

**SISTEMUL INFORMATIC GEOGRAFIC
AL RESURSELOR DE SOL ALE ROMÂNIEI “SIGSTAR-200”:
METODOLOGIE DE REALIZARE
ȘI PRINCIPALELE TIPURI DE APLICAȚII
THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM
OF SOIL RESOURCES OF ROMANIA „SIGSTAR-200”:
DEVELOPMENT AND MAIN TYPES OF APPLICATIONS**

**Ruxandra Vintilă, I. Munteanu, G. Cojocaru, Cristina Radnea, Diana Turnea,
G. Curelariu, Ioana Nilca, Marcela Jalbă, I. Piciu, I. Râșnoveanu, Cristina
Șilețchi, M. Trandafir, Georgeta Untaru, Rodica Vespremeanu**

Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie (ICPA București)

Ruxandra Vintilă (rvi@icpa.ro), ICPA, Bd. Mărăști nr. 61, 71 331 București

Abstract

The Geographic Information System of Soil Resources „SIGSTAR-200” was developed based on the information contained in the 50 tiles constituting “The Soil Map of Romania at the scale 1:200,000”, tiles published throughout a long period (1964 – 1994). During the development of SIGSTAR-200, the mapped information was updated in accordance with a unique legend published in 1994.

SIGSTAR-200 is intended for the administrative levels (strategy and tactics within ministries and county departments) as well as for the scientific investigation (choice of pilot zones, selection of models and methods, validation for other spatial and descriptive data), being a powerful tool for sustainable use of soil resources.

The paper firstly presents the methodology used to develop this geographic information system (GIS) and continues with the main types of applications designed until now, namely:

- generation of new maps as concern soil degradation processes (water and wind erosion, groundwater and surface water logging, salinisation, alkalisation)
- characterisation of soil landscapes based on special metrics
- integration of data acquired by remote sensing within the GIS

These types of applications are illustrated on an area defined by the Tarnava Mare drainage basin at west of the Copșa Mică town (centre of Romania). This area was chosen because the implementation of a strategy for sustainable use of natural resources, including soils, is of vital importance, in the context of the ecological vulnerability of this basin polluted with heavy metals.

Keywords: soil, agriculture, environment protection, geographic information system, remote sensing, decision-making, Romania

1 Introducere

Sistemele Informatice Geografice (SIG) culeg, memorează, verifică, integrează, gestionează, analizează și afișează date referitoare la diferite zone de pe suprafața Pământului. În astfel de sisteme, datele sunt prelucrate prin metode specifice de analiză spațială (Worboys, 1995), în vederea producerii de informații statistice necesare procesului de decizie.

În prezent există trei SIG de referință la nivel internațional în domeniul solurilor și al terenurilor:

- „SOTER – Global and National Soils and Terrain Digital Databases” (Van Engelen și Wen, 1995) a fost inițiat de Societatea Internațională de Știința Solurilor în 1986 și a fost condus metodologic de Centrul Internațional de Referință și Informații privind Solurile (ISRIC). Sistemul, la ora actuală finalizat, a avut două obiective principale: (1) crearea unui SIG global cu informații despre soluri și terenuri; (2) crearea unui serviciu de informații referitoare la sol și teren, pentru cerințele de gestionare a acestor resurse la nivel global și regional
- „EUSIS – European Soil Information System” (SAI, 1999) este un proiect în desfășurare, coordonat de European Soil Bureau (ESB) al UE. Acest sistem este alcătuit din următoarele componente: (1) Baza de date geografice a solurilor din Europa la scara 1:1.000.000 („SGDBE”), precum și la scara 1:250.000, în curs de realizare în câteva țări; (2) Baza de date analitice a profilelor de sol din Europa („SPADE”); (3) Baza de date a proprietăților hidraulice ale solurilor din Europa („HYPRES”); (4) Baza de cunoștințe cu reguli de pedotransfer
- „LUCC – Land Use and Land Cover Change” (IGBP/HDP, 1999) este un proiect comun al programelor „International Geosphere-Biosphere Programme” (IGBP) și „International Human Dimensions Programme” (IHDP). LUCC are ca obiectiv major aprofundarea cunoașterii efectelor produse de modificările de acoperire și utilizare a terenurilor, incluzând relațiile cu schimbările la nivel global produse în mediul înconjurător.

Până acum, în țara noastră a fost folosită tehnologia SIG în următoarele lucrări din domeniul solurilor și al terenurilor:

- Solurile Deltei Dunării (Munteanu, 1996)
- RomSOTER-200, sistem care implementează pentru România metodologia SOTER (Munteanu și colab., 1998)
- Baza de date geografice a solurilor din România la scara 1:1.000.000, integrată în sistemul european EUSIS-SGDBE
- Extrapolarea spațială a rezultatelor modelării agro-climatice folosind tehnologia SIG (Simota și colab., 2000a, 2000b)
- Sistemul informatic geografic al resurselor de sol “SIGSTAR-200”

Prezentarea ultimului sistem enumerat constituie subiectul lucrării de față.

SIGSTAR-200 a fost realizat pe baza informațiilor conținute în cele 50 de foi de hartă care alcătuiesc „Harta Solurilor României la scara 1:200.000”, foi publicate

între anii 1964 și 1994, ale căror informații au fost actualizate conform unei legende unice (Florea și colab., 1994).

Lucrarea prezintă mai întâi metodologia de realizare a acestui SIG și continuă cu principalele tipuri de aplicații elaborate până în prezent, și anume:

- obținerea de hărți derivate referitoare la procesele de degradare a solurilor (eroziune prin apă, eroziune eoliană, gleizare, pseudogleizare, salinizare și alcalizare)
- caracterizarea diversității pedopeisajelor pe baza unor indici cantitativi speciali
- integrarea de date achiziționate prin teledetecție

Cele trei tipuri de aplicații sunt exemplificate pe o zonă delimitată de bazinul de drenaj al Târnavei Mari, la vest de Copșa Mică, unde implementarea unei strategii de gestiune durabilă a resurselor naturale prezintă o mare importanță, dată fiind vulnerabilitatea ecologică a acestui bazin.

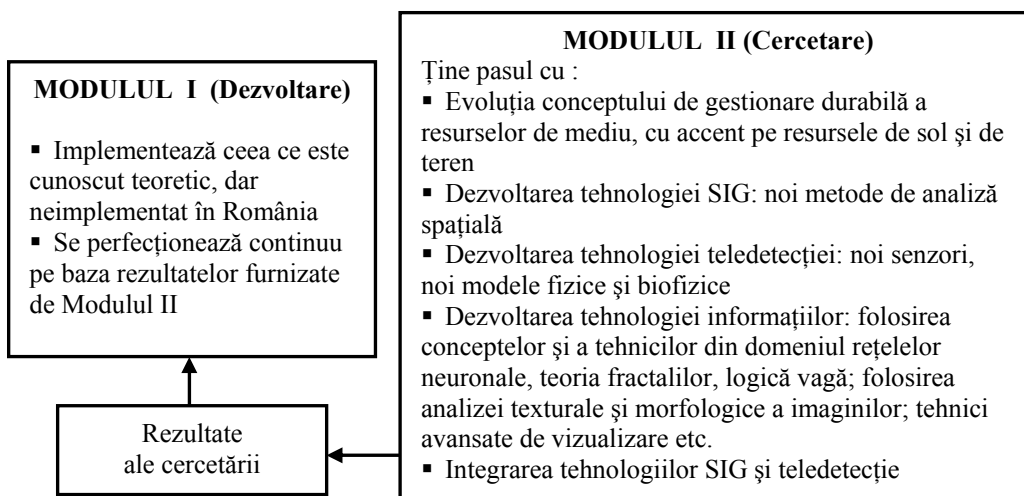
2 Metodologie

2.1 Concepție

SIGSTAR-200 a fost realizat la Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie în scopul de a dispune de un instrument care să ajute la implementarea strategiei de utilizare durabilă a resurselor naturale. Această strategie constă în dezvoltarea unei agriculturi și a unei industrii viabile, atât economic, cât și din perspectiva protecției mediului, precum și în sensul realizării unei infrastructuri stabile ecologic, cu păstrarea biodiversității și promovarea diferențelor naturale locale. Utilizarea durabilă a resurselor naturale se încadrează în concepția globală de dezvoltare durabilă a societății, care urmărește „*satisfacerea cerințelor prezente, fără a se compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile cerințe*” (Raportul Brundtland, citat de CEC, 1993).

SIGSTAR-200 este conceput astfel încât la orice moment să se poată lua decizii pe baza unor date și modele neperimate. Din punct de vedere funcțional, sistemul este împărțit în două mari module:

Figura 1 Schema funcțională a SIGSTAR-200



Sistemul informatic geografic SIGSTAR-200 se adresează atât decidenților de la nivel ministerial și județean, cât și cercetătorilor, fiind un instrument specific implementării strategiei de utilizare durabilă a resurselor de sol din țara noastră.

2.2 Realizare

Primul pas în realizarea SIGSTAR-200 a fost trecerea foilor de hartă mai vechi (28 din 50), realizate conform unei legende care nu se mai folosește, în noua legendă publicată în anul 1994. Deoarece nu a existat o corespondență „unu-la-unu” între cele două legende – veche și nouă – această operațiune a condus nu numai la schimbarea denumirii unităților cartografice de sol, ci uneori și a limitelor unor unități teritoriale de sol. Prin urmare, pentru foile de hartă mai vechi, în SIGSTAR-200 s-a introdus varianta actualizată conform noii legende, și nu varianta tipărită.

Datele cartografice s-au introdus în SIG prin două metode: (1) scanare-subțiere-vectorizare, pentru foile de hartă elaborate în noua legendă și la care au existat originalele de editare ale hărților tipărite; (2) digitizare după un mylar (calc) elaborat special, pentru foile care au necesitat actualizare conform noii legende, sau pentru care nu a fost disponibil originalul de editare. După introducerea și construirea topologiei, datele cartografice au fost transformate în coordonate Gauss-Krüger și stereo `70, pe elipsoid Krasovsky 1940, datum Pulkovo 1942.

Ca date descriptive, pentru fiecare unitate teritorială de sol s-au introdus cele trei caracteristici existente pe harta tipărită: unitatea cartografică (tipul sau subtipul de sol), textura orizontului de suprafață și scheletul.

Din punct de vedere informatic, SIGSTAR-200 a fost realizat cu pachetele de programe Arc/Info (ESRI, 1995) și GRASS (1999). În prezent, baza de date este menținută atât în format vectorial de SIG Arc/Info, cât și într-un format de schimb standard (denumit „e00”) în scopul compatibilizării acestor date cu alte tipuri de SIG. Configurația hardware pe care s-a dezvoltat SIGSTAR-200 a cuprins o rețea de calculatoare performante și diverse echipamente periferice: digitizor, scanner, plotter și imprimantă. La aceasta configurație s-au adăugat, începând din anul 2000, dispozitive GPS performante, cu care actualmente este obligatorie poziționarea în teren în cadrul studiilor de cartare.

3 Principalele tipuri de aplicații

3.1 Obținerea de hărți derivate referitoare la procesele de degradare

Pentru a transforma SIGSTAR-200 într-un instrument de asistare a deciziilor, în spiritul unei strategii de utilizare durabilă, au fost definite câteva „produse finale standard”.

Acestea se referă la hărți și tabele statistice privind următoarele procese de degradare a solurilor: eroziunea prin apă, eroziunea eoliană, gleizarea, pseudogleizarea, salinizarea și alcalizarea.

Au fost ca urmare adăugate în SIGSTAR-200, prin reguli de tip „expert”, încă șase date descriptive, care corespund încadrării unității cartografice de sol în clase de degradare definite astfel:

- clase de eroziune prin apă: sub 5%, între 5-25%, între 25-50%, între 50-75%, peste 75% - suprafață afectată din unitatea cartografică de sol
- clase de eroziune prin vânt: sub 5%, între 5-25%, între 25-50%, între 50-75%, peste 75% - suprafață afectată din unitatea cartografică de sol
- clase de intensitate a gleizării: nulă (fără pericol de exces de apă), foarte redusă (pericol de exces de apă în caz de irigare necontrolată – soluri freatic umede), moderată (pericol de exces de apă numai în anii ploioși – subtipuri gleizate), puternică (pericol de exces de apă dacă nu există drenaj artificial – soluri freatic hidromorfe), foarte puternică (exces cvasipermanent de apă – subtipuri mlăștinoase)
- clase de intensitate a pseudogleizării: nulă (fără pericol de exces de apă), redusă (pericol redus de exces de apă în anii ploioși – cernoziomuri din crovuri; subtipuri vertice de soluri nepseudogleizate), moderată (pericol moderat de exces de apă în anii ploioși – subtipuri pseudogleizate, vertisoluri), puternică (exces frecvent de apă – subtipuri pseudogleice, planosoluri, soluri pseudogleice, soluri clinomorfe), foarte puternică (exces prelungit de apă în fiecare an- soluri pseudogleice mlăștinoase)
- clase de intensitate a salinizării: nulă, slabă-moderată, puternică-foarte puternică
- clase de intensitate a alcalizării: nulă, slabă-moderată, puternică-foarte puternică

Pe baza produselor finale standard realizate, au fost deja publicate rezultate pe județele Sibiu (Vintilă și colab., 1997), Alba (Baciu și colab., 1999), Suceava (Radnea și colab., 2000) și Brașov (Nilca și colab., 2000), pe zona de Sud-Vest (Simota și colab., 2000a), precum și la nivelul foilor de hartă „Slatina” (Radnea și colab., 1999) și „Timișoara” (Nilca și colab., 1999).

3.2 Caracterizarea diversității pedopeisajelor pe baza unor indici cantitativi

S-au definit mai multe seturi de indici cantitativi cu scopul cuantificării diversității și a fragmentării pedopeisajelor, a formalizării comparării dintre diferite pedopeisaje și, nu în ultimul rând, pentru aprofundarea înțelegerii structurii, funcționării și a schimbărilor produse în interiorul pedopeisajelor (Florea, 2001).

Au fost luate în considerare ca niveluri ierarhice arealul, tipul de areal și pedopeisajul (delimitat de fiecare studiu), definindu-se indici de: suprafață, densitate, mărime și variabilitate, formă, vecinătăți și diversitate.

Vintilă (2002) a prelucrat pentru prima dată datele din SIGSTAR-200 pentru a caracteriza diversitatea pedopeisajului pe baza câtorva dintre tipurile de indici amintiți.

3.3 Integrarea de date achiziționate prin teledetecție

Pentru explicarea funcționării sistemului „covor vegetal - înveliș pedologic”, măsurile accesibile din date achiziționate prin teledetecție sunt următoarele:

- pentru funcționarea hidrică a sistemului:

- în domeniul optic: reflectanța, albedo și structura covorului vegetal (% de acoperire a solului cu vegetație)
- în domeniul infraroșu termic: temperatura de suprafață, starea de stres hidric și evapotranspirația
- în domeniul microundelor (radar): umiditatea de suprafață
- pentru funcția de asimilare a carbonului și a azotului:
 - în domeniul optic: structura covorului vegetal (indicele suprafeței foliare și unghiul de înclinare a frunzelor), conținutul în pigmenți clorofilieni și azot, radiația fotosintetic activă absorbită.

În prezent, există două abordări în utilizarea datelor de teledetecție: (1) utilizarea directă, sub forma unor indici de vegetație sau indici corelați cu anumite însușiri ale solului, abordare care are rezultate statistice sau calitative, adecvată pentru scara regională sau națională; (2) utilizarea indirectă, prin asimilare în modele de transfer radiativ cuplate cu modele agrofiziologice, abordare cu rezultate cantitative, adecvată atât pentru scara regională sau națională, cât și locală (parcelă).

Pentru integrarea în SIGSTAR-200 s-a folosit deocamdată prima abordare de către Vintilă (2002), într-o concepție care va fi expusă în paragraful următor.

4 Studiu pe bazinul de drenaj al Târnavei Mari

Cadrul metodologic pentru utilizarea datelor din SIGSTAR-200 în scopul asistării deciziilor din domeniul agriculturii și al protecției mediului a fost aplicat pe zona acoperită de bazinul de drenaj al Târnavei Mari, în aval de Copșa Mică (Figura 2). Acest bazin suscită preocupare din cauza acumulării de metale grele în sol și a transiterii lor, prin vegetație, la om și animale (Dumitru și colab., 1993-1995, Lăcătușu și colab., 1995). Vulnerabilitatea ecologică a acestei zone, în pofida măsurilor de oprire a activităților poluante, a constituit un argument pentru o abordare complementară, prin tehnologiile SIG și teledetecție.

S-a urmărit în principal estimarea funcționării globale a covorului vegetal și a învelișului de sol din acest bazin de drenaj, pe baza monitorizării activității fotosintetice. Aceasta s-a determinat prin doi indici de vegetație: NDVI („Normalized Difference Vegetation Index”) pe zonele cu grad de acoperire a solului de peste 15%, și SAVI („Soil-Adjusted Vegetation Index”) pe restul teritoriului. Ca urmare a prelucrărilor efectuate, fiecare unitate spațială elementară (pixel) a fost caracterizată printr-un set de *însușiri stabile* de sol și de teren, însoțit de un set de *însușiri dinamice*, relative la activitatea fotosintetică la diferite momente și la modificările apărute între acestea. Concepția generală a studiului și a prelucrărilor este prezentată în Figura 3.

Figura 2 Modelul numeric de teren al României rezultat din SIG "GTOPO30",
cu suprapunerea bazinelor de drenaj definite pe baza acestuia în SIG "HYDRO1K"
(altitudini codificate în tonuri de gri, de la nuanțe închise pentru altitudini joase la nuanțe deschise pentru cele înalte)

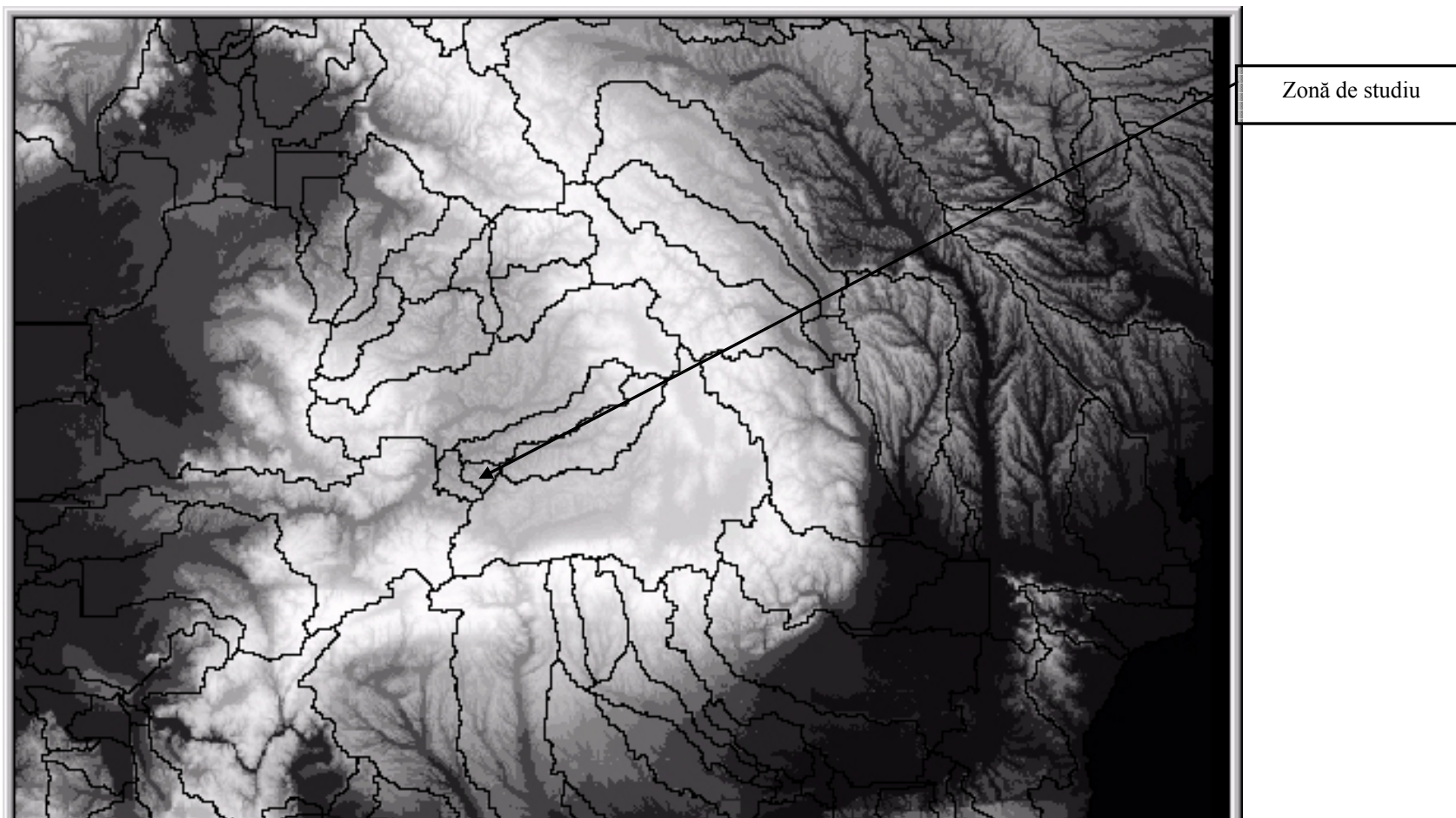
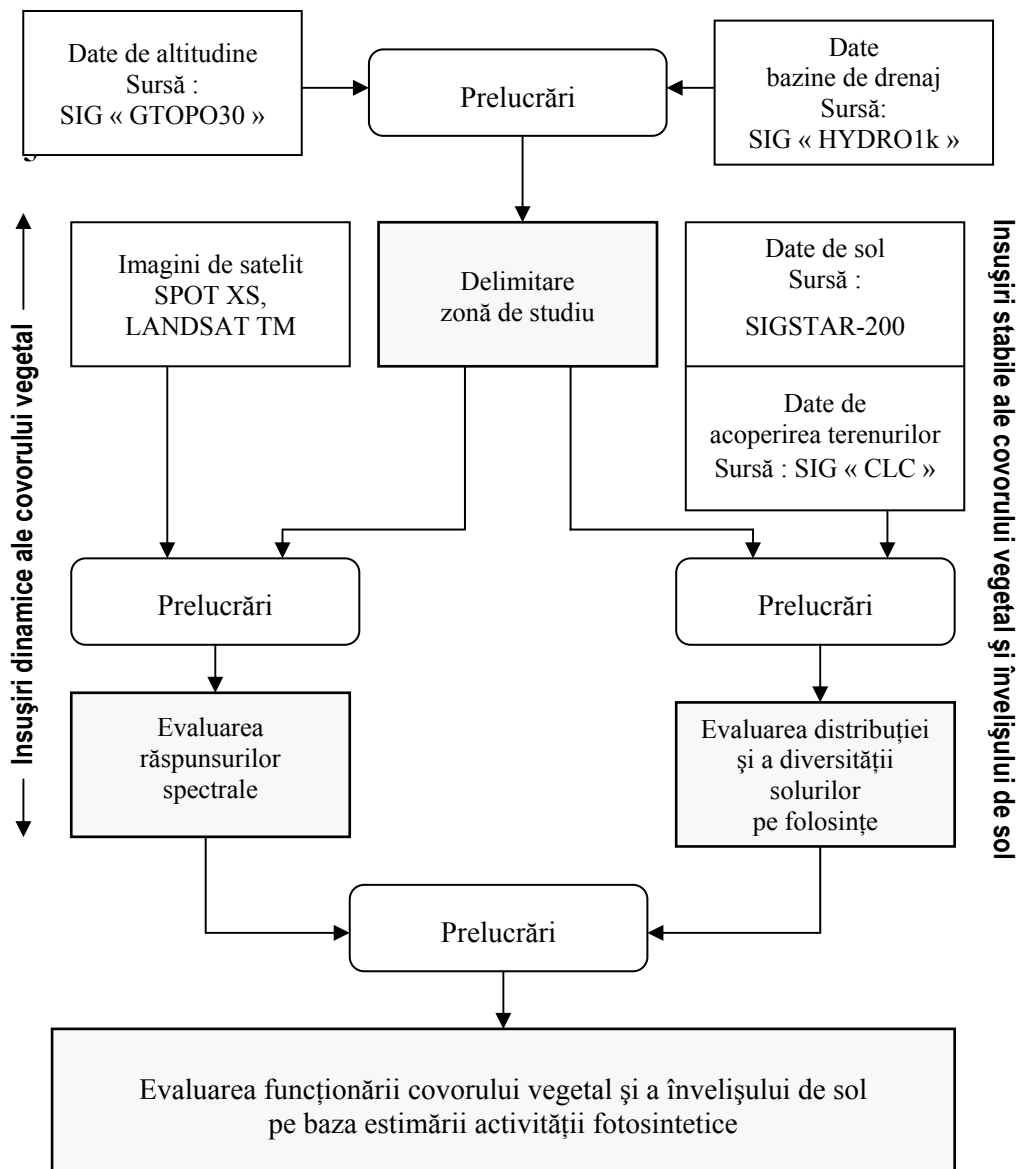


Figura 3 Diagrama generală a prelucrărilor executate pentru studiul pe bazinul de drenaj al Târnavei Mari



Concluzii

Sistemul informatic geografic SIGSTAR-200 și-a dovedit deja utilitatea în asistarea procesului de decizie, prin furnizarea de produse finale standard sub formă de hărți și tabele statistice. În plus, a fost validată viabilitatea concepției informatice de realizare, sistemul dovedindu-se perfect compatibil cu alte sisteme de tip SIG.

Legat de integrarea datelor de teledetecție, aceasta s-a putut face cu bune rezultate pentru o scară regională (bazin de drenaj). Metodologia expusă în studiul-caz (Figura 3) poate fi folosită pe orice zonă din țară. Alegerea indicelui pentru caracterizarea vigorii sau a biomasei verzi se va face în principal în funcție de gradul de acoperire a solului cu vegetație.

Utilizarea teledetecției spațiale este condiționată de costul imaginilor. Pentru aplicații la scară mică există soluții relativ ieftine. Astfel, imaginile AVHRR (achiziționate de sateliții NOAA), MODIS (luate de satelitul TERRA) și VEGETATION (luate de sateliții SPOT 4 și SPOT 5) pot fi folosite în condiții foarte avantajoase. Pe baza lor, se pot face aplicații de monitorizare a activității fotosintetice la nivel regional și național.

Remarcăm totuși un aspect negativ, general la nivelul țării noastre, cauzat de lipsa unei verigi în activitatea de cercetare-dezvoltare-extindere, care să aibă atribuții de gestiune și actualizare a SIG-urilor, după ce acestea au fost realizate. În acest caz, activitățile respective sunt făcute benevol de către chiar autori. Totuși, întreținerea și dezvoltarea de sisteme informatice geografice, care sunt sisteme de foarte mare complexitate și dimensiuni, prin urmare și foarte scumpe, ar trebui reglementată într-o viziune pe termen mediu-lung, coordonată la nivel național.

6 Referințe

- Baciu, C., Vintilă, R., Radnea, C., Vespremeanu, R., Untaru, G., Jalbă, M., Piciu, I. (1999) – Realizarea și utilizarea variantei digitale a hărții texturii de suprafață a solurilor pentru județul Alba. *Protecția mediului în agricultură*, pag. 143-151 (ed. Helicon, Timișoara)
- CEC (1993) – Towards sustainability – A EC Programme of Policy and Action in Relation to the Environment and Sustainable Development, 162 pag. (Office for Official Publications of the EC, Luxembourg)
- ESRI (1995) – Documentația pachetului de programe ARC/INFO (Environmental Systems Research Institute, ESRI Inc., SUA)
- Dumitru, M., Toti, M., și colab. (1993-1995) - Refacerea ecologică a terenurilor agricole afectate de pe platforma industrială Copșa Mică. *Rapoarte de Cercetare (ICPA)*
- Florea, N., Bălăceanu, V., Munteanu, I., și colab. (1994) – Legenda generală a Hărții Solurilor României la scara 1:200.000 (ed. de *Institutul de Geodezie, Fotogrammetrie, Cartografie și Organizarea Teritoriului*)
- Florea, N. (2001) – Asamblajul pedogeografic. Exprimarea organizării spațio-temporale a învelișului de sol, 32 pag. (ed. Universității Al. I. Cuza, Iași)
- GRASS (1999) – Documentația pachetului de programe Blackland GRASS (Texas Agricultural Experiment Station, SUA)

- IGBP/HDP (1999) – IGBP Report No. 35 / HDP Report No. 7: Land-Use and Land-Cover Change, Science/Research Plan (publicațiile IGBP/HDP)
- Lăcătușu, R., Răuță, C., Avram, N., Medrea, N., Kovacovics, B., Cârstea, S., Ghelase, I. (1995) – Soil-plant-animal relationships in the Copșa Mică area polluted with heavy metals. *Știința Solului*, XXIX, pag. 81-89
- Munteanu, I. (1996) - Soils of the Romanian Danube Delta (Flevobericht, Lelystad, Olanda)
- Munteanu, I., Grigoraș, C., Dumitru, S., Simota, C., Dobrin, E., Mocanu, V., Iordăchescu, C. (1998) – A Digital Soil and Terrain Database for Romania. *Land Information Systems. Developments for planning the sustainable use of land resources*, pag. 197-214 (ESB-JRC, EUR 17 729 EN, Ispra, Italia)
- Nilca, I., Vintilă, R., Radnea, C., Piciu, I. (1999) – Caracterizarea statistică a ariilor ocupate de solurile din „Harta Solurilor României la scara 1:200.000 – Foaia Timișoara”. *Protecția mediului în agricultură*, pag. 132-142 (ed. Helicon, Timișoara)
- Nilca, I., Vintilă, R., Curelariu, G. (2000) – Statistici de arie rezultate pe baza datelor referitoare la județul Brașov extrase din „Harta Solurilor României la scara 1:200.000”. *Lucrările a16a Conf. S.N.R.S.S* (ed. Universității „Al. Ioan Cuza”, Iași), Vol. II, pag. 233-238
- Radnea, C., Vintilă, R., Untaru, G. (1999) – Caracterizarea cuverturii pedologice din „Harta Solurilor României la scara 1:200.000 – Foaia Slatina” prin indicatori statici nespațiali de arie. *Protecția mediului în agricultură*, pag. 152-161 (ed. Helicon, Timișoara)
- Radnea, C., Vintilă, R., Stănilă, L., Parichi, M., Curelariu, G., Nilca, I., Baci, C. (2000) – Metodă de caracterizare statistică a variabilității solurilor. Aplicație pe județul Suceava. *Lucrările celei de a XVI-a Conf. S.N.R.S.S* (ed. Universității „Al. Ioan Cuza”, Iași), Vol. II, pag. 342-348
- SAI (1999) – Space Applications Institute: Annual Report 98 (Office for Official Publications of the EC, Luxembourg)
- Simota, C., Dumitru, M., Vintilă, R., Kieft, H., Rounsevell, M. (2000a) – Agriculture systems efficiency in South-West Romania. Case study based on agroclimatic simulation modelling and GIS techniques. *Știința Solului*, XXXIV, 1, pag. 53-67
- Simota, C., Dumitru, M., Vintilă, R. (2000b) – Using agroclimatic simulation modelling and GIS for the estimation of mineral efficiency in various agriculture systems on a sub-regional scale. *Proc. CIEC Int. Coll. „Role of Fertilizers in Sustainable Agriculture”*, oag. 147-157 (Suceava, 21-22 Aug 2000)
- Van Engelen, V.W.P. și Wen, T.T. (editori) (1995) – Global and National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER): Procedures Manual, 125 pag. (ISRIC, Olanda)
- Vintilă, R., Munteanu, I., Curelariu, G., Moise, I. (1997) – Aplicații ale Sistemului Informatic Geografic al resurselor de sol și de teren agricol ale României („SIGSTAR”) în județul Sibiu. *Publicațiile S.N.R.S.S.*, 29D, pag. 175-185
- Vintilă, R. (2002) – Utilizarea imaginilor satelitare la realizarea unui Sistem Informatic Geografic al resurselor de sol și de teren agricol. Aplicație pe zona Copșa Mică. *Teză de doctorat* (UȘAMV – București)
- Worboys, M.F. (1995) – GIS: A Computing Perspective, 376 pag. (Taylor & Francis)