



UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” din BUCUREȘTI
ȘCOALA DOCTORALĂ ETTI-B

Nr. Decizie 567 din 25.09.2020

TEZĂ DE DOCTORAT

Rezumat

**CERCETĂRI PRIVIND SINTEZA SISTEMELOR
OPTOELECTRONICE PENTRU SCANAREA
PROPRIETĂȚILOR SOLULUI**

**RESEARCH ON THE SYNTHESIS OF OPTOELECTRONIC
SYSTEMS FOR SCANNING SOIL PROPERTIES**

Doctorand: Ing. Sebastian Lucian Muraru

COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof. Dr. Ing. Gheorghe Brezeanu	de la	Univ. Politehnica București
Conducător de doctorat	Prof. Dr. Ing. Paul Șchiopu	de la	Univ. Politehnica București
Referent	General Prof. Dr. Ing. Emil Crețu	de la	Academia Tehnică Militară București
Referent	Prof. Dr. Ing. Adrian Tulbure	de la	Univ. 1 Decembrie 1918 Alba-Iulia
Referent	Conf. Dr. Ing. Marian Vlădescu	de la	Univ. Politehnica București

BUCUREȘTI 2020

Cuprins

INTRODUCERE	1
1. PREZENTARE DOMENIU	1
2. ANALIZA PRINCIPIILOR SPECTROFOTOMETRIEI.....	1
2.1 Introducere.....	1
2.2.5 Legea Lambert – Beer	1
Pentru o probă dată, absorbanta depinde de șase factori:	1
2.4 Considerații privind instrumentele folosite la analiza solului	2
3.ANALIZA SISTEMULUI OPTOELECTRONIC PENTRU DETERMINAREA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI.....	4
3.1 Structura sistemului	4
3.2 Componentele principale ale sistemului.....	4
3.3 Traductorul de temperatură si umiditate.....	4
3.5 Traductorul de pH.....	5
3.6 Sistemul de poziționare globală GPS	6
4.STUDIUL ARHITECTURII ȘI PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE A SPECTROFOTOMETRELOR ADECVATE TEMEI ABORDATE.....	6
4.1 Spectrofotometrul Vernier SpectroVis Plus (SVIS-PL).....	6
4.2 Spectrofotometrul USB4000 Ocean Optics.....	6
4.2.1 Caracteristicile spectrofotometrului USB4000 Ocean Optics	7
4.3 Minispectrofotometrul Hamamatsu C9914GB seria TG	7
4.4 Spectrofotometrul NIRQuest.....	8
4.5 Spectrofotometru FLAME.....	8
5 STUDIUL ARHITECTURII ȘI PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE A UNITĂȚILOR DE COMANDĂ ȘI CONTROL ADECVATE TEMEI ABORDATE	9
5.1 Unitatea de comandă și control ARDUINO DUE	9
5.2 Controlerul încapsulat NI myRIO	9
5.3 Raspberry Pi 3	10
5.4 Microcontrolerul dsPIC33FJ128GP804 MICROCHIP	10
6. SINTEZA SISTEMULUI OPTOELECTRONIC PENTRU DETERMINAREA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI.....	11
6.1 Introducere.....	11
6.2 Descriere sistem	11

Cercetări privind sinteza sistemelor optoelectronice pentru scanarea proprietăților solului	
6.2.1 Instalația pentru spălare traductor pH.....	12
6.2.2 Sistemul mecanic.....	12
6.2.3 Sistemul electrohidraulic	13
6.2.4 Sistemul electronic de comandă, control și achiziție date	14
6.3 Secție multifuncțională pentru citirea parametrilor solului	15
6.4 Dispozitiv inteligent de prelevarea probelor de sol	16
6.4.1 Dispozitiv de conducere a platformelor de scanare a proprietăților solului	17
7. SIMULAREA FUNCȚIONĂRII SISTEMULUI OPTOELECTRONIC PENTRU DETERMINAREA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI	18
8. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND SCANAREA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI...	19
8.1 Standul experimental pentru determinarea proprietăților proprietăților solului	19
8.1.1 Elementele componente ale sistemului de măsură pentru analiza eșantioanelor de sol	19
10. ANALIZA ȘI IDENTIFICAREA UNOR COMPONENTE ALE SOLULUI	20
10.1 Spectre de absorbție UV-VIS și NIR pentru analiza solului	20
10.5.2 Spectrele bazei de date	20
10.5.4 Algoritmul de prelucrare a datelor eșantioanelor prelevate.....	20
10.9 Program pentru calculul necesarului de nutrienți în funcție de proprietățile solului	22
11. ECO-NANO TEHNOLOGII PENTRU CARTOGRAFIEREA SOLULUI.....	24
12. CONCLUZII.	25
12.1 Concluzii generale	25
12.2 Concluzii specifice (selectiv).....	25
12.3 Contribuțiile originale	26
12.5 Direcții viitoare de cercetare și activitate	30
BIBLIOGRAFIE.....	31

INTRODUCERE

Spectrofotometria este o metodă optică de analiză a proprietăților și compoziției unor materiale, substanțe, sol, etc.

Spectrofotometrele sunt frecvent utilizate pentru măsurarea absorbției, transmitanței sau reflectanței de soluții și materiale solide, lichide, transparente sau opace.

Determinarea spectrală cu ajutorul spectrofotometrului poate conduce la rezultate foarte bune în cunoașterea cantitativă și calitativă a compoziției acestor componente din lanțul alimentar, care în general se pot constitui în eșantioane de sol sau alimente (legume, fructe, cereale sau produse prelucrate ale acestora).

În cadrul lucrării am analizat principiile spectrofotometriei, am studiat arhitectura și funcționarea spectrofotometrelor adecvate temei abordate precum și o serie de senzori necesari. Pe baza analizei am stabilit arhitecturi și structuri pentru sinteza de sisteme optoelectronice pentru determinarea proprietăților solului. Am efectuat determinări experimentale ale spectrelor eșantioanelor unor tipuri de sol și am prelucrat datele achiziționate (analiză statistică, analiză spectrală, analiză comparativă, etc.).

Pe baza rezultatelor experimentale și simulărilor numerice am dezvoltat metode/ tehnici/ algoritmi de identificarea unor componente ale eșantioanelor de sol studiate, cu posibilități de generalizare.

Realizarea unui sistem optoelectronic care să determine proprietățile solului, corelat cu localizarea grafică a acestora deschide calea realizării hărților cu proprietățile solului pe scară largă.

1. PREZENTARE DOMENIU

În cadrul tezei de doctorat am abordat următoarele domenii:

Spectrofotometrie, Sisteme de traductori, Sisteme de comandă și control, Agricultură de precizie

2. ANALIZA PRINCIPIILOR SPECTROFOTOMETRIEI

2.1 Introducere

Utilizarea spectrofotometriei în determinarea compoziției eșantioanelor de sol este o problemă complexă și foarte utilă prin contribuția la reducerea efectelor poluării solului și a sănătății umane.

Utilizarea substanțelor chimice de sinteză în agricultură pentru creșterea producției agricole și asigurarea hranei pe glob este un proces care are ca revers efecte negative asupra mediului și sănătății umane. Conform cercetărilor desfășurate pe scară largă s-a dovedit că aceste substanțe de sinteză care uneori sunt și toxice (pesticide, erbicide, etc) au o influență negativă asupra sănătății umane în final și prin poluarea mediului înconjurător, care contribuie la cea mai mare provocare a omului în prezent – schimbările climatice.

2.2.5 Legea Lambert – Beer

Pentru o probă dată, absorbanta depinde de șase factori:

- identitatea substanței absorbante;
- concentrația substanței;
- lungimea căii ;
- lungimea de undă a luminii;

- identitatea solventului;
- temperatura.

Legea Lambert-Beer leagă transmitanța (și implicit intensitățile incidentă și transmisă) de distanța pe care radiația o parcurge prin mediu, de absorbptivitatea moleculară și de concentrația molară. După [19]:

$$T = \frac{I}{I_0} = 10^{-\alpha l} = 10^{-\epsilon lc} \quad (2.15)$$

În care α este coeficientul de absorbție al substanței, l este distanța parcursă de radiația luminoasă prin substanță, ϵ este absorbptivitatea molară (coeficientul de extincție), iar c este concentrația molară a speciilor absorbante în materialul traversat de radiația luminoasă. Dacă se notează σ coeficientul de absorbție transversal, atunci (ca în biologie și fizică), legea Lambert – Beer, se scrie:

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-\sigma l N} \quad (2.16)$$

în care N este densitatea particulelor absorbante (numărul de particule pe volum).

În [22], [23], avem relația care leagă absorbanta, transmitanța și reflectanța, în formula:

$$A + T + R = 1 \quad (2.18)$$

În cazul materialelor opace (sol), $T=0$, ceea ce rezultă:

$$A + R = 1 \quad (2.19)$$

2.4 Considerații privind instrumentele folosite la analiza solului

Pentru determinarea compoziției eșantioanelor de sol sunt necesare 2 tipuri de spectrofotometre: unul cu senzor CCD pentru vizibil și parțial infraroșu apropiat (senzor CCD și unul pentru infraroșu apropiat senzor InGaAs). Acestea vor trebui să funcționeze simultan pentru a se obține un spectru în domeniu cca. 220-2500 nm.

Cunoașterea compoziției de substanță nedorită dar și a tuturor elementelor care contribuie la lanțul alimentar uman și nu numai este foarte importantă. Metodele de determinare spectrofotometrice pot fi foarte utile în acest sens. Determinarea spectrală cu ajutorul spectrofotometrului poate conduce la rezultate foarte bune în cunoașterea cantitativă și calitativă a compoziției acestor componente din lanțul alimentar, care în general se pot constitui în eșantioane de sol sau alimente (legume, fructe, cereale, produse prelucrate ale acestora).

Pe această bază se vor constitui baze de date cu spectre pentru diferite tipuri de sol și esantioane diferite la care se vor asocia proprietățile acestora determinate în laborator. Spectrul măsurat pentru un eșantion de sol va fi comparat cu cel din bazele de date pe diverse criterii.

Spectrele măsurate pot fi comparate cu spectrele solurilor presupuse a fi infestate cu produse de sinteză sau produse toxice datorită aplicării unei agriculturi intensive (chimice, administrarea de îngrășăminte de sinteză sau alți compusi, un sol poluat, etc.) și se poate face clasificarea lor.

Metodele de comparare a spectrelor pot fi de mai multe feluri:

Cercetări privind sinteza sistemelor optoelectronice pentru scanarea proprietăților solului

- Comparare directă (corelație spectrală);
- Metodă nouă pe baza Transformatei Fourier (în special FFT), cu elaborarea de spectre în frecvență (FFT) pentru solurile “bune” cât și pentru cele de analizat și compararea lor
- Alte metode de comparare sunt metoda PCA, PLS, etc.

În prezent există, de exemplu, baze de date cu spectre pentru sol la nivel mondial, care nu sunt adaptate 100% pentru recunoașterea spectrelor de sol dar pot fi prelucrate și adaptate. Asemănător se pot constitui baze de date pentru spectre pe categorii de eșantioane de sol și eventual zone geografice care pot fi utilizate în viitoarele determinări. În Fig 2.4.1 se prezintă schema de principiu a analizei eșantioanelor de sol.

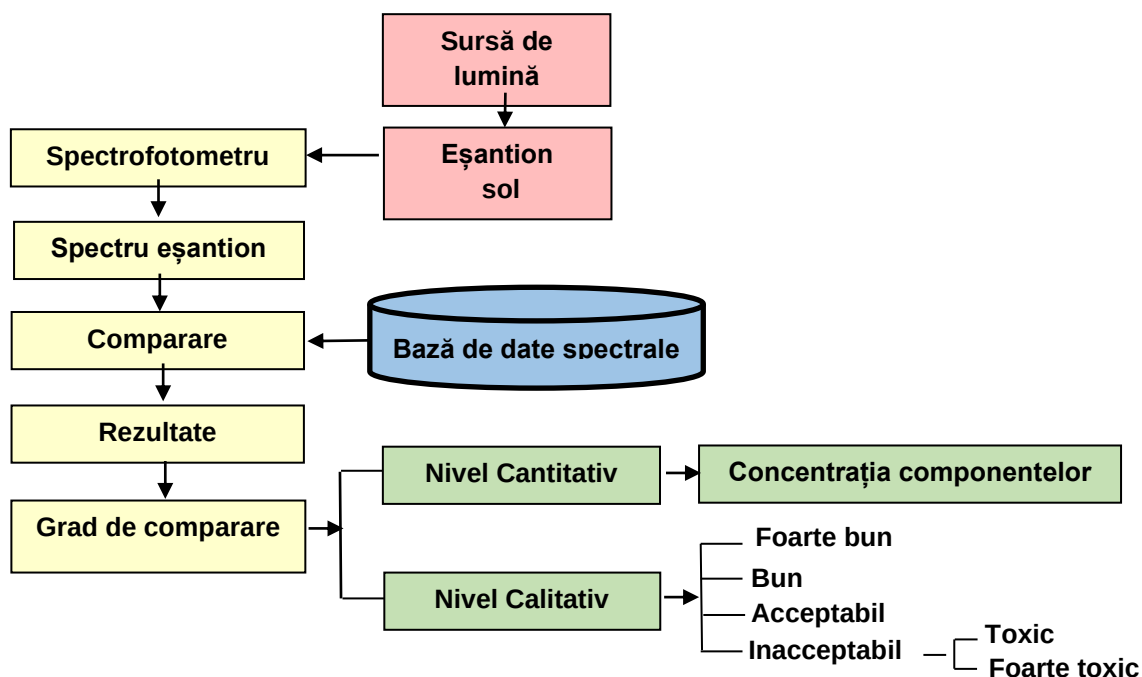


Fig. 2.4.1 Diagrama analizei eșantioanelor de sol.

Nivelul de calitate se poate stabili pe baza gradului de corelare prin metodele anterioare. În Fig. 2.4.2 se prezintă o nouă abordare pe bază de analiză Fourier [26].

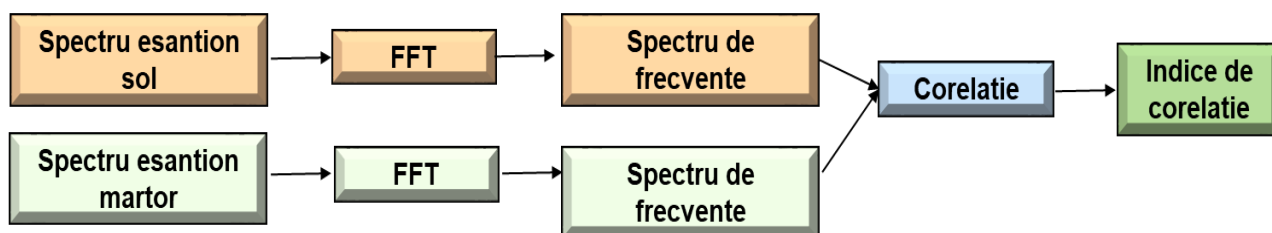


Fig. 2.4.2 Metoda de comparație FFT

3. ANALIZA SISTEMULUI OPTOELECTRONIC PENTRU DETERMINAREA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI

3.1 Structura sistemului

Cartarea solurilor agricole constituie realizarea de hărți ce reprezintă caracteristicile solului sau cantitatea de nutrienți conținută de acesta în diverse puncte având coordonate geospațiale bine definite.

Sistemul complex pentru cartarea proprietăților solurilor agricole este format din: sateliți geostaționari “Global Positioning System” GPS sau DGPS; echipament de calcul: PC sau calculator mobil pentru prelucrarea datelor; echipament mobil cu: spectrometre ce acoperă domeniul UV-VIS-NIR, senzor de temperatura, senzor optic.

Software pentru procesarea datelor colectate din câmp: MATHCAD și MATHLAB pentru prelucrare statistică și grafică a datelor experimentale; MICROSOFT WORD pentru editare rapoarte; MICROSOFT EXCEL pentru prelucrare primară, statistică și grafică a datelor experimentale; SOLO pentru prelucrare datelor și modelare datelor chemometrice; Aplicația TransDatRO pentru transformarea coordonatelor geografice corespunzătoare unor puncte de pe sol obținute cu ajutorul GPS-ului (Latitudine, Longitudine și Altitudine) în coordonate x, respectiv y pentru determinarea poziției 2D a punctelor; Sistem de operare MICROSOFT WINDOWS; Software pentru achiziție date. Sistem Informațional Geografic - GIS.

Determinarea reflexiei sau absorbției radiației luminoase de către sol, materializată în spectre sunt utile pentru determinarea principalilor nutrienți din sol (azot, fosfor și potasiu).

3.2 Componentele principale ale sistemului

3.3 Traductorul de temperatură și umiditate

Pentru măsurarea temperaturii și umidității solului pot fi folosiți traductori separați sau un singur traductor care poate măsura cele 2 valori simultan.

Se poate utiliza Traductorul SM 300 de la compania Delta-T Devices Ltd. (Fig. 3.3.1) care este destinat determinării temperaturii și umidității solului având o precizie adecvată lucrărilor de cercetare.



Fig. 3.3.1 Traductorul de temperatură și umiditate SM – 300 [29]

Conform descrierii produsului pe site-ul producătorului și distribuitorului din România [29] principalele caracteristici ale acestuia sunt: precizie constantă de $\pm 2,5\%$; stabilil la variații ale temperaturii și salinității; tensiunea de ieșire de maxim 1V.

Modul de conversie a valorilor citite în volți, în temperatură și umiditate

Valorile citite în volți se convertesc în valori de temperatură și umiditate conform specificațiilor producătorului, astfel: dacă valoarea citită în [V] la ieșirea senzorului este V atunci se calculează:

$$\sqrt{\epsilon} = 1.0 + 14.868V - 33.56V^2 + 51.223V^3 - 36.283V^4 + 9.715V^5$$

Utilizând tabelul de mai jos se calculează umiditatea solului cu formula:

$$\theta = (\sqrt{\epsilon} - a_0)/a_1$$

	a_0	a_1
Mineral	1.6	8.4
Organic	1.3	7.7

Tabelul 3.2

și se obțin valorile dorite pentru sol, mineral sau organic. În final valoarea se înmulțește cu 100 pentru o exprimare în % .

3.4.1 Traductoare de proximitate inductive

Traductoarele de proximitate sunt traductoare de deplasare fără contact și sunt utilizate pentru sesizarea distanței dintre două piese, sesizarea prezenței unui corp în zona de lucru a traductorului, sesizarea capetelor de cursă ale cilindrilor hidraulici sau pneumatici etc. [30].

În Fig. 3.4.1.3 este prezentat un traductor de proximitate inductiv întâlnit frecvent în practică și care poate fi utilizat și în cadrul sistemului optoelectronic.



Fig. 3.4.1.3 Traductorul de proximitate inductiv industrial fabricat de Pepperl+Fuchs, SUA, (lungime 45mm, distanța de lucru 8 mm, 18 mm diametru)

Traductorul de proximitate inductiv va fi folosit în cadrul proiectului pentru a transmite unității de comandă și control poziția pe verticală a sistemului de prelevare probe pentru determinare umiditate, temperatură și pH. Cu ajutorul unei placi cu decupaj traductorul va indica trei poziții „SUS” (eșantionul de sol se află în contact cu traductorii și se efectuează determinări ale solului), „JOS” (prelevatorul de probe este la 5-15 cm în sol) și „MIJLOC” (se spală senzorul de pH).

3.5 Traductorul de pH

Pentru traductorul de pH utilizat în cadrul proiectului se poate utiliza traductorul WQ201(Fig. 3.5.1) de la firma ENVCO [31].

Principalele caracteristici ale traductorului conform prezentării de pe site-ul ENVCO sunt:

1. Traductorul WQ201 este o componentă electronică complet încapsulată, ieșire de 4-20 mA;
2. Senzorul de pH poate fi înlocuit;
3. Este un dispozitiv precis de măsurare a pH-ului neuniform al apei. Sonda senzorului este montată pe un cablu extensibil cu lungimea de 25 picioare (7,62 m), care poate ajunge la lungimi de până la 500 picioare (152,4 m) în funcție de necesități;
4. Ieșirea traductorului de pH este de 4-20 mA, cu o configurație de trei fire. Componentele electronice sunt complet încapsulate într-o carcasă din oțel inoxidabil. De asemenea, traductorul are în componență un scut detașabil și un element de pH pentru întreținere ușoară.

Cercetări privind sinteza sistemelor optoelectronice pentru scanarea proprietăților solului

Tensiunea produsă de sonda completă este o funcție liniară a pH-ului, în general, de aproximativ 60mV pe unitate de pH.

3.6 Sistemul de poziționare globală GPS

Prezint pe scurt echipamentul GARMIN 17X HVS conform specificației tehnice a producătorului GARMIN [32]. Acest echipament poate fi utilizat în aplicațiile pentru sistemele de determinare a proprietăților solului.

GPS 17x HVS este rezistent la apă nu este afectat de ploaie, în general este rezistent condițiilor de mediu din agricultură.

GPS 17X este disponibil cu interfața NMEA 2000.

Rata de actualizare: 1 înregistrare / secundă;

Precizia: Standard GPS (SPS): <3 metri ; Diferențial WAAS/EGNOS/MSAS:<1 metri.

Interfețe: RS-232;

4.STUDIUL ARHITECTURII ȘI PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE A SPECTROFOTOMETRELOR ADECVATE TEMEI ABORDATE

4.1 Spectrofotometrul Vernier SpectroVis Plus (SVIS-PL)

SpectroVis Plus este un spectrofotometru portabil în domeniul vizibil și infra-roșu apropiat și este prezentat în continuare conform specificațiilor producătorului [33].

În tabelul 4.1 sunt enumerate specificațiile principale.

Suport pentru fluorescență	Excitația centrată la 405 și 500 nm
Sursa de lumină	Incandescent cu suport LED
Detector	CCD liniar
Gama de lungimi de undă	380 nm–950 nm
Interval de raportare lungime de undă	~1 nm
Timpul de scanare caracteristic	~ 2 s

Tabelul 4.1 Specificațiile spectrofotometrului Vernier SpectroVis Plus [33]

4.2 Spectrofotometrul USB4000 Ocean Optics

Spectrofotometrul Ocean Optics USB4000 este produs de Ocean Optics. Acesta dispune de port USB și serial. Atunci când se conectează prin USB spectrofotometrul se alimentează de la computerul gazdă, fără a mai fi nevoie de o sursă de alimentare externă. USB4000, poate fi controlat cu software-ul OceanView bazat pe limbajul de programare Java.



Fig. 4.2.1 Spectrofotometrul cu fibră optică USB4000 Ocean Optics [34]

4.2.1 Caracteristicile spectrofotometrului USB4000 Ocean Optics

În continuare sunt prezentate caracteristicile Spectrofotometrului cu fibră optică USB4000 Ocean Optics: lucrează în intervalul 200-1100 nm, adaptabil în funcție de dispozitivul de difracție și de selecțiile fantei de intrare; o rezoluție optică de la 0,1 până la 10 nm (FWHM); microcontroler încorporat 16 biți; 3MHz convertor A / D, Conector cu 22 pini pentru interfațare.

USB4000 are atât USB cât și conectori port serial (se utilizează cu un adaptor) și permite conectarea spectrofotometrului la un computer printr-un port USB sau serial

4.3 Minispectrofotometrul Hamamatsu C9914GB seria TG

Minispectrofotometrul Hamamatsu C9914GB seria TG este descris în continuare după documentația tehnică a producătorului [35].



Fig. 4.3.1 Minispectrofotometrul Hamamatsu C9914GB seria TG [35]

Tabelul 4.7 și tabelul 4.8 prezintă caracteristicile optice și electrice ale minispectrofotometrului HamamatsuC9914GB seria TG:

Parametru	TG-răcit NIR-II	Unitate de măsură
	C9914GB	
Gama de raspuns spectral	1100 la 2200	nm
Rezoluția spectrală (FWHM)* ²	8 max.	nm

Tabelul 4.7 Caracteristicile optice ale minispectrofotometrului Hamamatsu C9914GB seria TG [35]

Parametru	C9914GB	Unitate de măsură
Conversie A/D	16	bit
Timp de integrare	5 la 1000	ms
Interfața	USB 1.1	-

Tabelul 4.8 Caracteristicile electrice ale minispectrofotometrului Hamamatsu C9914GB seria TG [35]

4.4 Spectrofotometrul NIRQuest

Descrierea pe scurt a spectrofotometrul NIRQuest [36] .

Este disponibil în mai multe modele care acoperă domeniul 900 - 2500 nm cu diferite opțiuni pentru grătare, fante și oglinzi.

Caracteristici: Raport ridicat semnal-zgomot: 15.000: 1 la 7500: 1, în funcție de model. Combinată cu o gamă dinamică ridicată, aceasta înseamnă că se poate obține cea mai mare precizie, importantă pentru modelare; Deep TEC răcire de la 35 ° C la 50 ° C sub ambient. Aceasta înseamnă că a scăzut curentul negru și s-a îmbunătățit RSZ-ul; Rezoluție ridicată: 2nm - 12nm (dependentă de fante și detectoare); Configurabil cu o gamă de detectoare, grătare și fante; Transfer rapid de date prin USB și RS-232 opțional; Detector linear de matrici Hamamatsu; Convertor de 16 biți, 500 kHz A / D; Timpii de integrare de la 1 ms la 120 de secunde (în funcție de modelul spectrometru); Microcontroler încapsulat; 10 intrări / ieșiri;

4.5 Spectrofotometru FLAME

Spectrometrul Flame face parte din cea mai nouă generație de echipamente „Ocean Optics”. Caracteristicile acestuia sunt prezentate după documentația tehnică a producătorului [37].



Fig. 4.5.1 Spectrofotometru Flame

Spectrofotometrul „Flame” are stabilitate termică ridicată, variație scăzută de la unitate la unitate, este flexibil și ușor configurabil, dispune de fante interschimbabile, LED-uri indicator și conectorii mai simpli, poate fi utilizat atât în laborator cât și în câmp. Acesta comunică pe USB și poate fi programat pentru comunicație serială.

Specificații pe scurt în tabelul următor (table 4.15)

Specificație	Varianta 2048 pixeli	Varianta 3648 pixeli
SPECTROSCOPIC		
Rezoluție optică	Păna la10.0 nm (depinde de configurație)	
Raport semnal-zgomot	250:1	300:1
ELECTRONIC		
Rezoluție A/D	16 biți	
Intrări / Ieșiri	8 x GPIO digitale programabile	
DETECTOR		

Detector	Matrice liniară silicon CCD Sony ILX511B	Matrice liniară silicon CCD Toshiba TCD1304AP
Gama de detectare	0.19-1.1 μm	

Tabel 4.15 Specificații FLAME

5 STUDIUL ARHITECTURII ȘI PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE A UNITĂȚILOR DE COMANDĂ ȘI CONTROL ADECVATE TEMEI ABORDATE

5.1 Unitatea de comandă și control ARDUINO DUE

Arduino Due este o placă cu microcontroler ARM Cortex-M3 pe 32biți, care utilizează procesorul Atmel SAM3X8E. Acesta poate fi implementat atât pe Windows cât și pe Linux (folosind driver-ele aferente pentru instalare).

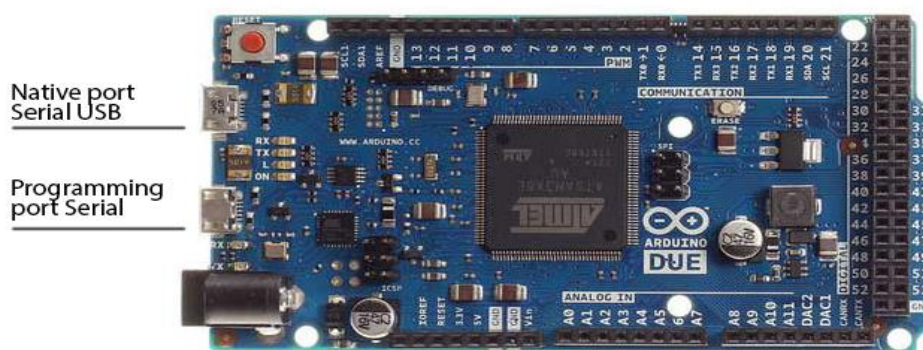


Fig. 5.1.1 Porturile USB aferente plăcii Arduino Due

Placa are în componența sa patru canale UART. Acestea sunt utilizate pentru comunicarea serială cu dispozitivele externe unde TX este pinul de transmisie serial, în timp ce RX este pinul de recepționare serial. Arduino Due conține 4 perechi de pini seriali RX și TX.

Acest dispozitiv este echipat cu o interfață periferică serial (SPI) care joacă un rol vital în comunicarea dintre microcontroler și alte dispozitive periferice, cum ar fi registrele de deplasare și senzorii. Există doi pini utilizați pentru comunicarea SPI. Primul este folosit pentru primirea datelor, iar celălalt ajută la trimiterea datelor de către microcontroler.

5.2 Controlerul încapsulat NI myRIO

NI (National Instruments) **myRIO** este un dispozitiv hardware încapsulat de la National Instruments (NI). Acesta este un dispozitiv I/O reconfigurabil și controlabil. Hardware-ul NI este programat uzual cu NI Labview, interfața grafică de programare a NI.



Fig. 5.2.1 NI myRIO-1900[®]

NI myRIO[®] de la National Instruments este echipat cu un dispozitiv Xilinx Zynq - 7010 FPGA programabil, care include un processor dual-core ARM Cortex-A9. Schema bloc este prezentată în Figura 5.2.1. FPGA are 28000 de celule logice programabile, 10 intrări analogice, 6 ieșiri analogice, 1 canal audio de tip I/O și până la 40 de linii de intrare / ieșire digitală. De asemenea, NI myRIO are WiFi, un accelerometru cu trei axe și câteva LED-uri programabile. NI myRIO este un instrument folosit pentru implementarea de concepte ingineresti, precum și proiecte complexe.

5.3 Raspberry Pi 3

Placa Raspberry Pi 3 dispune de un quad core/64 bit/1.4 Ghz/1G RAM. Se folosește și controller dedicat.



Fig. 5.3.1 Raspberry Pi 3

Raspberry Pi 3 are următoarele specificații importante: Conexiune WiFi; Conexiune Bluetooth; Conexiune rețea Ethernet; Comunicare prin USB (4); GPIO 40 pini; Stick memorie;

5.4 Microcontrolerul dsPIC33FJ128GP804 MICROCHIP

Microcontrolerul dsPIC33FJ128GP804 face parte din seria dsPIC33Fs. Aceasta serie este concepută pentru a executa algoritmi de filtru digital și bucle de control digital de mare viteză, ideale pentru aplicațiile care trebuie să funcționeze la încărcare mare. Controlere de semnal digital cu scop general (DSC) cu opțiuni avansate de migrare analogice și perfecte către PIC24F, MCU PIC24H și DSCs dsPIC30F. Caracteristici prezente selectiv: arhitectură modificată Harvard; set de

Cercetări privind sinteza sistemelor optoelectronice pentru scanarea proprietăților solului
instrucțiuni optimizate de compilator C; instrucțiuni lungi de 24 de biți, cale de date de 16 biți; memorie liniară de program adresând până la 4M cuvinte de instrucțiune; memorie de date liniare care adresează până la 64 Kbytes; doi acumulatori de 40 de biți cu opțiuni de rotunjire; moduri de adresare indirectă, modulo și bit-revers; 16 x 16 operații de înmulțire fracțională / întreagă; operațiuni de divizare 32/16 și 16/16; înmulțirea și acumularea unui singur ciclu (MAC) cu rescrierea acumulatorului și preluarea datelor dual; on-chip Flash și SRAM; Până la 35 de pini I / O digitali programabili; convertoare analogice-digitale (ADC);

6. SINTEZA SISTEMULUI OPTOELECTRONIC PENTRU DETERMINAREA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI

6.1 Introducere

Sistemul optoelectronic pentru determinarea proprietăților solului realizează scanarea unor proprietăți ale solului în timp real pentru furnizarea suportului decizional referitor la dezvoltarea și întreținerea culturilor agricole pe diverse suprafețe agricole ale fermierilor, administratorilor sau utilizatorilor acestora.

Scanarea presupune o eșantionare a solului cu rezoluție de câțiva metri până la zeci de metri prin prelevarea de probe și determinarea proprietăților acestora în timp real.

Proprietățile ce pot fi determinate sunt: pH-ul, umiditatea și temperatura solului la adâncimi de 5 până la 15 cm prin prelevarea de eșantioane și achiziție de date împreună cu poziția geografică a echipamentului furnizată de GPS. Simultan sistemul achiziționează spectre de sol cu ajutorul spectrofotometrelor cu o rezoluție temporală de o secundă sau mai mare în funcție de necesități.

Pentru a realiza scanarea proprietăților solului, sistemul trebuie să fie mobil, să poată fi deplasat la suprafața solului, să poată prelua eșantioane de sol sau să scaneze într-un fel suprafața solului pentru a prelua date care să fie preprocesate și apoi să fie stocate cu ajutorul unei memorii electronice care poate fi de mai multe feluri în funcție de volumul de date.

În acest fel sistemul permite colectarea acestor proprietăți (date) la distanțe pe rând începând de la cca 10 m până la 100 m sau chiar mai mult pentru sistemul de prelevare probe iar pentru sistemul optic de 5-10 m. Distanța între rânduri poate lua valori de la câțiva metri până la zeci de metri, reglându-se manual, cu ajutorul unor marcatori reglabili sau cu ajutorul GPS-ului.

6.2 Descriere sistem

Părțile componente principale ale sistemului care datorită structurii sale este un sistem mecatronic (mecanică - electronică) sunt: instalația pentru spălare traductor pH; sistemul mecatronic; sistemul electrohidraulic; sistemul electronic de comandă, control și achiziție date; spectrofotometrul VIS-NIR; echipamentul GPS; sistemul de asigurare a mobilității (autopropulsat) [38].

La acestea se adaugă un calculator portabil pentru prelucrarea datelor, interpretarea datelor și suport de decizie cu performanțe care să permită rularea de programe GIS, de reprezentare grafică a datelor, a kiturilor de dezvoltare pentru sistemul de comandă, control și achiziția datelor, precum și o suită de programe Office. De asemenea, acesta va asigura comunicarea cu GPS pentru testarea acestuia la nevoie, comunicarea cu unitatea centrală pentru instalarea programelor de comandă și control și citirea sau descărcarea datelor achiziționate.

6.2.1 Instalația pentru spălare traductor pH

Pentru o funcționare corectă traductorul de pH trebuie spălat înainte de utilizare. Pentru a determina pH-ul care este un indicator important al proprietăților solului, este necesară realizarea unei instalații care să asigure spălarea acestuia după analiza unui eșantion.

Componentele principale ale instalației conform Fig 6.2.1.1 sunt: 1) Rezervor apă; 2) Robinet; 3) Filtru de apă; 4) Pompă; 5) Distribuitor apă "T"; 6) Duze pentru spălare; 7) Traductor pH; 8) Baterie. Pompele sunt alimentate de la bateria sistemului autopropulsat și sunt pornite de sistemul de comandă și control pentru 1,5 - 2 secunde pentru spălarea traductorului de pH. Comanda este dată în momentul în care prelevatorul de probe este în poziția de mijloc (traductor inductiv în poziția de mijloc, înainte de recoltarea unei probe) [39].

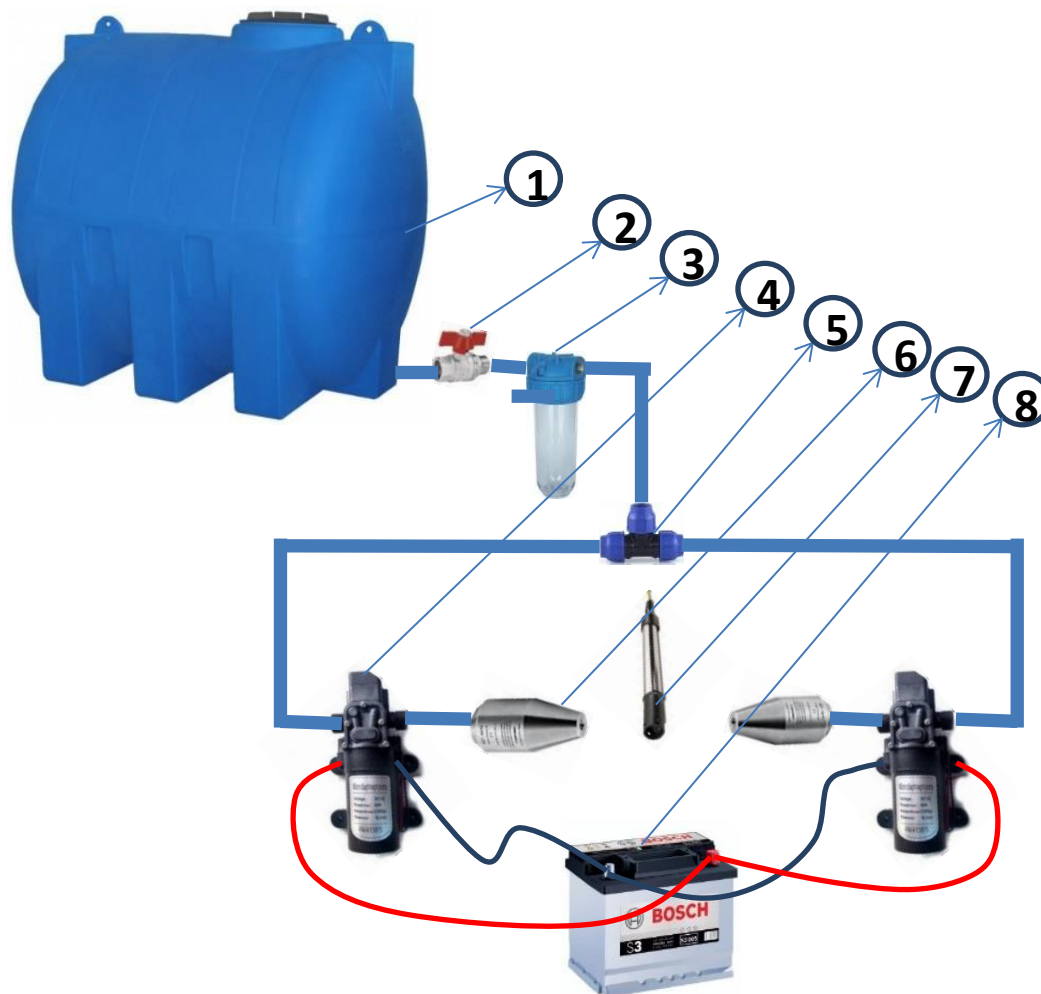


Fig. 6.2.1.1 Instalația de spălare

6.2.2 Sistemul mecanic

Partile componente principale ale sistemului mecanic sunt:

- **Structura portantă** pe 2 roți cu anvelope, ce este cuplată la tractor sau alt mijloc autopropulsat în mod clasic printr-un bolț, pe care se montează instalația de spălare, instalația hidraulică, suportul pentru traductori și traductorul inductiv.
- **Sistemul de prelevare probe** format dintr-o structură de bare de diverse profile sub formă de paralelipiped, articulată în toate vârfurile paralelipipedului în plan vertical pe care se

Cercetări privind sinteza sistemelor optoelectronice pentru scanarea proprietăților solului montează prelevatorul de probe care poate fi un dispozitiv gen brazdar care este comandat hidraulic conform Fig. 6.2.2.2 fiind acționată de instalația hidraulică (cilindru hidraulic).

De asemenea, pe această structură care este mobilă se montează **placa de ghidare** care este solidară cu structura de bare. Pe brazdar este montat un traductor inductiv care urmărește pe verticală mișcarea acestuia. Placa de ghidare are decupaje și determină în funcție de poziția traductorului inductiv diversele comenzi de acționarea a cilindrului (ridicare, coborâre, oprire).

Componenta principală a sistemului de prelevare probe este prelevatorul de probe format dintr-un brazdar cu un decupaj în formă de cilindru prin care solul pătrunde în timpul deplasării și este stocat în cuva din spate unde se formează eșantionul de probă care este ridicat de instalația hidraulică astfel încât, traductorii să patrundă în el pentru măsurători. Eșantionul de sol este menținut în această poziție 1-2 secunde pentru a se face analiza probei.

În fig. 4.3 se prezintă elementele prelevatorului de probe: 1 - paralelipiped deformabil; 2 - cilindru hidraulic (face parte din sistemul electrohidraulic); 3 - bara suport pentru brazdar (rigidă cu fața paralelipipedului pe care este montată); 4 - brazdar sub formă de cilindru cu o cupă în spate pentru reținere eșantion sol; 5 - traductor de pH; 6 - traductor de temperatură și umiditate.

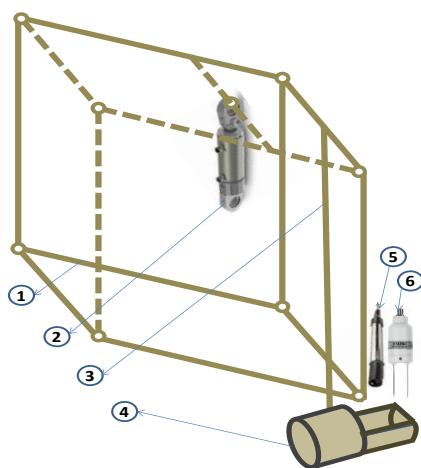


Fig. 6.2.2.2 Sistemul de prelevare probe cu paralelipipedul deformabil

6.2.3 Sistemul electrohidraulic

Componenta electrică a sistemului hidraulic se alimentează de la bateria tractorului, iar puterea hidraulică este asigurată prin cuplarea la instalația hidraulică a tractorului.

Componentele principale ale sistemului hidraulic conform Fig. 6.2.3 sunt: 1 - servovalva electrohidraulică; 2 - cilindru hydraulic care se conectează la: sistemul de comandă, control și achiziție date; instalație hidraulică tractor.

Sistemul electrohidraulic acționează prin intermediul cilindrului hidraulic asupra paralelipipedului deformabil și implicit asupra prelevatorului de probe asigurând poziționarea acestuia în cele trei poziții dictate de placa de ghidare prin intermediul traductorului inductiv.

În poziția de sus eșantionul de sol se află în contact cu traductorii și se efectuează determinări ale solului de pH, umiditate și temperatură.

În poziția de mijloc prelevatorul de probe se află la nivelul solului și în această poziție se spală traductorul de pH.

În poziția de jos prelevatorul de probe este în sol la o adâncime de 5-15 cm.

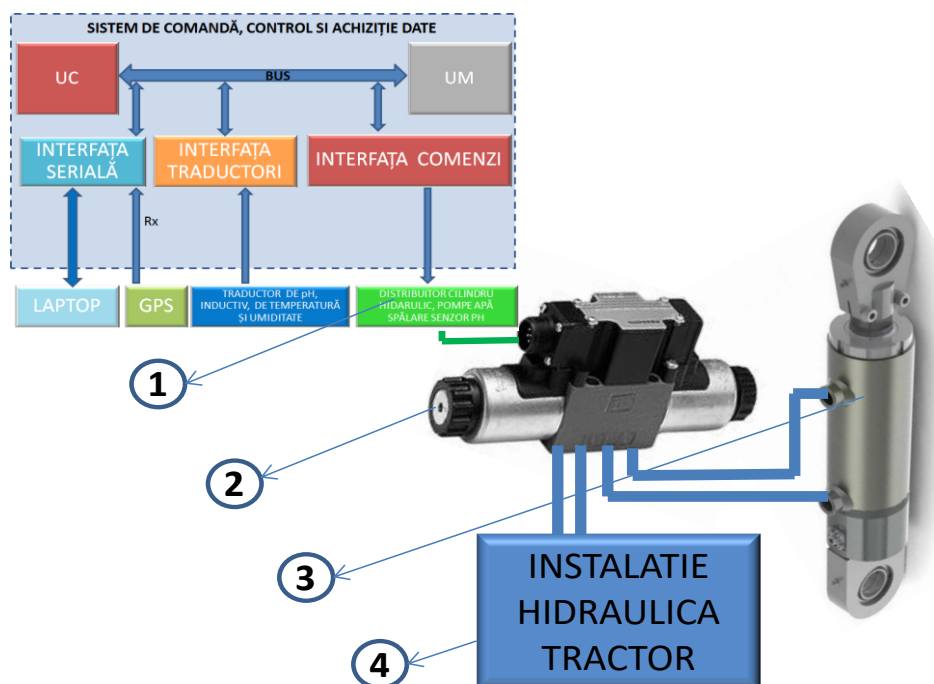


Fig. 6.2.3.1 Sistemul electrohidraulic

6.2.4 Sistemul electronic de comandă, control și achiziție date

Sistemul de comandă, control și achiziție date este în interacțiune cu elementele prezentate în Fig. 6.2.4.1 și se montează pe structura portantă fiind alimentat de la bateria tractorului.

Acesta realizează:

- Comanda și controlul instalației hidraulice prin intermediul traductorului inductiv, plăcii de ghidare și electromagnetului de acționare a supapei;
- Definirea momentelor pentru spălare traductor pH, achiziție date traductori și prelevare a eșantioanelor de sol;
- Achiziția de date de la traductorul de umiditate, temperatură și pH și memorarea acestora;
- Achiziția coordonatelor geospațiale și a timpului GMT de la GPS (prin intermediul rețelei de sateliți GPS) și memorarea acestora;
- Calculul vitezei de deplasare pe baza coordonatelor și timpului GMT furnizat de GPS, precum și a distanțelor între două eșantionări.

În Fig. 6.2.4.2 este prezentată arhitectura sistemului optoelectronic. Elementele principale ale arhitecturii sistemului sunt: Sistemul de comandă control și achiziție date; Laptop; GPS; Traductori (pH, umiditate și temperatură, inductiv); Brăzdar cu senzorul optic; Spectrofotometre; Sursă lumină.

La acestea se adaugă elementele de execuție (cele comandate) alcătuite din sistemul electrohidraulic și instalația de spălare traductor de pH.

La laptop se cuplează prin intermediul unui interfețe USB spectrofotometrul VIS-NIR, care preia spectrele de absorbantă sau de reflexie ale solului (în funcție de spectrofotometrul utilizat) prin intermediul traductorului optic care este montat pe un brazdar ce poate pătrunde în sol câțiva centimetri pentru a prelua eșantioanele (spectrele) la distanțe sau momente de timp prestabilite (setabile). Traductorul optic este activat de lumina provenită de la o sursă de lumină și reflectată de sol.

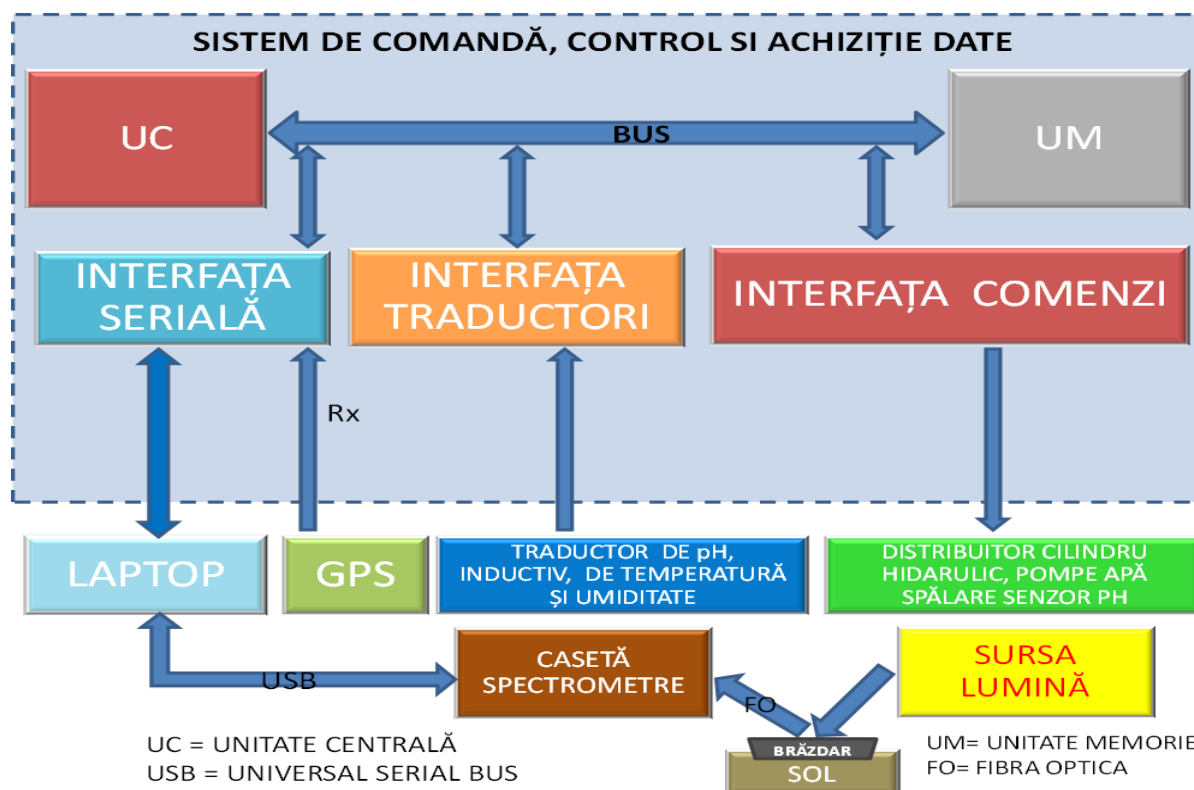


Fig. 6.2.4.2 Arhitectura sistemului optoelectronic

6.3 Secție multifuncțională pentru citirea parametrilor solului

Pe parcursul cercetărilor s-au identificat soluții noi brevetabile privind scanarea proprietăților solului. Una dintre acestea constă în schimbarea modului de prelevare a eșantioanelor cu ajutorul unui dispozitiv denumit “Secție multifuncțională pentru citirea parametrilor solului” [40]

Secția multifuncțională pentru citirea parametrilor solului montată pe cadrul unui utilaj agricol tractat este alcătuită din brăzdarul 1 în formă de “V” culcat, cu vârful spre direcția de înaintare, din suportul 2 de fixare pe cadru, tubul 3 cu cap sferic prevăzut cu gură pentru preluarea probelor de sol, obturatorul 4 care oprește solul în interiorul brăzdarului pentru citirea parametrilor și permite preluarea eșantionului de sol, jgheabul 5 prin care circulă sau staționează solul din care se prelevează probele, actuatorul linear 6 care acționează pe verticală obturatorul 4 între extremitățile unui șliț pe cursa c, traductorul 7 pentru determinarea temperaturii și pH-ul solului prin senzorii S1 și S2, montat solidar cu obturatorul 4, precum și un sistem electronic de prelucrare și stocare a datelor (Unitate de comandă și control – UCC, GPS, calculator portabil etc.).

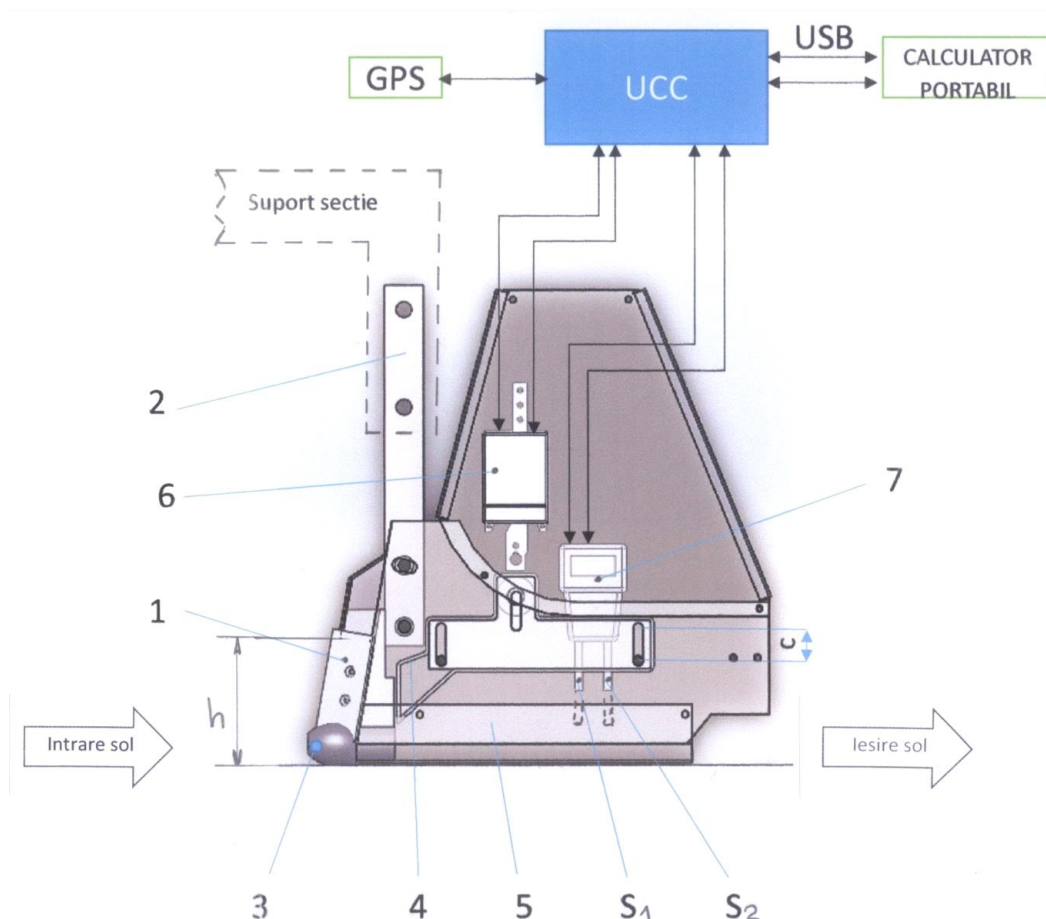


Fig. 6.3.1 Secție multifuncțională pentru citirea parametrilor solului – schema ansamblu general

6.4 Dispozitiv inteligent de prelevarea probelor de sol

În continuare prezint o soluție inovatoare privind îmbunătățirea preciziei de poziționare a prelevatorului de probe de sol cât și a adâncimii de prelevare [41].

Dispozitiv inteligent pentru prelevarea probelor de sol conține un element denumit unitate de comandă și control (UCC) și care controlează și comandă o serie de alte elemente (servomecanism, senzori etc.) în scopul prelevării uniforme și de la adâncimea dorită a probelor de sol într-un interval scurt de timp.

Pentru repartizarea uniformă a punctelor de prelevare a probelor dispozitivul are în structura sa un traductor pentru măsurarea deplasării format din roata dințată 5 care este montată pe butucul roții echipamentului de cartografiere și un traductor de proximitate inductiv 6. Semnalele de tip impuls de la ieșirea traductorului 6 sunt transmise către unitatea de comandă și control 9 și prelucrate de către aceasta pentru calculul deplasării L_c . Distanța L_{ref} dintre două puncte de prelevare poate fi modificată în timp real de către operator prin intermediul consolei operator 10 sau al unității de comandă și control a sistemului și transmisă către unitatea de comandă și control 9 prin intermediul magistralei de comunicație a sistemului. Unitatea de comandă și control 9 compară valorile semnalelor L_{ref} și L_c și când diferența dintre acestea este mai mică decât o valoare impusă transmite un semnal de comandă pentru prelevarea probelor de sol.

În momentul prelevării probelor de sol, unitatea de comandă și control citește valorile coordonatelor X, Y, Z ale punctului în care se află echipamentul pentru cartografierea proprietăților solului precum și momentul t la care au fost efectuate citirile prin intermediul GPS. Valorile mărimilor X, Y, Z, t, Hc și Lc sunt transmise prin magistrala sistemului către Unitatea de Comandă și Control a echipamentului în vederea prelucrării și arhivării.

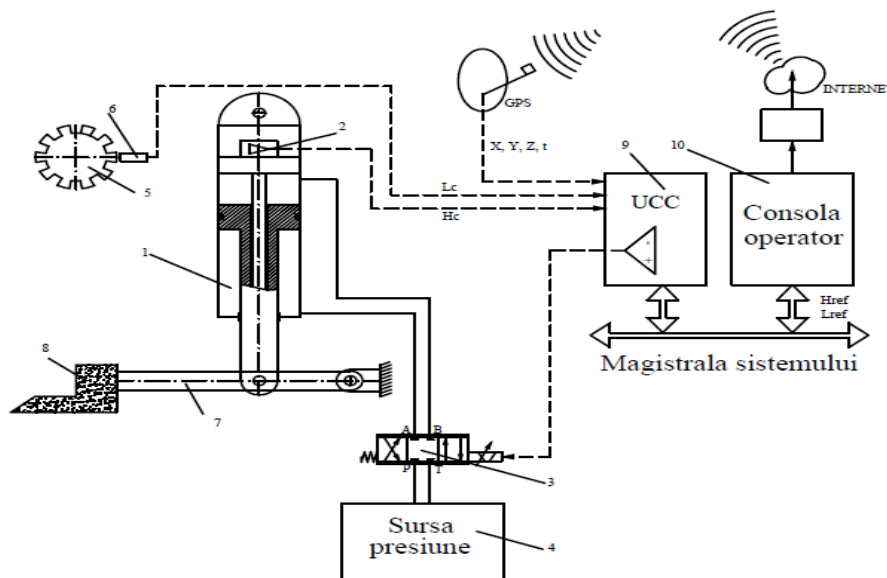


Fig. 6.4.1 - Dispozitiv inteligent de prelevarea probelor de sol - schema de principiu

6.4.1 Dispozitiv de conducere a platformelor de scanare a proprietăților solului

O altă soluție inovatoare este prezentată în continuare. Aceasta se referă la dispozitivul electronic inteligent de comandă și control care este destinat platformelor optoelectronice de scanare a proprietăților solului (DEC) [42].

Pentru conducerea platformelor optoelectronice de scanare a proprietăților solului dispozitivul electronic inteligent de comandă și control prezentat în fig.6.2.7.1 este prevăzut cu un modul de sursă de alimentare distributivă 1 pentru alimentarea componentelor dispozitivului, o interfață serială (UART) 2 pentru comunicarea cu modulul GPS c) și modulul WiFi b) care comunică cu interfața grafică de control (laptop, tabletă, etc.) a), convertor analog-digital ADC 3, unitatea logică-aritmetică 4, modul de control relee GPIO 5 pentru intrări și ieșiri ale echipamentului electrohidraulic, interfața serială RS485 6 pentru citirea măsurătorilor senzorului de electroconductivitate, interfața RS485 7 pentru controlul și citirea rezultatelor de la pH-metru, interfața RS232 8 pentru controlul și preluarea datelor din spectrometrul în domeniul infraroșu, interfața RS232 9 pentru controlul și preluarea datelor din spectrometrul în domeniul vizibil.

Cu ajutorul dispozitivului se comandă și se controlează circuitul hidraulic de acționare și spălare a sistemului de măsurare a pH-ului, spectrometrele necesare determinării spectrelor de sol, conductibilității electrice a solului și corelării datelor obținute cu poziția platformei, furnizată de un modul GPS c). Astfel datele obținute pot fi prezentate în hărți GIS realizate cu ajutorul programelor specializate (ArcGis, Google Earth etc.).

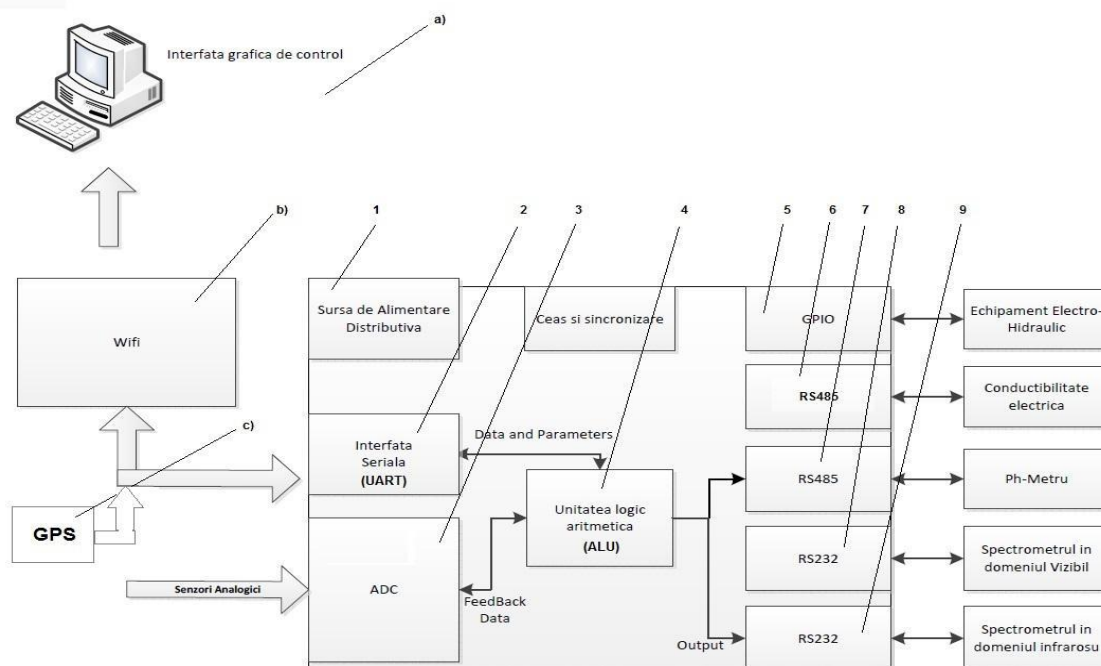


Fig. 6.2.7.1 Dispozitiv de conducere a platformelor de scanare a proprietăților solului - schema generală de principiu

7. SIMULAREA FUNCȚIONĂRII SISTEMULUI OPTOELECTRONIC PENTRU DETERMINAREA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI

Simularea s-a realizat cu ajutorul programului LabVIEW.

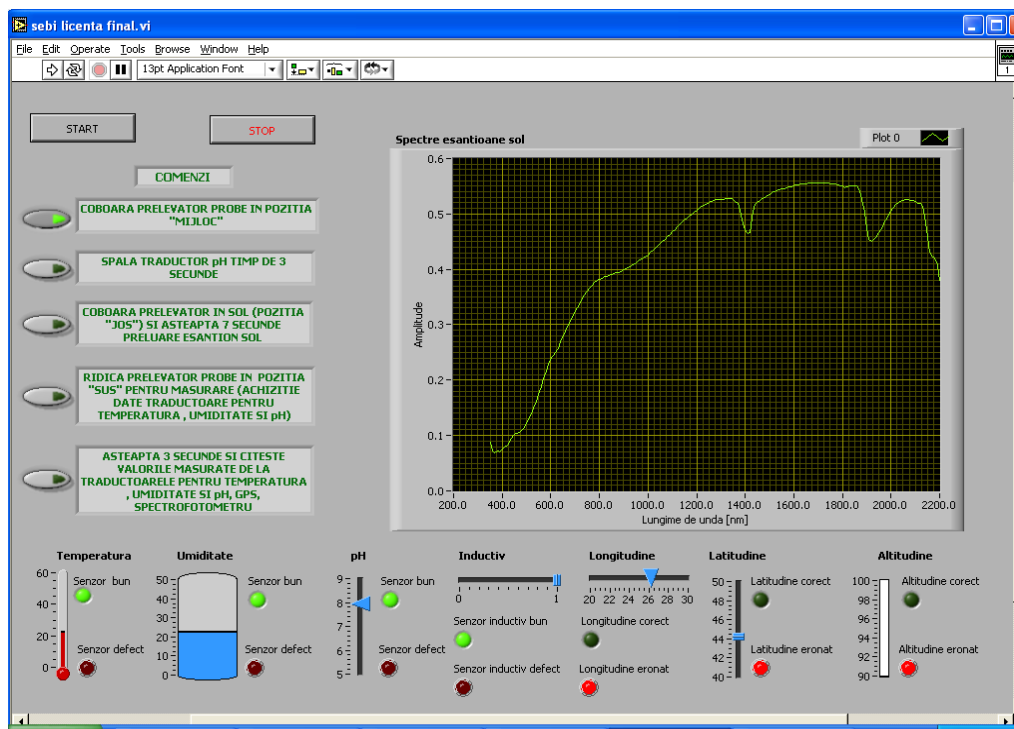


Fig. 7.1 Panoul frontal pentru simularea sistemului optoelectronic

Cercetări privind sinteza sistemelor optoelectronice pentru scanarea proprietăților solului

Concepția panoului frontal este intuitivă și ușor de utilizat. În cadrul panoului frontal sunt prezentate elementele sistemului:

- Comenzile principale ale sistemului optoelectronic în succesiunea lor cu timpii de așteptare necesari efectuării anumitor operații;
- Valorile măsurate de către traductoare și indicatoare asociate inclusiv traductorul inductiv, precum și indicatoare de funcționare corectă a traductoarelor;
- Graficul spectrelor eșantioanelor de sol măsurate de spectrofotometru;
- Butoane de pornire a procesului de simulare.

8. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND SCANAREA PROPRIETĂȚILOR SOLULUI

8.1 Standul experimental pentru determinarea proprietăților proprietăților solului

8.1.1 Elementele componente ale sistemului de măsură pentru analiza eșantioanelor de sol

Standul experimental pentru determinarea proprietăților solului este format din următoarele componente:

- Echipament de calcul : PC pentru stocarea și prelucrarea datelor cu WINDOWS;
- Software de procesare spectre eșantioane de sol colectate din câmp:
 - MATHCAD și MATLAB pentru prelucrare statistică și grafică a datelor experimentale iar WORD pentru editare rapoarte;
 - EXCEL pentru prelucrare primară, statistică și grafică a datelor experimentale;

În Fig. 8.1.1.1 se prezintă arhitectura și fluxul informațional al standului experimental.

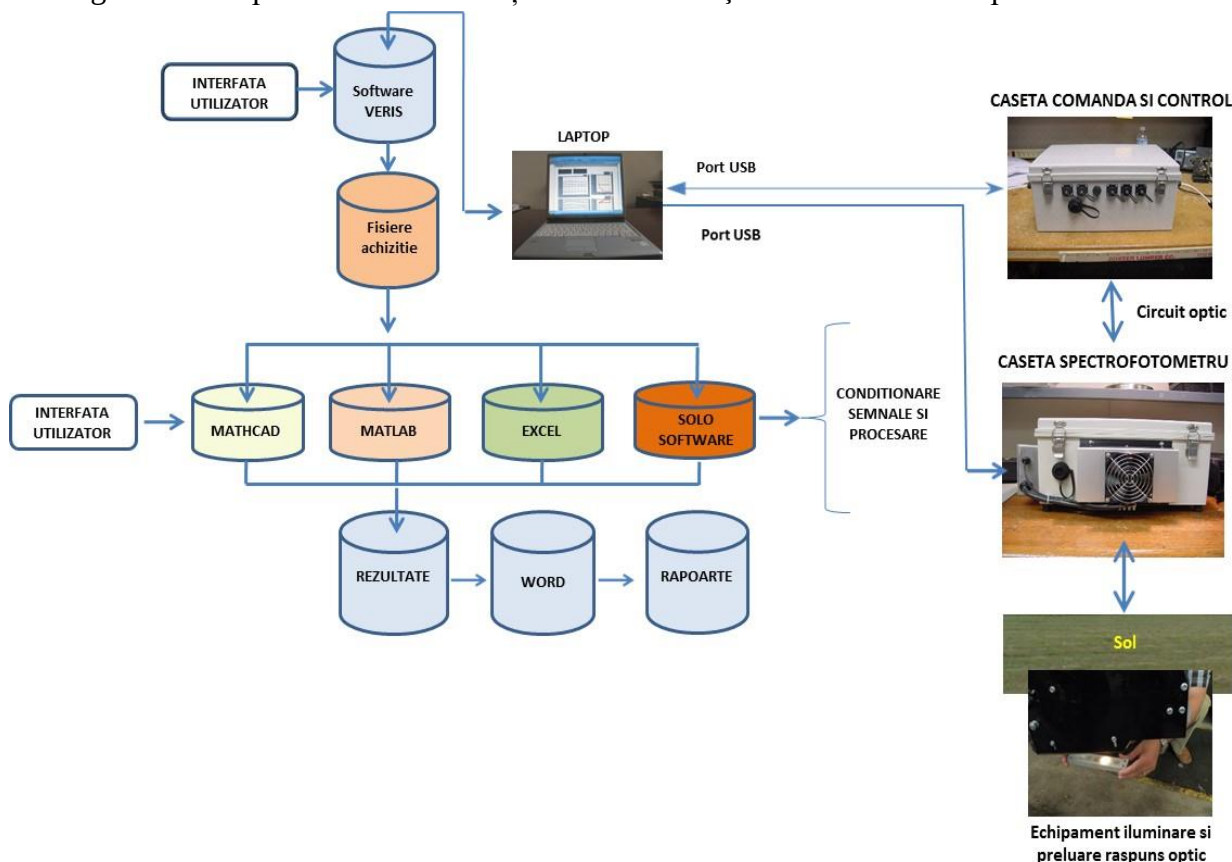


Fig. 8.1.1.1 Fluxul informațional în cadrul sistemului de măsură pentru analiza eșantioanelor de sol

10. ANALIZA ȘI IDENTIFICAREA UNOR COMPONENTE ALE SOLULUI

10.1 Spectre de absorbție UV-VIS și NIR pentru analiza solului

Conform definiției, spectroscopia în spectru vizibil și infraroșu apropiat este o metodă spectroscopică ce folosește regiunea vizibilă (200-1000 nm) și apropiată de infraroșu a spectrului electromagnetic (limitată între 800 nm și 2500 nm) adică între 200 nm și 2500 nm, aproximativ, domeniu folosit în cadrul determinărilor experimentale, posibil de acoperit și de utilizarea a două spectrofotometre Ocean Optics USB 4000 și Hamamatsu C9914GB seria TG sau Flame și NirQuest de la Ocean Optics.

10.5.2 Spectrele bazei de date

Pentru analiza unui spectru prelevat în câmp sau laborator, este necesară o bază de date spectrale ale unor eșantioane similare cu proprietăți fizico-chimice cunoscute. Se estimează anumite caracteristici statistice ale spectrului probă în comparație cu fiecare componentă a bazei de date spectrale, fiecare dintre aceste caracteristici fiind o măsură a „apropierii” probei de fiecare componentă a bazei de date spectrale.

Se ierarhizează apoi „apropierea” spectrului probă pe categorii de caracteristici sau combinații ale acestora, iar apoi se decide care este spectrul din baza de date „cel mai apropiat” de spectrul probă. După aceasta, caracteristicile fizico-chimice ale componentei „cele mai apropiate” de probă din baza de date, se atribuie în formă existentă sau (dacă există principii de corecție), corectate, probei.

10.5.4 Algoritmul de prelucrare a datelor eșantioanelor prelevate

Spectrele care vor trece prin procesul de prelucrare și de extragere a informației, sunt spectrele recoltate în teren fie manual, fie automat.

Algoritmul de bază al comparării nu este complicat, operațiile ce se efectuează fiind următoarele:

- 1) stocarea datelor spectrale de probă și alegerea bazei de date de comparație;
- 2) se trec ambele categorii de spectre în rezoluția minimă a lor, pentru a putea fi comparate în limbaj vectorial accesibil pe calculator;
- 3) compararea fiecărui spectru probă cu fiecare spectru al bazei prin calculul operatorilor pentru estimarea „recunoașterii” sau „apropierii”, simultan formându-se un vector sau mai mulți (numărul lor este egal cu numărul criteriilor de recunoaștere folosite) cu valorile caracteristicilor de recunoaștere;

Pentru exemplu se alege spectrul de probă din Fig. 10.5.4.3 și se compară cu spectrele bazei de date ISRIC – ICRAF (trecut în transmitanță). Estimatorul corelație dă ca cel mai apropiat spectru din baza de date spectrul nr. 2759 cu coeficientul de corelație foarte mare 0.9999, același rezultat dându-l și criteriul de recunoaștere al distanței. Prin urmare solului corespunzător spectrului din Fig. 10.5.4.3 se pot atribui proprietățile solului cu nr. 2759 din baza de date spectrale. La acest pas mai dau, pentru a facilita înțelegerea, variația estimatorilor de recunoaștere, estimatorul exprimat prin corelație, respectiv cel exprimat prin distanță, ambii în Fig. 10.5.4.4.

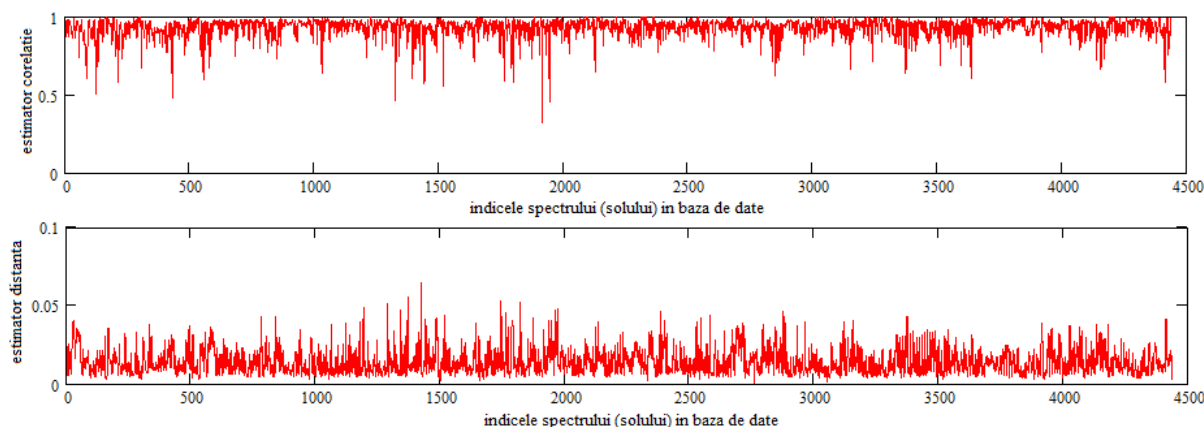


Fig. 10.5.4.4 Variația estimatorilor de recunoaștere cu indicele spectral (de sol) din baza de date spectrale, pentru o probă spectrală

Datele fizice și chimice, ale compoziției în minerale, clasificarea și încă multe alte date despre acest sol ca și despre celelalte soluri din baza de date ISRIC-ICRAF, se pot extrage direct din fișierul în care este organizată această baza de date.

În Fig. 10.7.1 se dau pe același grafic, 10 spectre ale bazei de referință, tocmai pentru a pune în evidență diferențele dintre acestea. În Fig. 10.7.2 este dată matricea de corelație între componentele spectrului de bază. Se observă că nu există spectre complet corelate.

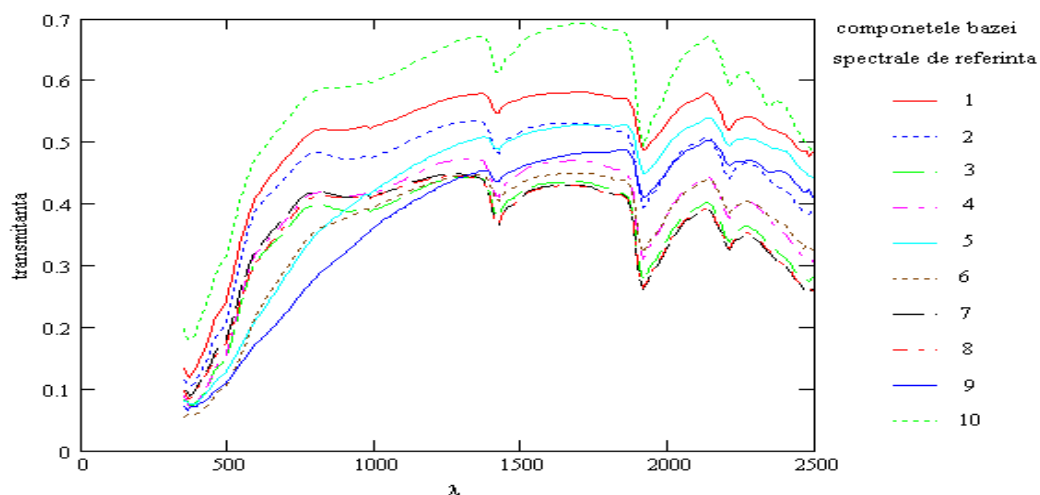


Fig. 10.7.1 Spectrele bazei de referință reprezentate pe același grafic

	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10
s1	1	0.983	0.95	0.973	0.925	0.979	0.888	0.908	0.883	0.983
s2	0.983	1	0.991	0.997	0.859	0.961	0.955	0.966	0.805	0.987
s3	0.95	0.991	1	0.996	0.805	0.938	0.984	0.99	0.743	0.972
s4	0.973	0.997	0.996	1	0.853	0.963	0.965	0.976	0.798	0.987
s5	0.925	0.859	0.805	0.853	1	0.956	0.695	0.736	0.994	0.907
s6	0.979	0.961	0.938	0.963	0.956	1	0.872	0.9	0.921	0.979
s7	0.888	0.955	0.984	0.965	0.695	0.872	1	0.998	0.621	0.92
s8	0.908	0.966	0.99	0.976	0.736	0.9	0.998	1	0.665	0.937
s9	0.883	0.805	0.743	0.798	0.994	0.921	0.621	0.665	1	0.866
s10	0.983	0.987	0.972	0.987	0.907	0.979	0.92	0.937	0.866	1

Fig. 10.7.2 Matricea corelațiilor spectrelor din baza de referință

Obținerea hărților de distribuție a componentelor în sol

Au fost prelevate la distanță egală, 25 eșantioane de pe o suprafață de cca 80x80 mp, care au fost analizate cu ajutorul instalației experimentale prezentată anterior.

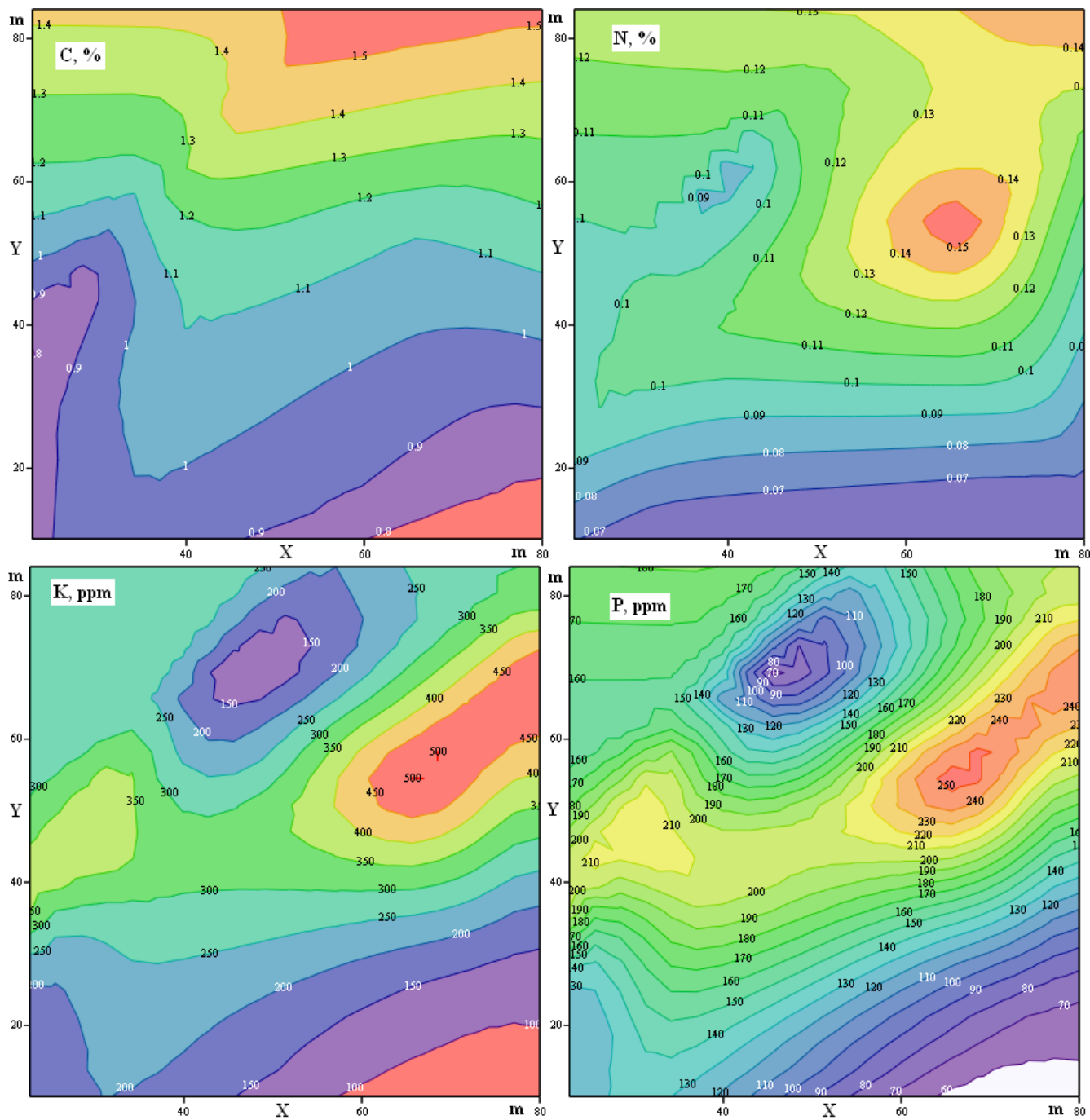


Fig. 10.8.1.1 Distribuțiile concentrațiilor de carbon organic, azot, potasiu și fosfor în zona analizată

10.9 Progam pentru calculul necesarului de nutrienți în funcție de proprietățile solului

Fertilizarea este o lucrare agricolă care are ca scop îmbunătățirea solului în ceea ce privește macroelementele (azot, fosfor, potasiu, sulf, calciu și magneziu) cat și microelementele (molibden, bor, clor, cupru, fier, mangan, nichel și zinc), prin intermediul aplicării unor îngrășăminte specifice.

10.9.3 Rezultate

Pe baza algoritmului elaborat, a fost creată o bază de date împreună cu software-ul aferent pentru gestionarea sa [100] și calculul necesarului de nutrienți bazat pe măsurători sau estimări ale nutrienților și cerințele agrotehnice existente pentru cultură.

Structura bazei de date conține tabele și tabele de sistem cu informații pentru fertilizare pentru fiecare cultură și nutrienți principali: N-azot, P-fosfor și K-potasiu.

Software-ul asigură mentenanța bazei de date folosind comenzi de linie sau comenzi din meniu (fig. 10.9.5).

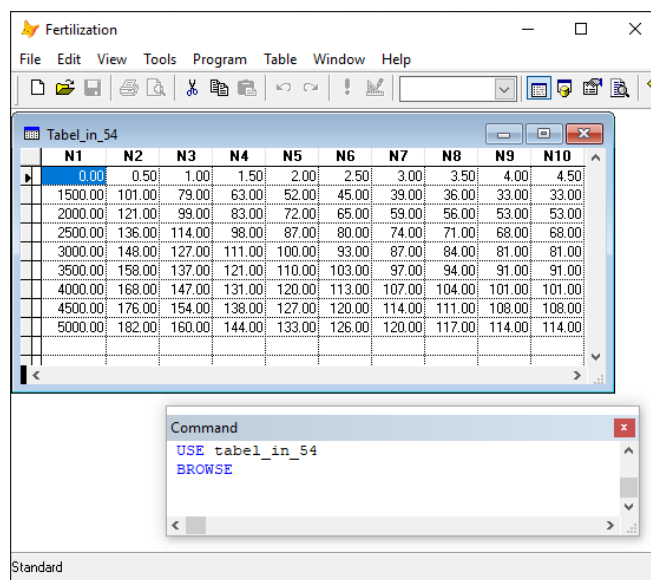


Fig. 10.9.5 Navigarea unui tabel din fereastra de comandă

Datele de intrare sunt introduse direct dintr-un formular de cerere. Principalele date de intrare sunt prezentate în fig. 10.9.6.

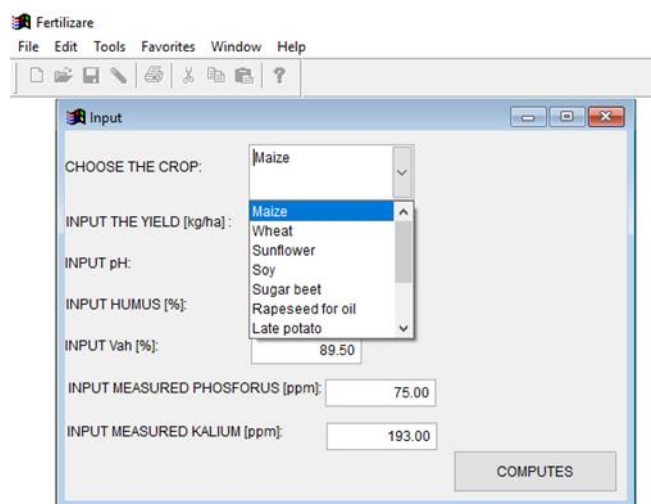


Fig. 10.9.6 Caseta de dialog „Input”

Aplicația calculează necesarul de nutrienți pentru o locație în care s-au recoltat eșantioane de sol. Necesarul este exprimat în kg / ha.

Cercetări privind sinteza sistemelor optoelectronice pentru scanarea proprietăților solului

În figura 10.9.9 sunt prezentate exemple de rezultate obținute pentru culturile de porumb și grâu atunci când datele au fost introduse corect. Aceste rapoarte pot fi tipărite.

Crop	Yield [kg/ha]	Measured Ph	Measured Humus [%]	Measured Vah [%]	Measured P [ppm]
Wheat	4,500	6.44	2.96	88.50	75.00
Measured K [ppm]	N required [kg/ha]	P required [kg/ha]	K required [kg/ha]		
193.00	118.00	28.00	26.00		

Fig. 10.9.9 Rezultate obținute pentru cultura de grâu

Rezultatele obținute sunt stocate într-un tabel de rezultate în care se găsesc datele de intrare și necesarul de nutrienți. Acestea sunt prezentate pe ecran și pot fi tipărite sau stocate într-un fișier.

11. ECO-NANO TEHNOLOGII PENTRU CARTOGRAFIEREA SOLULUI

În urma cercetărilor întreprinse a rezultat o tehnologie de fertilizare a culturilor agricole care se aplică în faza premergătoare înființării culturilor agricole și care continuă cu celelate elemente de fertilizare a culturilor agricole până la recoltare.



Fig. 11.1 Implementarea și integrarea eco-nano tehnologiilor de fertilizare a culturilor agricole în faza premergătoare înființării culturii

12. CONCLUZII.

12.1 Concluzii generale

Prezint în rezumat în mod selectiv concluzii generale. Agricultură de precizie, mai nou agricultura inteligentă a deschis posibilitatea de aplicare pe scară largă a progreselor din electronică, tehnologia informației și localizarea geografică GPS. Implementarea tehnologiilor HIGH-TECH în agricultură contribuie la creșterea producțiilor agricole, concomitent cu reducerea impactului asupra mediului. Obiectivul principal îl constituie achiziția și prelucrarea cu precizie în timp, spațiu și informațional a datelor obținute prin sisteme de măsură și localizare geografică de pe un teren agricol în scopul obținerii de beneficii economice, agronomice și de mediu.

Realizarea unui sistem optoelectronic pentru determinarea proprietăților solului presupune un echipament complex care să includă componente mecanice, electronice și de tehnologia informației. Am conceput soluții absolut noi pentru dispozitivul de conducere a platformelor de scanare a proprietăților solului, dispozitivul inteligent de prelevarea probelor de sol, secție multifuncțională pentru citirea parametrilor solului.

De asemenea am implementat un stand experimental de măsură pentru determinări experimentale și măsurători a spectrelor ȧșantioanelor de sol și s-au efectuat cercetări experimentale asupra spectrelor acestora. Datele experimentale achiziționate au fost procesate prin diverse cai, tehnici și metode. Pe baza rezultatelor experimentale și simulărilor numerice s-au dezvoltat metode/ tehnici/ algoritmi de identificarea unor componente ale ȧșantioanelor de sol studiate, cu posibilități de generalizare.

Am realizat un program de simulare a funcționării sistemului optoelectronic în programul LabVIEW prezentat și s-a conceput și realizat panoul frontal de conducere a procesului printr-o interfață grafică interactivă.

Pentru calculul local al necesarului de nutrienți pentru fiecare determinarea a proprietăților solului s-a realizat un software pentru calculul acestora și o bază de date asociată cu prescripții agrotehnice.

Aria de aplicare a sistemului este vastă, datorită faptului că, agricultura se practică la nivel global, iar agricultura de precizie contribuie substanțial la dezvoltarea producției agricole și la protecția mediului. Utilizarea agriculturii de precizie și dezvoltarea de sisteme electronice și senzori care să contribuie la aplicarea acestora au un trend ascendent.

Astfel de sisteme sunt utile și necesare nu numai agriculturii românești, dar și agriculturii mondiale în general. Dezvoltarea acestor sisteme și integrarea pe scară largă a acestora la nivel de componente electronice specializate contribuie la aplicarea la nivelul tuturor fermelor inclusiv a celor mici și mijlocii prin asigurarea rentabilității, datorită scăderii prețului de cost al sistemului.

Posibilitatea oferită fermierilor de a-și cunoaște calitatea terenului (solului) cu rezoluții de câțiva metri sau zeci de metri constituie un element esențial în abordarea unei agriculturi durabile care să utilizeze rațional resursele și să realizeze concomitent o protecție sporită a mediului.

12.2 Concluzii specifice (selectiv)

Din analiza spectrofotometrelor adecvate temei, în principal satisfacerea cerinței de acoperire a domeniului lungimilor de undă (220-2500 nm) a rezultat necesitatea utilizării a 2 spectrofotometre care trebuie să lucreze în paralel pentru a acoperi domeniul..

Algoritmul de recunoaștere propus este capabil să sorteze spectrele după spectrele din baza de date de referință. De asemenea algoritmul se prelungește simplu până la întocmirea hărților de distribuție ale concentrațiilor unor elemente chimice în cazul determinărilor geospațiale (se introduce și coordonata geodezică a locației prelevării eșantionului – cu GPS);

Precizia determinărilor a diverselor elemente depinde esențial de acuratețea elementelor bazei de referință. Elementele trebuie selectate astfel încât să aibă concentrații pe cât se poate diferite în același element. Ca rezultat, două spectre ale unor soluri cu aceeași concentrație a tuturor elementelor de interes, este bine să nu fie admise în aceeași bază de referință

Datorită pieței largi (la nivel global) pentru astfel de determinari, o potențială direcție de cercetare constă în realizarea de sisteme de analiza pe plan universal pentru legume, fructe, sol, hrană umană și animală, sol etc.

Tema abordată în lucrare este de interes și vizează o piață largă de desfacere pentru sistemul și metodele rezultate în urma cercetărilor, datorită domeniului cu impact global – agricultura, cât și componenta acestuia de înalt nivel tehnologic – spectrofotometria.

12.3 Contribuțiile originale

Contribuțiile originale sunt prezentate mai jos:

- studiul principiilor spectrofotometriei pentru elaborarea metodelor de analiza și determinarea proprietăților eșantioanelor de sol;
- arhitectura și configurare stand experimental pentru determinare spectre eșantioane de sol;
- elaborare algoritm, metodă și software de identificare a compoziției eșantioanelor de sol cu posibilități de generalizare;
- generalizarea recunoașterii unui spectru dintr-o baza de date prin identificarea corespondenței dintre 2 colecții de serii de date, articol “P. Cardei, S. Muraru, R. Sfiru and V. Muraru, "Identification of correspondents between a standard series collection and an experimental series collection," *2019 11th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, Pitesti, Romania, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ECAI46879.2019.9042028”.
- concepția echipamentului pentru scanarea proprietăților solului, articol “**Sebastian Lucian Muraru**, Vergil Muraru, Petru Cardei, Cornelia Muraru-Ionel, Laurentiu Vladutoiu, SCANNING EQUIPMENT TO ASSESS PHYSICAL SOIL PROPERTIES, *Proceedings of the 45th International Symposium on Agricultural Engineering*, Opatija, Croatia , 21 - 24 February 2017, ISSN 1848-4425, pag 25 – 34”;
- elaborarea unui model structural al unei ferme inteligente, articol “**Muraru S.**, Muraru V., Schiopu P., Pirna I., Cardei P., “THE STRUCTURAL MODEL OF THE SMART FARM TO IMPROVE ENVIRONMENTAL PROTECTION”, Oral presentation at The 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, 2 July - 8 July 2018, Albena, Bulgaria, vol. 18, Issue 5.1, ISSN 1314–2704, DOI: 10.5593/sgem2018/5.1, pp. 979 – 986”
- concepția dispozitivului de conducere a platformelor de scanare a proprietăților solului, **cerere brevet OSIM A/00501** din 19.08.2019
- concepția dispozitivului inteligent de prelevarea probelor de sol, **cerere brevet OSIM A-00372** din 20.06.2019
- concepția secției multifuncționale pentru citirea parametrilor solului, **cerere brevet OSIM A/00734** din 13.11.2019.

Cercetări privind sinteza sistemelor optoelectronice pentru scanarea proprietăților solului

- achiziție spectre de eşantioane de sol de pe suprafață bine determinate și la intervale spațiale regulate și analiza acestora;
- elaborare metoda nouă de analiza de spectre fotometrice pe baza de analiză FFT.
- elaborare programe Matlab si MathCAD pentru implementarea contribuțiilor originale și prelucrarea datelor experimentale.
- elaborare software și bază de date asociată cu prescripții agrotehnice pentru calculul local al necesarului de nutrienți pentru fiecare determinare a proprietăților solului
- elaborare eco-nano tehnologie pentru fertilizarea solului.

12.4 Diseminare rezultate

Articole:

1. **Sebastian Lucian Muraru**, Vergil Muraru, Petru Cardei, Cornelia Muraru-Ionel, Laurentiu Vladutoiu, SCANNING EQUIPMENT TO ASSESS PHYSICAL SOIL PROPERTIES, Proceedings of the 45th International Symposium on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia , 21 - 24 February 2017, ISSN 1848-4425, pag 25 – 34, **articol ISI**;
2. **Sebastian Lucian Muraru**, Vergil Muraru, Paul Șchiopu, Petru Cardei, Cornelia Muraru-Ionel, RESEARCH ON SOIL PROPERTIES ANALYSIS USING SPECTROPHOTOMETRY, Proceedings of 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017, Vol. 17, ISSN 1314-2704, DOI: 105593/sgem2017/32, Albena, Bulgaria, 29 June – 5 July 2017, pag. 461 – 468, **articol BDI- SCOPUS, în curs de evaluare și indexare ISI** ;
3. **Sebastian Lucian Muraru**, Paul Șchiopu, Petru Cardei, Vergil Muraru, Cornelia Muraru-Ionel, ENVIRONMENTAL PROTECTION THROUGH HIGH RESOLUTION EVALUATION OF SOIL, Proceedings of 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017, Vol. 17, ISSN 1314-2704, DOI: 105593/sgem2017/52, Albena, Bulgaria, 29 June – 5 July 2017, pag. 335 – 342, **articol BDI- SCOPUS, în curs de evaluare și indexare ISI** ;
4. **Muraru S.**, Muraru V., Șchiopu P., Pirna I., Cardei P., “THE STRUCTURAL MODEL OF THE SMART FARM TO IMPROVE ENVIRONMENTAL PROTECTION”, Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, 2 July - 8 July 2018, Albena, Bulgaria, vol. 18, Issue 5.1, ISSN 1314–2704,DOI: 10.5593/sgem2018/5.1, pp. 979 – 986, **articol BDI- SCOPUS, în curs de evaluare și indexare ISI** ;
5. **Muraru S.L.**, Cardei P., Muraru V., Sfiru R., Condruz P., RESEARCH REGARDING THE USE OF DRONES IN AGRICULTURE, Proceedings of „19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019”, Albena, Bulgaria, Vol. 19, Issue 6.2, ISSN 1314-2704, pp. 683 – 690, **articol BDI- SCOPUS, în curs de evaluare și indexare ISI** ;
6. P. Cardei, **S. Muraru**, R. Sfiru and V. Muraru, "Identification of correspondents between a standard series collection and an experimental series collection", *2019 11th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, Pitești, Romania, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ECAI46879.2019.9042028”, **articol ISI** ;
7. Vergil Muraru, Petru Cardei, Sebastian Muraru, Cornelia Muraru-Ionel, Paula Condruz, CONVERGENCE OF DIFFERENT MODELS FOR THE SAME STRUCTURE IN COMPUTER AIDED ENGINEERING, Proceedings of the 46th International Symposium, “Actual Tasks on Agricultural Engineering”, Opatija, Croatia, 27 February - 1 March 2018, ISSN 1848-4425, pp. 263-271, **articol ISI**;

8. Vergil Marian Muraru, **Sebastian Lucian Muraru**, Cornelia Muraru-Ionel, Paula Condruz, Raluca Sfîru, EFFICIENT USE OF WATER IN AGRICULTURAL CROPS BASED ON SATELLITE INFORMATION, Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, 2 July - 8 July 2018, Albena, Bulgaria, vol. 18, Issue 6.1, ISSN 1314-2704, DOI: 10.5593/sgem2018/6.1, pp. 615 – 622, **articol BDI- SCOPUS, în curs de evaluare și indexare ISI** ;
9. V. Muraru, P. Cardei, R. Sfiru, **S. Muraru**, P. Condruz, IDENTIFICATION AND FORECAST OF DROUGHT STATUS FOR CLIMATE CHANGE MONITORING, 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, Vienna GREEN Conference Proceedings, ISSN 1314-2704, 27 - 29 November, 2017, Vol. 17, Issue 43, pp. 405-412, **articol BDI- SCOPUS, în curs de evaluare și indexare ISI** ;
10. Vergil Marian Muraru, Petru Cardei, Cornelia Muraru-Ionel, **Sebastian Muraru**, Tania Țicu DATABASES AS SUPPORT FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND PROTECTION, Proceedings of the 44th International Symposium on Agricultural Engineering, Actual Tasks on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 23rd – 26th February 2016, ISSN 1848-4425, pp. 499 – 508, http://atae.agr.hr/44th_ATAE_proceedings.pdf, **articol ISI** ;
11. Vergil Marian Muraru, Cornelia Muraru-Ionel, Petru Cardei, **Sebastian Muraru**, Tania Țicu, SPATIAL DATABASE FOR IMPROVING THE PUBLIC AWARENESS ON ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND PROTECTION, International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & mining Ecology Management, Vol. 1, 2016, pp. 843-850, **articol ISI** ;
12. Condruz P., Berevoianu B., Muraru V., Dulgheru A., **Muraru S.**, Sfiru R., FERTILIZATION ALGORITHM IN AGRICULTURE /ALGORITM DE FERTILIZARE ÎN AGRICULTURĂ International Symposium ISB-INMATEH Agricultural and Mechanical Engineering, 31 Oct. – 1 Nov. 2019, INMA Bucuresti, pp. 876 – 882, **articol BDI**;
13. Muraru V., Cardei P., Muraru-Ionel C., **Muraru S.L.**, Sfiru R., Radu O., Condruz P., CONCEPTION AND DEVELOPMENT OF TECHNICAL SYSTEMS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE, ISB-INMA TEH 2017, International Symposium, „ISB – INMA TEH AGRICULTURAL AND MECHANICAL ENGINEERING” Proceedings, Bucharest, Romania, 26 – 28 Oct. 2017, pp. 867 – 874, **articol BDI** ;
14. **S. Muraru**, P. Condruz and I. Calciu, "Development of software for optimizing the fertilization of agricultural crop", ECAI 2020 INTERNATIONAL CONFERENCE *12th Edition* Electronics, Computers and Artificial Intelligence, Pitești, Romania, 25-27.06.2020, **în curs de publicare și indexare ISI**

Comunicări științifice

1. **Sebastian Lucian Muraru**, Vergil Muraru, Paul Șchiopu, Petru Cardei, Cornelia Muraru-Ionel, RESEARCH ON SOIL PROPERTIES ANALYSIS USING SPECTROPHOTOMETRY, Oral presentation at The 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017, Albena, Bulgaria, 29 June – 5 July 2017.
2. **Sebastian Lucian Muraru**, Paul Șchiopu, Petru Cardei, Vergil Muraru, Cornelia Muraru-Ionel, ENVIRONMENTAL PROTECTION THROUGH HIGH RESOLUTION EVALUATION OF SOIL, Oral presentation at The 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017, Albena, Bulgaria, 29 June – 5 July 2017

3. **Muraru S.**, Muraru V., Șchiopu P., Pirna I., Cardei P., “THE STRUCTURAL MODEL OF THE SMART FARM TO IMPROVE ENVIRONMENTAL PROTECTION”, Oral presentation at The 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, 2 July - 8 July 2018, Albena, Bulgaria;
4. **Muraru S.L.**, Cardei P., Muraru V., Sfiru R., Condruz P., RESEARCH REGARDING THE USE OF DRONES IN AGRICULTURE, Oral presentation at The 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019”, Albena, Bulgaria, 2019.
5. P. Cardei, **S. Muraru**, R. Sfiru and V. Muraru, "Identification of correspondents between a standard series collection and an experimental series collection ,oral presentation at " 2019 11th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Pitesti, Romania, 2019”;
6. Muraru V., Cardei P., Muraru-Ionel C., **Muraru S.L.**, Sfiru R., Radu O., Condruz P., CONCEPTION AND DEVELOPMENT OF TECHNICAL SYSTEMS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE, sustinuta in cadrul “ISB-INMA TEH 2017”, International Symposium, Bucharest, Romania, 26 – 28 Oct. 2017;
7. POSTER - Condruz P., Berevoianu B., Muraru V., Dulgheru A., **Muraru S.**, Sfiru R., ALGORITM DE FERTILIZARE ÎN AGRICULTURA, International Symposium ISB-INMATEH Agricultural and Mechanical Engineering, 31 Oct. – 1 Nov. 2019, INMA București;

Cereri de brevet de invenție

1. **Muraru S.**, Constantinescu O, Device for driving platforms for scanning the soil property. Patent Application no. A-00734 / 13.11.2019;
2. V. M. Muraru, **S. L. Muraru**, C. Nicolae, C. Muraru-Ionel, I. Ganea-Christu, Patent Application no. A/00501/19.08.2019, “Multifunctional section for reading soil parameters”;
3. **S. L. Muraru**, V. M. Muraru, I. Ganea-Christu, C. Muraru-Ionel, A. Dulgheru, B. Berevoianu, Patent Application no. A-00372 / 20.06.2019, “Intelligent device for sampling soils”;
4. V. M. Muraru, **S.L. Muraru**, P. Condruz, C. Muraru-Ionel, T. M. Țicu, G. Deák, L. A. Laslo, M. S. Matei, M. G. Boboc, A. Stan, Patent Application no. A/00632/ 03.09.2018, “Intelligent system for variable zonal irrigation”;

Proiecte de cercetare

Prezint selectiv proiecte de cercetare:

1. 2018 – prezent “Eco-nanotechnologies and intelligent equipment for soil properties mapping and evaluating the dynamics of the plant in order to improve agricultural production and environmental protection”, **Responsabil proiect partener** (Complex Projects PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0560);
2. 2017-2018 – “Developing a technology to combat drought forecasted at national level by using satellite, observational and climate model data - DROUGHTSAT”, **Colaborator** (“STAR” Program);
3. 2017-2018 – “Advanced computer and digital research for conception and development in order to efficient the intelligent technological systems for agricultural works” - **Colaborator** (“NUCLEU” Program);

12.5 Direcții viitoare de cercetare și activitate

- Realizarea de circuite dedicate încapsulate pentru sistemul de comandă și control aferent unui echipament de scanare a proprietăților solului datorită pieței largi (la nivel global);
- Dezvoltarea de sisteme de management decizional în cadrul fermelor agricole pe baza rezultatelor obținute în lucrare;
- Îmbunătățirea algoritmilor de recunoaștere a spectrelor prin utilizarea inteligenței artificiale;
- Realizarea prin similitudine de sisteme de analiză cantitativă și calitativă pentru legume, fructe, hrană umană și animală în vederea evaluării substanțelor daunătoare sănătății;
- Realizarea de baze de date cu spectre de sol și proprietățile acestora la nivel național cu rezoluție de ordinul zecilor de metri pătrați;
- Brevetarea soluțiilor originale ale tezei;
- Dezvoltarea de aplicații pentru drone pentru acoperirea necesarului de nutrienți;
- Elaborarea de noi standarde pentru eco-nanotehnologiile din agricultură;
- Elaborarea în timp real de hărți de prescripție a nutrienților, elaborarea automată de hărți după scanare;
- Realizarea de suport media tipărit și online pentru fermieri în utilizarea tehnologiilor noi specifice agriculturii inteligente.

BIBLIOGRAFIE

Selectiv

- [19] http://en.wikipedia.org/wiki/Beer-Lambert_law.
- [22] M.Y. Nadeem, Waqas Ahmed, Optical Properties of ZnS Thin Films.
- [23] <http://www.rasfoiesc.com/educatie/fizica/MATERIA-SI-RADIATIA-ELECTROMAG15.php>.
- [26] **Sebastian Lucian Muraru**, Vergil Muraru, Paul Schiopu, Petru Cardei, Cornelia Muraru-Ionel, RESEARCH ON SOIL PROPERTIES ANALYSIS USING SPECTROPHOTOMETRY, Proceedings of 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017, Vol. 17, ISBN 978 619-7408 05-8, ISSN 1314-2704, DOI: 105593/sgem2017/32, Albena, Bulgaria, 29 June – 5 July 2017, pag. 461 – 468.
- [29] <http://www.delta-t.co.uk>
- [30] Bodea M., Mihut I, Turic I., Tiponuț L., Aparate electronice pentru măsurare și control, Editura Didactică și Pedagogică București, 1985.
- [31] <http://www.envcoglobal.com/catalog/product/analog-ph-sensors/wq201-ph-sensor.html>
- [32] Garmin International Inc., Technica Specification GPS 17X HVS, USA, 2011;
- [33] Vernier, User's guide Vernier SpectroVis PLUS, USA, 2019
- [34] Ocean Optics, Inc., USB4000 Fiber Optic Spectrometer Installation and Operation Manual, USA, 2019;
- [35] Hamamatsu Photonics, Mini-spectrometers, Japan, 2009;
- [36] Ocean Optics, Inc., NIRQuest Installation and Operation Manual, USA, 2018;
- [37] Ocean Optics, Inc., FLAME Installation and Operation Manual, USA, 2019;
- [38] **Sebastian Lucian Muraru**, Vergil Muraru, Petru Cardei, Cornelia Muraru-Ionel, Laurentiu Vladutoiu, SCANNING EQUIPMENT TO ASSESS PHYSICAL SOIL PROPERTIES, Proceedings of the 45th International Symposium on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia , 21 - 24 February 2017, ISSN 1848-4425, pag 25 – 34.
- [39] **Sebastian Lucian Muraru**, Paul Schiopu, Petru Cardei, Vergil Muraru, Cornelia Muraru-Ionel, ENVIRONMENTAL PROTECTION THROUGH HIGH RESOLUTION EVALUATION OF SOIL, Proceedings of 17th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2017, Vol. 17, ISBN 978 619-7408 09-6, ISSN 1314-2704, DOI: 105593/sgem2017/52, Albena, Bulgaria, 29 June – 5 July 2017, pag. 335 – 342;
- [40] V. M. Muraru, **S. L. Muraru**, C. Nicolae, C. Muraru-Ionel, I. Ganea-Christu, Patent Application no. A/00501/19.08.2019, "Multifunctional section for reading soil parameters";
- [41] **S. L. Muraru**, V. M. Muraru, I. Ganea-Christu, C. Muraru-Ionel, A. Dulgheru, B. Berevoianu, Patent Application no. A-00372 / 20.06.2019, "Intelligent device for sampling soils";
- [42] **Muraru S.**, Constantinescu O, Device for driving platforms for scanning the soil property. Patent Application no. A-00734 / 13.11.2019;
- [100] T. Teorey and S. Buxton, "Database Design: Know It All", USA, pp. 11-38, 2009.