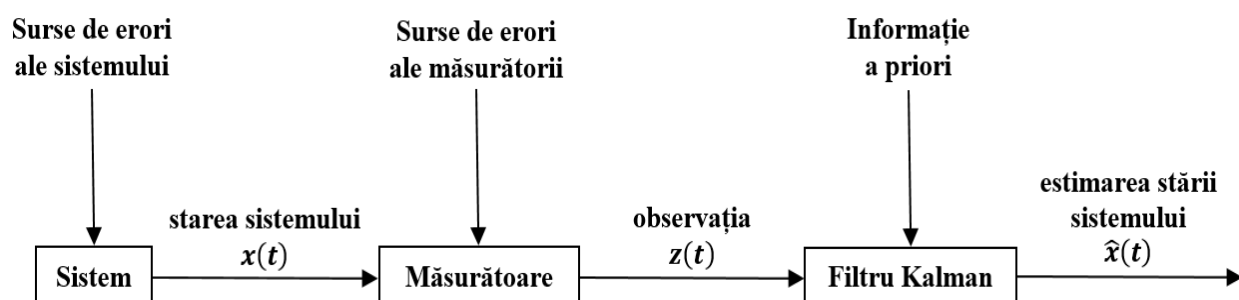


Figura nr. 4. Aspectul diagramei bloc pentru sistem, măsurătoare și estimator

(Sursa: Bogatin, Sonja și alții, 2006)

Conform [9], se presupune că observațiile, z , constau din l măsurători. La rândul lor, aceste măsurători se pot exprima ca o combinație liniară de n elemente de estimatori, x , și erori de măsurare, v .

$$z = f(x) + v = Hx + v \quad (3.1)$$

unde: H - reprezintă matricea de design.

Matricea H este dată de derivatele parțiale ale măsurătorilor, ca în relația (3.2):

$$H = \frac{\partial f(x)}{\partial x^T} \quad (3.2)$$

Principiul de funcționare al filtrului Kalman presupune două etape, respectiv:

- faza de predicție a stării sistemului;
- faza de adaptare a sistemului.

Pentru reducerea efectelor negative ale dezastrelor naturale, modelarea predictivă se poate utiliza pentru monitorizarea incendiilor de pădure și prin realizarea hărților de risc la inundații.

Astfel, pentru monitorizarea incendiilor de pădure, au devenit importante sistemele de luare a deciziei, bazate pe planificare și luarea deciziilor în timp real, așa cum se precizează în [20]. În acest sens, integrarea Sistemelor Informatice Geografice (GIS-urilor) a devenit din ce în ce mai importantă pentru modelarea realistă a pericolului reprezentat de incendiile de pădure și pentru predicția modului de evoluție ale acestora.

În cazul aplicațiilor pentru managementul incendiilor de pădure se utilizează hărți de bază, date topografice, date privind inventarul forestier, date privind combustibili forestieri și date meteorologice, în timp real.

Conform [12], inundațiile sunt definite ca fiind „acoperirea temporară cu apă a unui teren care nu este în mod obișnuit acoperit cu apă”. Inundațiile sunt efectul unor factori complecși, dificil de evaluat. Inundațiile sunt fenomene naturale, dar efectele acestora sunt amplificate de către om, prin amplasarea obiectivelor socio-economice (așezări umane, obiective economice, drumuri, căi ferate, poduri, etc.) în luncile râurilor.

În multe țări, inundațiile reprezintă cele mai importante hazarde naturale.

În cadrul [12], riscul la inundații este definit ca fiind „combinația dintre probabilitatea apariției unor inundații și efectele potențial adverse pentru sănătatea umană, mediu, patrimoniu cultural și activitatea economică asociate apariției unei inundații”.

În [24], cu exemple din 19 țări europene, S.U.A. și Japonia, hărțile inundațiilor se defalcă în două categorii, și anume:

- ✓ hărțile de pericol sau de hazard la inundații, care acoperă acele zone care ar putea fi inundate în funcție de diferite scenarii;
- ✓ hărțile de risc la inundații, care prezintă eventualele consecințe negative asociate inundațiilor în cadrul acestor scenarii.

Conform [9], termenul de „mitigație” este sinonim cu „modelare, îndulcire”. În contextul de aici, prin „strategia de mitigație a riscurilor” se înțelege „strategia de diminuare a efectelor negative ale riscurilor”.

Planificarea, implementarea și urmărirea procesului de reducerea riscurilor sunt prezentate în **figura nr. 5**. Procesul prezentat în figura de mai jos este unul iterativ, după cum se precizează în cadrul [32]. Urmărirea riscurilor face posibilă înregistrarea rezultatelor analizei de prioritizare a riscurilor (*Etapa a 3-a* din cadrul procesului), ceea ce ajută atât la atenuarea riscurilor (*Etapa a 4-a* din cadrul procesului), cât și la evaluarea impactului la risc (*Etapa a 2-a* din cadrul procesului).

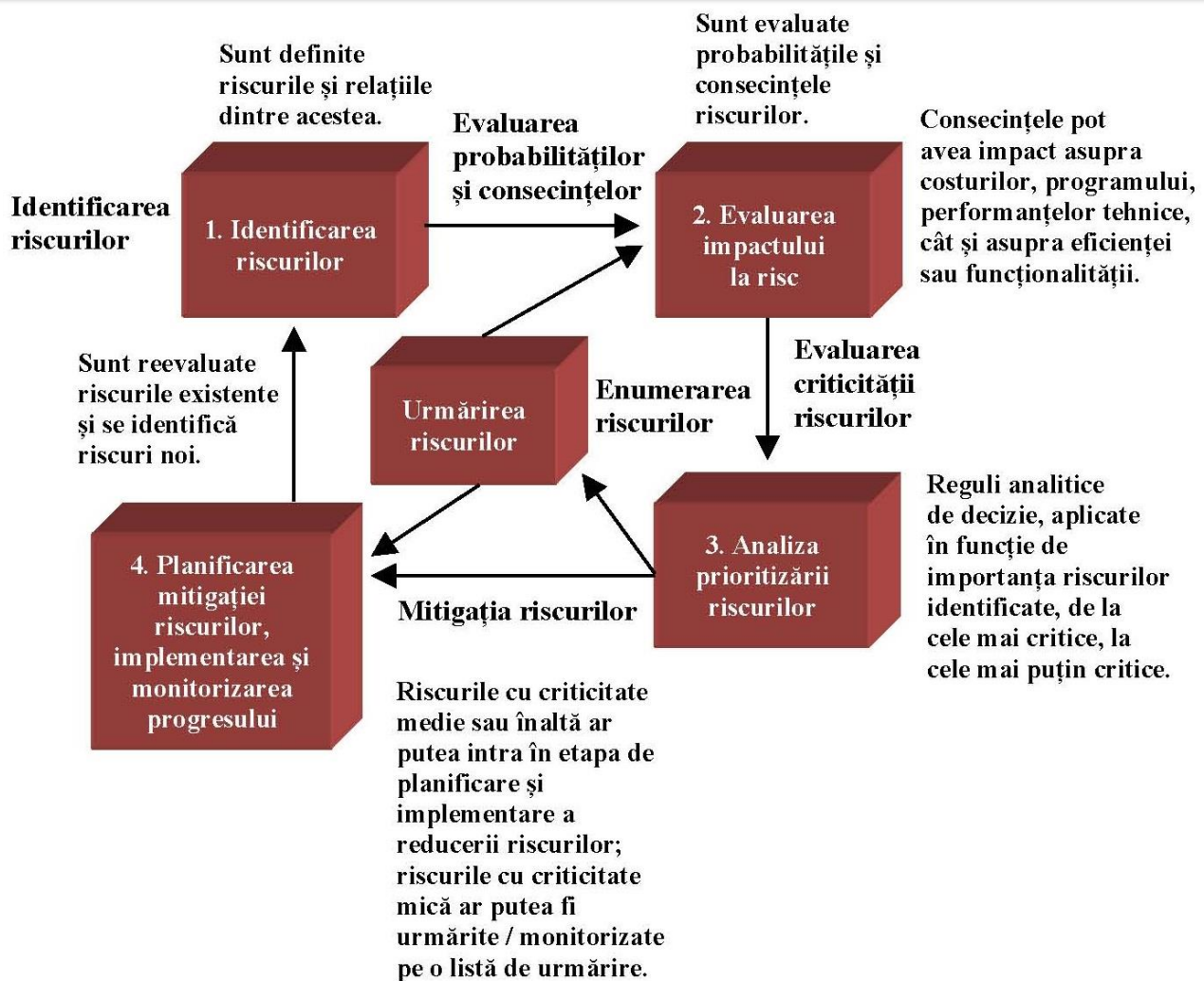


Figura nr. 5. Managementul riscurilor: Etape fundamentale

(Sursa: [31])

Regulile generale pentru aplicarea opțiunilor pentru reducerea riscurilor sunt prezentate în **figura nr. 6**. Aceste opțiuni se bazează pe combinația evaluată dintre probabilitatea de apariție (producere) și gravitatea consecinței (gradul de impact) pentru un risc identificat, așa cum se prezintă în cadrul [31].

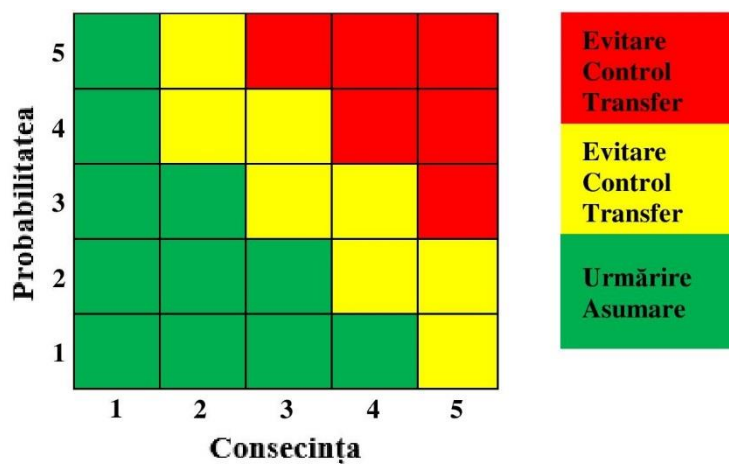


Figura nr. 6. Opțiunile pentru mitigația riscurilor

(Sursa: [31])

După cum se precizează în cadrul [30], sistemele expert reprezintă programe de calculator, care simulează judecata și comportamentul unui om sau al unei organizații, care are cunoștințe și experiență de specialitate într-un anumit domeniu. Cu alte cuvinte, sistemele expert analizează comportamentul uman și ajută la luarea deciziilor.

Conform [29], un sistem expert are 4 componente arhitecturale principale, și anume: baza de cunoștințe, motorul de inferență, modulul de achiziție a cunoștințelor și interfața cu utilizatorul pentru intrare / ieșire, așa cum se poate observa în **figura nr. 7**.

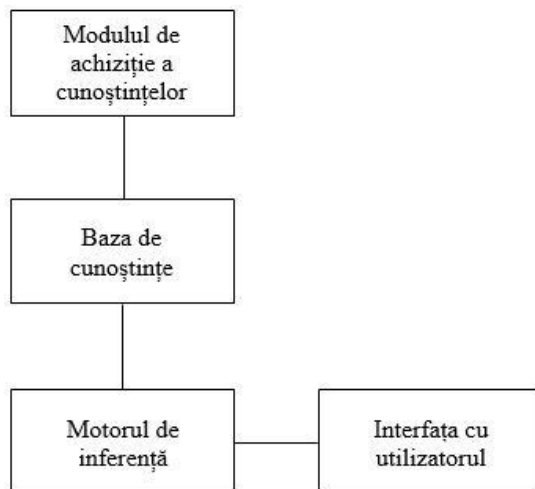


Figura nr. 7. Arhitectura unui sistem expert de luare a deciziilor

(Sursa: [29])

4. DATELE SPAȚIALE ȘI METODELE DE VIZUALIZARE ALE DATELOR SPAȚIALE

În conformitate cu [11], datele spațiale înseamnă orice date cu referire directă sau indirectă la o locație sau zonă geografică specifică.

În [6] datele spațiale sunt definite ca fiind acelea care au o componentă spațială. Acest lucru înseamnă că data este legată de un loc de pe Pământ.

În [13] se precizează faptul că vizualizarea poate fi descrisă ca procesul de transformare a datelor în reprezentări accesibile gândirii umane.

Conform [9], prin termenul de vizualizare se înțelege „acțiunea prin care se face posibilă observarea vizuală a unui fenomen cercetat”.

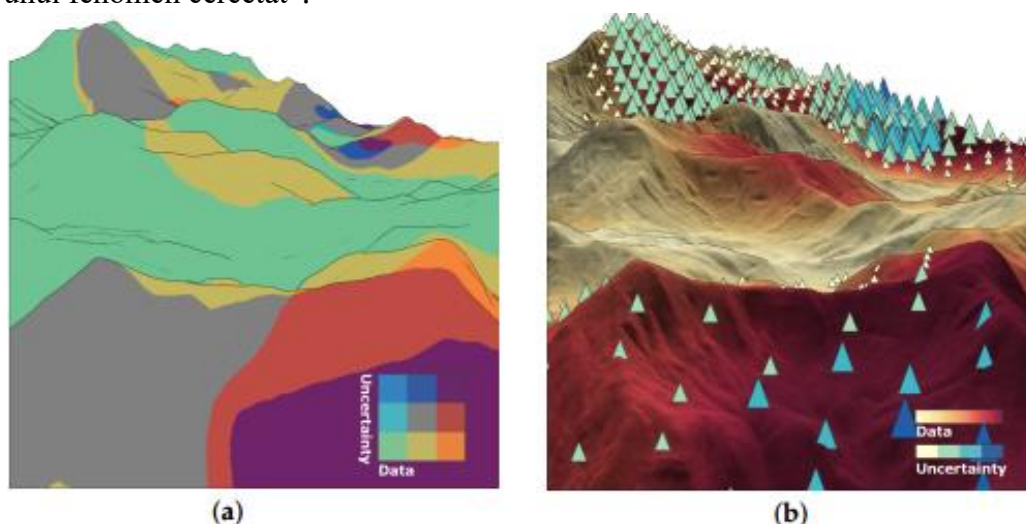


Figura nr. 8. Vizualizarea, prin intermediul unui model 3D al terenului, a datelor privind prognoza vitezei vântului și a incertitudinii prognozei.

(Sursa: Dübel, Steve și alții, 2017)

În **figura nr. 14.a** terenul este reprezentat abstract, folosind linii de nivel, și o scară de culoare bivariată este folosită pentru a codifica datele (de la verde până la roșu) și incertitudinea (de la verde până la albastru).

În **figura nr. 14.b** terenul este reprezentat cu fidelitate, prin umbrirea suprafeței sale; o scară continuă de culori (de la galben până la roșu) se folosește pentru date, și incertitudinea este reprezentată sub formă de pictograme triunghiulare, colorate codat (de la galben până la albastru).

O altă definiție a noțiunii de vizualizare, conform [33], este că aceasta reprezintă „procesul de transmitere a informațiilor prin intermediul unor mijloace pe care le putem vedea”.

Analiza datelor geospațiale necesită vizualizarea atât a datelor, cât și a sistemului lor de referință, se precizează în [14]. Vizualizarea se poate face, în mod obișnuit, printr-o hartă 2D, dar pentru multe aplicații, care cuprind geologia, oceanografia sau avionica aplicată, este necesară o reprezentare 3D a terenului.

Conform [26], pentru vizualizarea datelor spațiale se pot folosi *hărți tematice* pentru reprezentarea diferitelor fenomene cantitative.

Dintre metodele de realizare a hărților tematice, care permit vizualizarea în mod atractiv a datelor spațiale de interes pentru utilizatori, se pot enumera:

- metoda coropletelor;
- metoda arealelor;
- metoda rețelei de hexagoane regulate;
- metoda punctelor;
- metoda clusterelor;
- metoda simbolurilor proporționale;
- metoda izoliniilor;
- metoda liniilor de mișcare;
- metoda cartogramelor; și
- metoda diagramelor.

5. PREVIZIUNEA EVOLUȚIEI TEMPERATURILOR MEDII ANUALE, PRECIPITAȚIILOR MEDII ANUALE ȘI A SUPRAFEȚELOR PĂDURILOR DIN ROMÂNIA PÂNĂ ÎN ANUL 2050. RISCURILE POSIBILE ȘI MĂSURILE PENTRU ATENUAREA EFECTELOR NEGATIVE.

În acest capitol, pornind de la datele statistice cu privire la evoluția temperaturilor și precipitațiilor medii lunare din anul 1961 până în anul 2013, și a celor cu privire la evoluția suprafețelor pădurilor din anul 1990 până în anul 2017, am făcut previziunea evoluției temperaturilor și precipitațiilor medii anuale și a suprafețelor pădurilor până în anul 2050.

Metoda folosită pentru previzionare în cadrul acestui capitol presupune calcularea indicelui de variabilitate. Scopul este acela de a se obține variația tendinței valorilor previzionate.

Pe baza valorilor previzionate am încercat să scot în evidență posibilele riscuri care pot să apară, precum și măsurile pentru atenuarea efectelor negative ale acestor riscuri.

În figurile următoare sunt prezentate principalele riscuri identificate ca urmare a evoluției estimate a indicatorilor avuți în vedere.

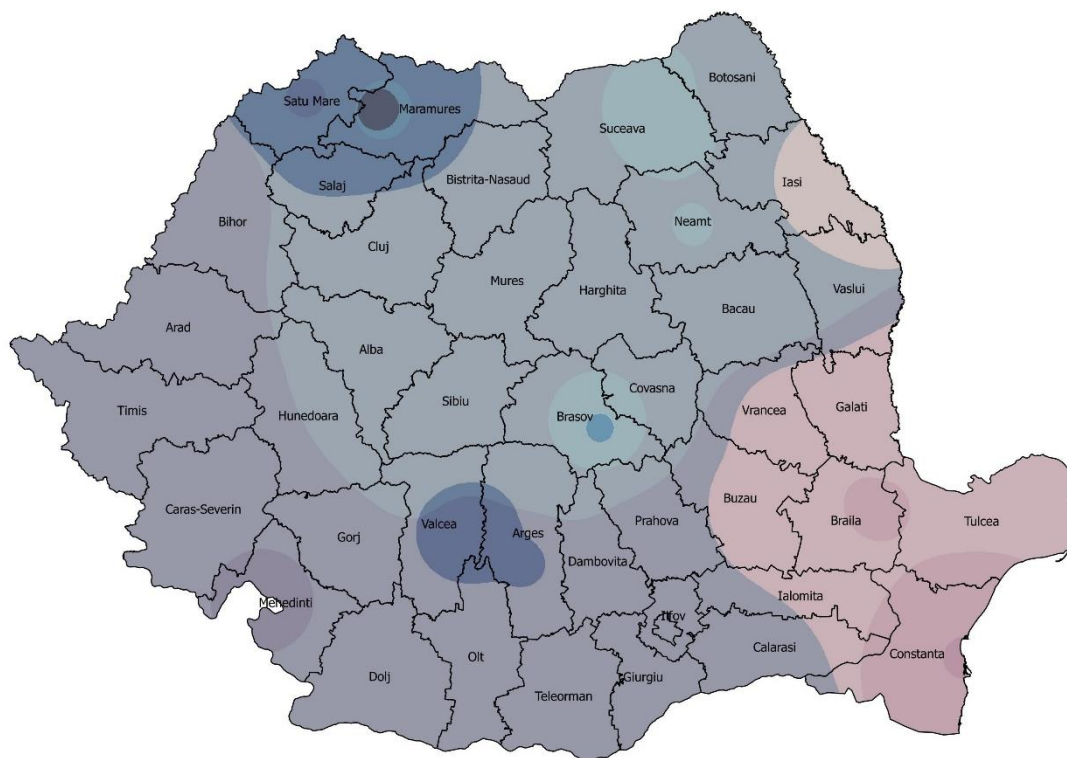


Figura nr. 9. Estimarea zonelor afectate de secetă în anul 2050

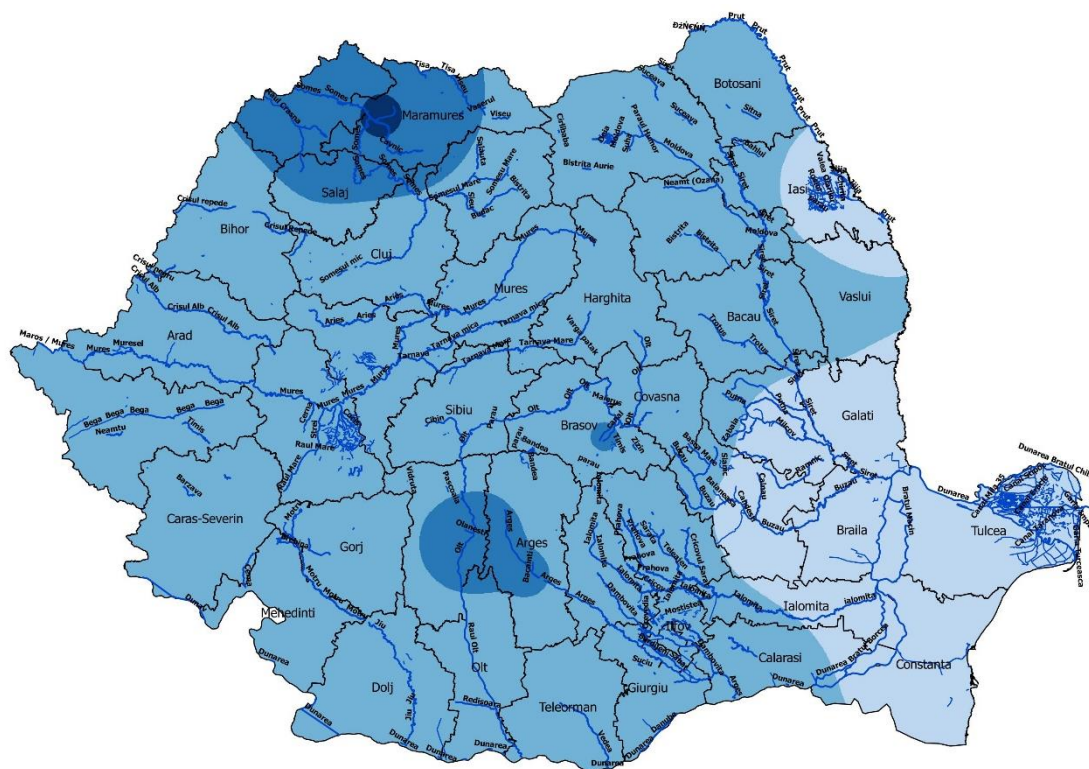


Figura nr. 10. Estimarea riscului la inundații pentru anul 2050

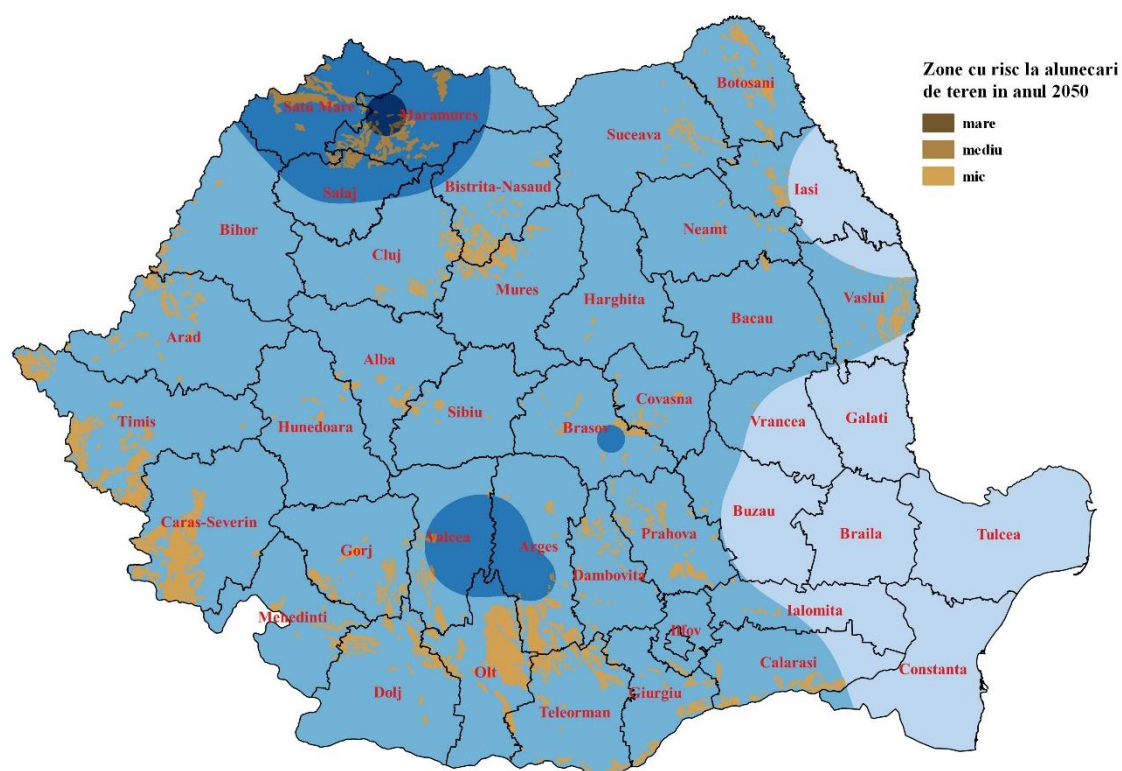


Figura nr. 11. Estimarea zonelor de risc la alunecări de teren în anul 2050

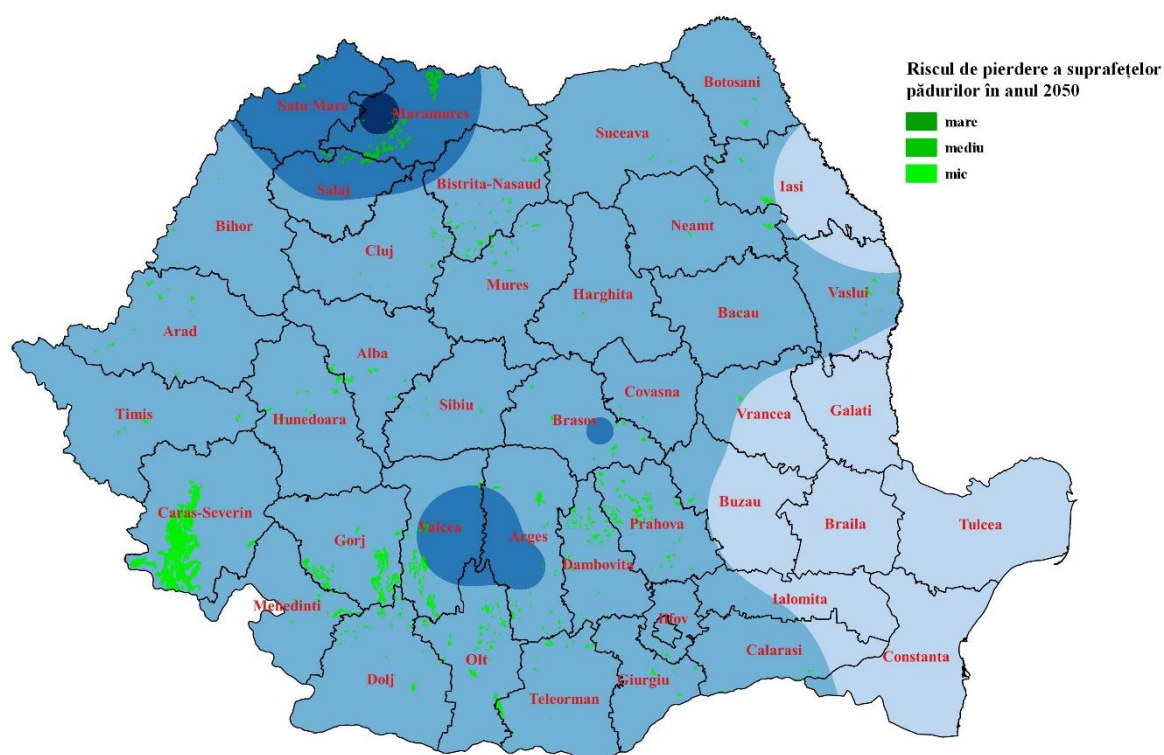


Figura nr. 12. Estimarea pierderilor suprafețelor pădurilor în anul 2050 ca urmare a alunecărilor de teren

6. PREVIZIUNEA EVOLUȚIEI NUMĂRULUI MEDIU DE PENSIONARI ȘI A NUMĂRULUI DE UNITĂȚI SANITARE DIN ROMÂNIA PÂNĂ ÎN ANUL 2050. RISCURILE POSIBILE ȘI MĂSURILE PENTRU ATENUAREA EFECTELOR NEGATIVE.

În cadrul acestui capitol am folosit datele statistice referitoare la numărul mediu de pensionari și la numărul de unități sanitare din România, disponibile până în anul 2017. Având la dispoziție aceste date, am previzionat evoluția numărului mediu de pensionari și a numărului de unități sanitare până în anul 2050. În urma evoluției estimate ale indicatorilor, am identificat principalele riscuri în evoluția acestora și am încercat să evidențiez câteva dintre măsurile care se pot lua pentru diminuarea efectelor negative.

Față de capitolul precedent, în care pentru previzionarea valorilor s-a calculat indicele de variabilitate, pentru a se obține variația tendinței indicatorilor estimați, în cadrul capitolului de față s-a folosit o metodă de previziune în care nu s-a ținut cont de variabilitatea valorilor indicatorilor.

În cele ce urmează se prezintă situațiile comparative între numărul mediu de pensionari și cel al unităților sanitare, estimate a se înregistra în anul 2050.

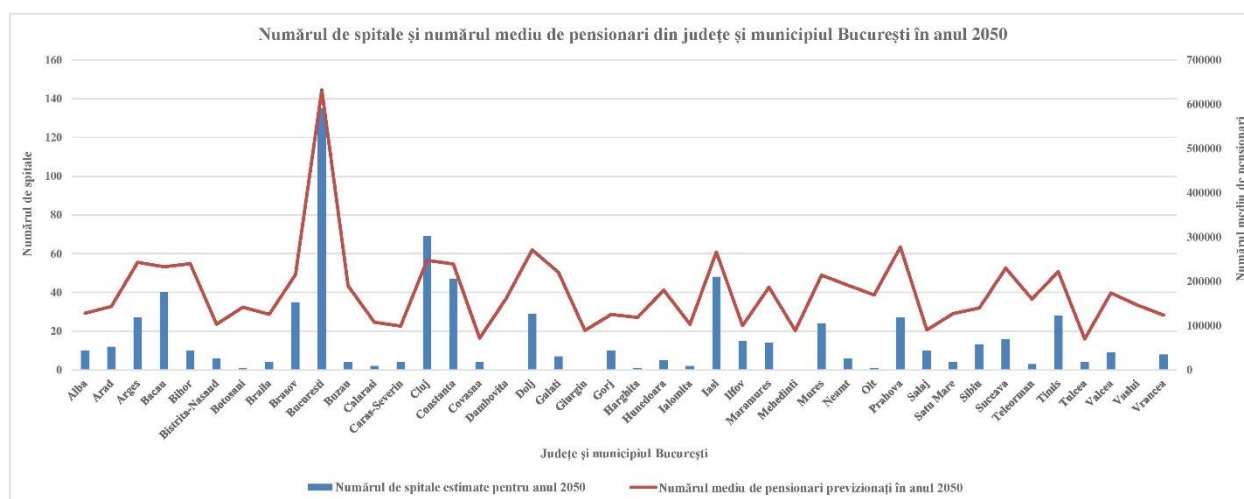


Figura nr. 13. Situația comparativă dintre numărul mediu de pensionari și numărul de spitale în anul 2050

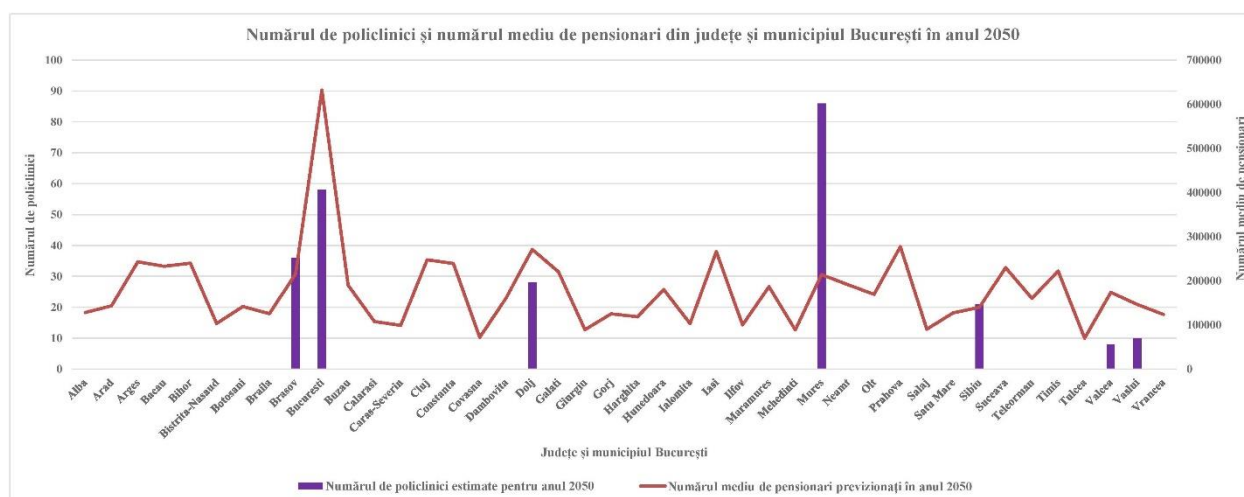


Figura nr. 14. Situația comparativă dintre numărul mediu de pensionari și numărul de policlinici în anul 2050

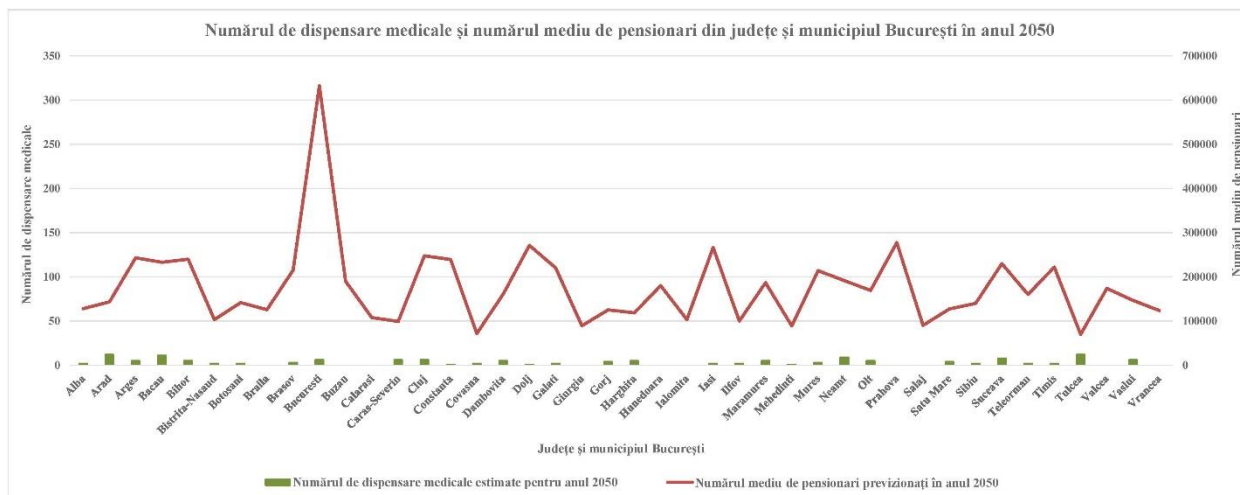


Figura nr. 15. Situația comparativă dintre numărul mediu de pensionari și numărul de dispensare medicale în anul 2050

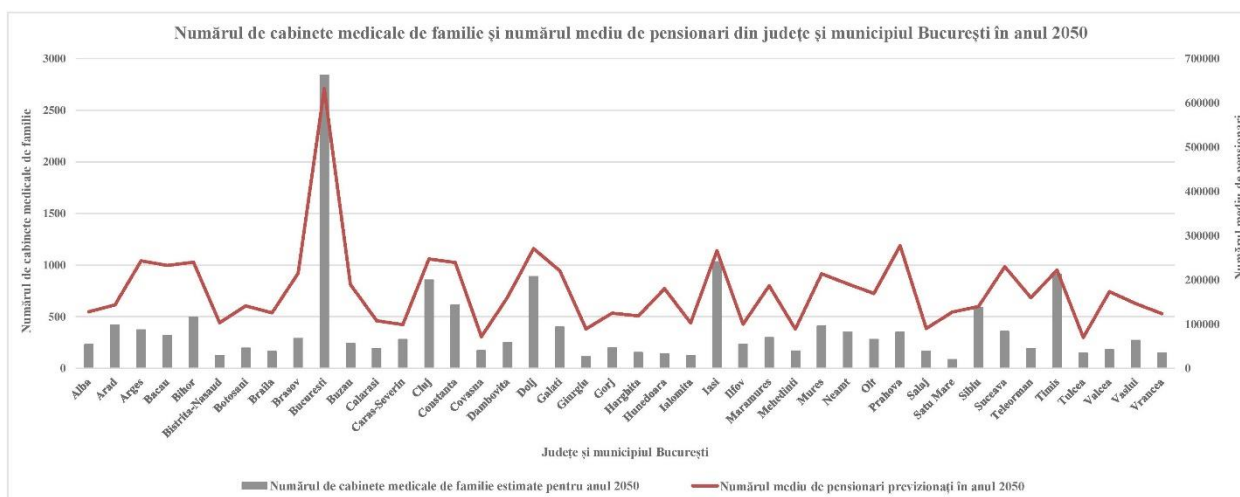


Figura nr. 16. Situația comparativă dintre numărul mediu de pensionari și numărul de cabinete medicale de familie în anul 2050

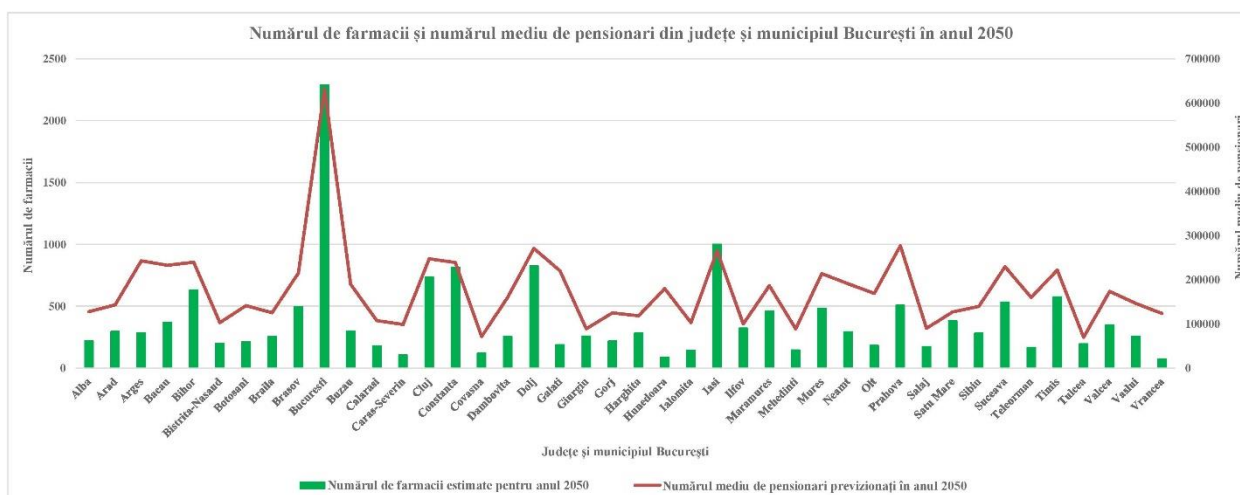


Figura nr. 17. Situația comparativă dintre numărul mediu de pensionari și numărul de farmacii în anul 2050

O situație mai favorabilă se poate obține dacă pentru determinarea numărului mediu de pensionari se folosește metoda de previziune prin luarea în considerare a indicelui de variabilitate, aplicată în cadrul **Capitolului 5** al prezentei teze de doctorat.

Diferențele în ceea ce privește numărul mediu de pensionari estimați pentru anul 2050 prin cele două metode de previziune sunt prezentate în **figura nr. 18**.

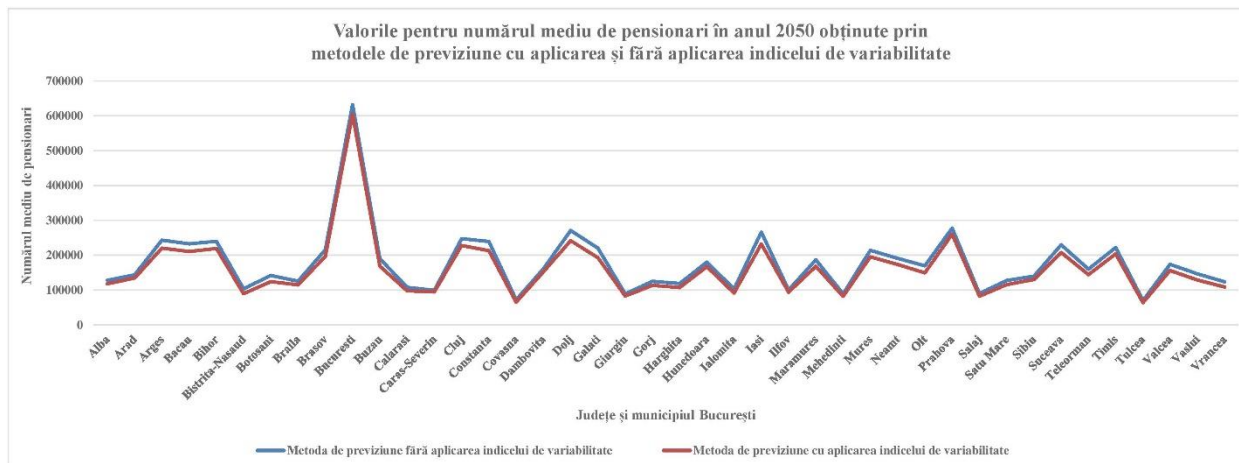


Figura nr. 18. Numărul mediu de pensionari estimați pentru anul 2050, prin metodele de previziune fără indice de variabilitate și cu indice de variabilitate

7. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE ÎN CERCETARE

Prin această teză de doctorat autorul își propune să prezinte câteva modalități cu privire la modul de realizare a modelării predictive a datelor spațiale, pornind de la culegerea datelor, prelucrarea acestora și realizarea previziunii.

Complexitatea temei abordate în cadrul tezei de doctorat a presupus studiul de lucrări științifice din domenii de activitate variate, dat fiind faptul că modelarea predictivă se poate aplica într-o gamă foarte largă de domenii.

Dintre contribuțiile personale la teza de doctorat se pot enumera:

- Tema aleasă pentru teza de doctorat este abordată în cadrul facultăților din țara noastră, dar la nivel decizional nu se pune întotdeauna suficient accent pe anticiparea modului de evoluție a fenomenelor;
- Studiile de caz, în cadrul cărora se abordează două teme actuale;
- Analiza geostatistică a fenomenelor;
- Graficele prezentate în cadrul tezei de doctorat, prin care se dorește crearea unei imagini mai bune a evoluției fenomenelor;
- Prezentarea riscurilor posibile ca urmare a evoluției preconizate a indicatorilor, precum și a măsurilor necesare pentru reducerea efectelor nedorite ale pagubelor;
- Propunerile cu privire la direcțiile de cercetare viitoare;
- Sursele bibliografice variate utilizate pentru realizarea lucrării.

Această lucrare se dorește a fi un punct de plecare util pentru cei care vor să studieze problematica modelării predictive. De asemenea, această teză de doctorat poate fi utilă și pentru realizarea de lucrări științifice noi, pornind de la tema abordată.

Ca direcții de cercetare viitoare se pot aminti următoarele:

- Utilizarea sistemelor expert, pentru a se reduce riscurile obținerii de erori mari în urma procesului de previziune;
- Dezvoltarea studiului de caz referitor la evoluția temperaturilor medii anuale și a precipitațiilor medii anuale, prin utilizarea cât mai multor stații meteorologice, pentru o dimensionare spațială mai bună a valorilor temperaturilor medii anuale și a precipitațiilor înregistrate la aceste stații, și pentru a crește calitatea rezultatelor previziunii;
- Dezvoltarea studiului de caz referitor la evoluția numărului mediu de pensionari și a unităților sanitare, prin luarea în considerare a numărului acestora la nivelul localităților, pentru a crește calitatea rezultatelor previziunii;
- Adaptarea metodei de previziune prin utilizarea indicelui de variabilitate, pentru a putea da rezultate în cazul existenței atât de valori pozitive, cât și negative ale indicatorilor care se doresc a fi estimați.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Andonie, Răzvan și Ilie Gârbacea (1995), *Algoritmi fundamentali. O perspectivă C++*, Libris, Cluj-Napoca, ISBN 973-96494-5-9, accesibilă la adresa: <https://www.cwu.edu/faculty/sites/cts.cwu.edu/faculty/files//users/142/documents/cartea%20de%20algoritmi.pdf> (consultată la 13.03.2019);
2. Anghelache, Constantin, Mădălina-Gabriela Anghel, Tudor Samson și Radu Stoica (2017), Metode și tehnici de elaborare a previziunilor, publicat în *Revista Română de Statistică*, Supliment nr. 4 / 2017, accesibil la adresa: http://www.revistadestatistica.ro/supliment/wp-content/uploads/2017/04/rrss_04_2017_site_A2_ro.pdf (consultat la 20.03.2019);
3. Armstrong, J. Scott (iulie 1985), *Long-range forecasting: From Crystall Ball to Computer*, „Wiley-Interscience”, New York, S.U.A., ISBN 978-0471822608, accesibilă la adresa: <http://www.forecastingprinciples.com/files/LRF-Ch7b.pdf> (consultată la 21.03.2019);
4. Bezručka, Juraj (2011), The use of Kalman Filter in geodesy and navigation, *Slovak Journal of Civil Engineering*, Vol. XIX, no. 2, accesibil la adresa: https://www.svf.stuba.sk/buxus/docs/sjce/2011/2011_2/file1.pdf (consultat la 12.06.2019);
5. Bogatin, Sonja și Dušan Kojok (octombrie 2006), Application of the Kalman Filtering in Terrestrial Geodesy, prezentat în cadrul celui de-al XXIII Congres „FIG”, de la Muenchen, Germania, accesibil la adresa: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2006/papers/ps05_06/ps05_06_03_bogatin_kogoj_0275.pdf (consultat la 09.06.2019);
6. Bueno, Maria do Carmo Dias (iunie, 2014), *Spatial Data. Use and Dissemination*, IBGE „Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística”, accesibilă la adresa: https://unstats.un.org/Unsd/demographic/meetings/wshops/Chile_31May11/docs/country/brazil/02-s10.pdf (consultată la 24.06.2019);
7. Cave, William C. [1989] (2017), *Prediction theory for control systems*, accesibilă la adresa: <http://www.predictsys.com/PredictionTheory.pdf> (consultată la 10.03.2019);

8. Cesa-Bianchi, Nicolò și Gábor Lugosi (2006), *Prediction, learning and games*, Cambridge University Press, ISBN 978-0-511-19178-7, accesibilă la adresa:
http://www.ii.uni.wroc.pl/~lukstafi/pmwiki/uploads/AGT/Prediction_Learning_and_Games.pdf
(consultată la 11.03.2019);
9. *DEX - Dicționarul Explicativ al Limbii Române*, accesibil la adresa:
<https://www.dexonline.ro/>
10. Dickey, David Alan (2012), *Introduction to Predictive Modeling with Examples*, SAS („Scholars Academic and Scientific”), Mumbai, India, accesibil la adresa:
<http://support.sas.com/resources/papers/proceedings12/337-2012.pdf>
(consultat la 22.04.2019);
11. *Directiva 2007/2/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 14 martie 2007, de instituire a unei infrastructuri pentru informații spațiale în Comunitatea Europeană (Inspire)*, publicată în *Jurnalul Oficial al Uniunii Europene*, accesibilă la adresa:
<http://ogp.gov.ro/wp-content/uploads/2013/10/Directiva-INSPIRE.pdf>
(consultată la 24.06.2019);
12. *Directiva 2007/60/EC a Parlamentului European și a Consiliului din 23 octombrie 2007, privind evaluarea și gestionarea riscurilor de inundații*, publicată în *Jurnalul Oficial al Uniunii Europene*, accesibilă la adresa:
<http://www.inhga.ro/documents/10184/57279/Directiva+60+CE+din+2007.pdf/334e57ef-aaea-4966-9889-aae1e3089c80> (consultată la 15.06.2019);
13. Dübel, Steve, Martin Röhlig, Heidrun Schumann, Matthias Trapp (2014), *2D and 3D Presentation of Spatial Data: A Systematic Review*, accesibil la adresa:
http://blogs.evergreen.edu/vistas/files/2015/02/dubel-topost-2dvs3d-visieevis2014_submission_3.pdf (consultat la 27.06.2019);
14. Dübel, Steve, Martin Röhlig, Christian Tominski și Heideun Schumann (2017), *Visualizing 3D Terrain, Geo-Spatial Data, and Uncertainty*, publicat în *Informatics*, accesibil la adresa:
<http://www.mdpi.com/2227-9709/4/1/6/htm> (consultat la 28.06.2019);
15. Duncan, Ian (noiembrie 2011), *Predictive Modeling: basics & beyond*, SCIOinspire Corp., accesibil la adresa:
http://www.ehcca.com/presentations/predmodel5/duncan_pc1.pdf (consultat la 08.05.2019);
16. Goleț, Ionuț (2012), *Previziune economică*, Universitatea de Vest din Timișoara, Facultatea de Economie și de Administrare a Afacerilor;
17. Idowu, Adebayo Peter, Nneoma Okoronkwo și Rotimi E. Adagunodo (2009), *Spatial Predictive Model for Malaria in Nigeria*, publicat în *Health Informatics and Developing Countries*, accesibil la adresa:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.846.2344&rep=rep1&type=pdf>
(consultat la 30.05.2019);
18. Ilie, Andrei-Șerban (2014), *Geostatistics kriging methods as a special case of geodetic least-squares collocation*, publicat în *RevCAD Journal of Geodesy and Cadastre*, accesibil la adresa:
http://revcad.uab.ro/upload/35_414_Paper17_RevCAD16_2014.pdf
(consultat la 07.06.2019);
19. Li, Jin (mai 2019), *A Critical Review of Spatial Predictive Modeling Process in Environmental Sciences with Reproducible Examples in R*, publicat în *Applied Sciences*
https://www.researchgate.net/publication/333179961_A_Critical_Review_of_Spatial_Predictive_Modeling_Process_in_Environmental_Sciences_with_Reproducible_Examples_in_R
(consultat la 01.07.2020);

20. Lee, Bryan S. și David J. Buckley (iunie 1992), Forestry Canada Applies GIS Technology to Forest Fire Management, publicat în *Earth Observation*, accesibil la adresa: <https://cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/19144.pdf> (consultat la 14.06.2019);
21. Ministry of Tourism and Ministry Responsible for Culture (aprilie 1993), *Archaeological Predictive Modelling: An Assessment*, redactat pentru „The Earth Sciences Task Force Resources Inventory Committee”, accesibil la adresa: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/natural-resource-stewardship/nr-laws-policy/risc/background/archaeological_predictive_modelling.pdf (consultat la 27.05.2019);
22. Nicolae, Valentin, Dumitrache Caracotă, Daniela Luminița Constantin, Cornelia Pârlog, Ilie Grădinaru, Vasilica Slăvescu și Valerian Tobultoc (2002), *Previziune macroeconomică*, editura A.S.E., București, ISBN 973-594-174-0, accesibilă la adresa: <http://www.biblioteca-digitala.ase.ro/biblioteca/carte2.asp?id=71&idb> (consultată la 27.03.2019);
23. Radu, Ciprian (2005), Modelarea computerizată folosită în sisteme biomecanice, accesibil la adresa: https://imt.uoradea.ro/auo.fmte/files-2005/MECATRONICA_files/Ciprian%20Radu%201.pdf (consultat la 15.05.2019);
24. RWS - RIKZ (septembrie, 2007), *Atlas of Flood Maps*, accesibil la adresa: https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/env/wfd/Library/floods_programme_1/b_wg_f_on_floods/meeting_19102007/Rapport%20-%20Draft%2011.pdf (consultat la 15.06.2019);
25. Spiru, Luiza (noiembrie 2013), Medicina preventivă, predictivă și personalizată (Medicina 3P): Instrument prețios pentru promovarea îmbătrânirii active, prezentată în cadrul „Forumului Internațional pentru Turismul de Sănătate”, accesibilă la adresa: <http://www.turismulresponsabil.ro/wp-content/uploads/2013/11/6.Medicina-3P.pdf> (consultată la 15.05.2019);
26. Vasilca, Doina (2017), *Planificare spațială și GIS pentru dezvoltare durabilă - SINTEZE*, Capitolul: Reprezentări cartografice și vizualizarea informației în GIS, MATRIX ROM, București, ISBN 978-606-25-0378-9;
27. Verhagen, Jacobus Wilhelmus Hermanus Philippus (2007), *Case studies in archaeological predictive modelling*, Leiden University Press, ISBN 978-90-8728-007-9, accesibilă la adresa: <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/21069> (consultată la 28.05.2019);
28. <https://www.csid.ro/dictionar-medical/medicina-predictiva-11304858> (consultat la 14.05.2019);
29. <http://www.foibg.com/ijitk/ijitk-vol02/ijitk02-3-p18.pdf> (consultat la 03.07.2020);
30. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7344455> (consultat la 03.07.2020);
31. <https://www.mitre.org/publications/systems-engineering-guide/acquisition-systems-engineering/risk-management/risk-mitigation-planning-implementation-and-progress-monitoring> (consultat la 28.06.2020);
32. <https://www.ndt.org/vendor.asp?ObjectID=45887> (consultat la 23.06.2019);
33. <https://study.com/academy/lesson/geovisualization-definition-examples.html> (consultat la 27.06.2019);
34. <https://www.techopedia.com/definition/14004/predictive-modeling> (consultat la 24.04.2019).