

**PN 19 10 01 01: CERCETARI PRIVIND REALIZAREA UNOR SISTEME INTEGRATE
PENTRU DOMENIUL BIOECONOMIE CONFORM
CONCEPTULUI DE AGRICULTURĂ INTELIGENTĂ**

Contractul nr.: 5N/07.02.2019

**Faza nr. 1/2019: Studiu prospectiv privind echipamentele autopropulsate
ecologice**

**Rezumatul fazei: „Studiu prospectiv privind echipamentele autopropulsate
ecologice”.**

1.1. Noțiuni introductive privind conceptul de ecologic.

Problemele de mediu, cum ar fi reducerea combustibililor fosili, emisiile de gaze cu efect de seră și variațiile climatice cauzate de astfel de fenomene au devenit din ce în ce mai frecvente. În acest context, adoptarea surselor alternative de energie a câștigat atenția la nivel mondial, în scopul reducerii dependenței de sursele primare de energie.

Vehiculul electric a devenit o opțiune pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră. Astfel, au apărut studii, proiecte și tendințe legate de vehiculele electrice. Se așteaptă ca vehiculele electrice să atingă echivalentul a 10% din piața mondială până în 2020.

Sursele de energie regenerabile prezintă o serie de avantaje comparativ cu sursele clasice cunoscute și sub denumirea de surse de energie fosile (surse care se epuizează treptat fără posibilitatea de regenerare) și anume:

- sunt regenerabile;
- gradul de poluare este mai redus;
- favorizează relansarea unor ramuri economice, contribuind în mod semnificativ la balanța economică a unei țări;

Sursele noi de energie regenerabile care se utilizează la nivel mondial sunt:

- biogazul - un combustibil gazos obținut din biomasă și / sau din partea biodegradabilă a deșeurilor;
- biodiesel - un metil ester, de calitate motorinei obținut din uleiuri vegetale sau grăsimi animale;
- biomasa – totalitatea producției vegetale;
- bioetanol - obținut din biomasă și / sau partea degradabilă a deșeurilor, prin fermentație etilică;
- biometanol - obținut din biomasă;
- biometil ester - rezultat tot din biomasă;
- bio-etbe (etil-terbo-butil-ester) - pe bază de bioetanol;
- bio-mtbe (metil-terbo-butil-ester) - pe bază de biometanol;
- biocarburanți sintetici - hidrocarburi sintetice sau amestecuri de hidrocarburi sintetice, care au fost extrase din biomasă;
- biohidrogen - hidrogen extras din biomasă și/sau partea degradabilă a deșeurilor;
- ulei vegetal pur - ulei produs din plante oleaginoase prin presare, extracție sau alte proceduri compatibile, rafinat, dar nemodificat chimic;

- energia solară;
- energia eoliană;
- energia geotermală.

Acționările electrice nu reprezintă o tehnologie nouă, însă adaptarea pentru aplicațiile de teren pentru tractoare agricole este în fază incipientă, deoarece tehnologia acumulatorilor și a sistemelor electronice continuă să se dezvolte.

1.2. Conceptul de ecologic. Modalități de reducere a poluării și de protecție a mediului.

Principalele efecte negative ale utilizării motoarelor termice pentru acționarea tractoarelor și mașinilor asupra mediului înconjurător sunt:

- poluarea chimică;
- poluarea sonoră.

Poluarea chimică a mediului poate fi produsă cu substanțe primare și secundare. Substanțele chimice primare emanate în mediul înconjurător pot fi sub formă gazoasă, lichidă sau solidă și sunt reprezentate prin: monoxid de carbon – CO, dioxid de carbon - CO₂, oxizi de azot – NO_x, hidrocarburi – HC, oxizi de sulf – SO_x, combustibili, uleiuri, funingine etc.

Substanțele chimice secundare se formează în atmosferă prin combinarea celor primare între ele sau cu aerul atmosferic în anumite condiții de temperatură și umiditate, rezultând smogul fotochimic și smogul umed. Smogul fotochimic apare prin combinarea substanțelor primare când temperatura aerului este mai mare de 20 grade C, umiditatea aerului este redusă și radiația luminoasă este maximă. Este determinat în special de oxizii de azot și hidrocarburi nearse. Smogul umed se formează într-o atmosferă umedă cu și temperatura sub 4 grade C iar radiația luminoasă este scăzută. Răspunzătoare de formarea smogului umed sunt monoxidul de carbon, oxizii de sulf și funinginea. Efectele sunt asemănătoare cu cele ale smogului fotochimic. Principalele mijloace de a reduce poluarea chimică presupune măsuri de reducere a substanțelor chimice primare și secundare și anume:

- folosirea benzinei fără plumb și a motorinei fără sulf;
- utilizarea biocombustibililor în locul combustibililor clasici;
- perfecționarea sistemelor de alimentare ale motoarelor (supraalimentare, injecție pe benzină etc.);
- utilizarea catalizatoarelor pentru tratarea gazelor arse;
- menținerea motoarelor termice la parametri tehnici optimi de funcționare prin efectuarea operațiilor de întreținere tehnică și reparații.

Poluarea sonoră a mediului este produsă de zgomotul motoarelor termice care echipează tractoarele și mașinile horticoale. Sursele de zgomot principale ale motorului termic sunt:

- vibrația gazelor arse;
- vibrația gazelor de admisie;
- vibrația aerului de răcire;
- vibrația suprafeței exterioare a motorului;
- vibrația sistemelor auxiliare;

Nivelul de zgomot se măsoară cu sonometrul iar unitatea de măsură este decibelul (db). Principalele metode de reducere a nivelului zgomotului sunt:

ecranarea motorului în jurul surselor de zgomot, astfel încât se poate reduce zgomotul cu 3 - 5 db;

capsularea motorului prin închiderea acestuia într-o carcasă căptușită cu materiale absorbante de zgomot, astfel încât se poate reduce zgomotul cu 10 – 20 db;

montarea de amortizoare de zgomot la tobele de evacuare a gazelor arse.

1.3. Avantaje / dezavantaje privind utilizarea șasiurilor electrice autopropulsate

Sasiul autopropulsat electric are rolul de a transforma energia electrica primita de la acumulatorul electric în energie mecanica, care este transmisa organelor de rulare ale tractorului.

Avantaje:

- non-poluant;
- mai puțin zgomotos;
- rentabilitate ridicată a investițiilor în condițiile creșterii prețurilor combustibililor fosili
- ușor de fabricat;
- viteza de lucru variază continuu de la zero la valoarea maximă atât înainte cât și înapoi;
- simplifică comenzile tractorului;
- motoarele și pompele auxiliare pot fi montate în orice zona a tractorului, acesta devenind mai compact;
- asigură posibilități sporite de automatizare a procesului de lucru al tractorului.[4]
- eficiență ridicată;
- vibrații reduse;
- întreținere redusă;

Tractoarele diesel nu sunt destinate funcționării în medii limitate și închise, cum ar fi serele. Este imperativ necesar folosirea unui tractor electric de putere mică cu mai puțin zgomot, emisii zero și confort ridicat. Poate fi folosit în agricultura (operațiuni usoare de prelucrare a solului), în industrie (transportul bunurilor în fabrici), în aeroporturi (la încărcarea bagajelor) etc. Tractoarele electrice au mult mai puține părți în mișcare, astfel încât sunt mai ușor de reparat și întreținut.

Dezavantaje:

- prețul de cost mai mare datorat prelucrărilor de mare precizie și a materialelor speciale;
- necesită angajată forță de muncă cu o înaltă calificare;
- durabilitatea scăzută a bateriilor electrice;
- durata lungă de timp pentru reîncărcare;
- are o autonomie redusă (bateria se descarcă repede);
- costul ridicat al bateriilor folosite la angrenarea motorului electric;

1.4. Stadiul actual al dezvoltării șasiurilor electrice autopropulsate.

În țară: La nivel național producerea sau comercializarea șasiurilor electrice autopropulsate destinate domeniului agricol reprezintă un sector foarte puțin exploatat, în momentul actual neputând fi identificat niciun producător de astfel de echipamente propulsate ecologic (electric) destinate sectorului agricol. La nivel de cercetare tendința de dezvoltare a unor astfel de șasiuri propulsate ecologic(electric) este în creștere și coincide cu tendințele cercetărilor efectuate la nivel mondial în conformitate cu conceptul de agricultură 4.0.

În străinătate: Implementarea sistemelor electrice de propulsie pentru mașinile utilizate în agricultură reprezintă un deziderat la nivel mondial, în acest scop realizându-se cercetări care au dus la realizarea câtorva modele experimentale. Astfel, marii producători de utilaje agricole au reușit să dezvolte o gamă redusă de tractoare cu propulsie 100% electrică, acestea fiind deocamdată în stadiul de cercetare/experimentare.

Avantajele certe concretizate prin emisiile scăzute sau zero la producerea energiei necesare încărcării acumulatorilor (în cazul în care producerea energiei electrice necesară încărcării bateriilor provine din surse regenerabile în fermă) sau costuri de funcționare mai mici comparativ cu combustibilii convenționali, duc la un interes din ce în ce mai crescut în perfecționarea acestui tip de echipamente agricole autopropulsate electrice. Totodată o alta serie de avantaje se concretizează prin vibrații reduse în timpul exploatării precum și zgomot produs de motor inexistent, posibilitatea integrării facile a controlului individual pe roata (turație) precum și al prizei de putere independent de viteza de deplasare.

Dezavantajul care reprezintă o reală temă de interes este dat de autonomia în exploatare a acestui tip de propulsie (electrică), încercându-se totodată reducerea timpilor de reîncărcare a acumulatorilor.

Tractorul electric, în general este antrenat de un motor de tracțiune controlat electronic, alimentat de un acumulator special.



Fig. 1 Tractor electric cu baterii
<https://www.youtube.com/watch?v=LuzBzfo7dzs>

Tractorul electric este capabil să accepte energie din mai multe surse:

- a) baterii (acumulator);
- b) surse hibride de energie regenerabilă - solare și vânt;
- c) dintr-un generator electric cu motor cu ardere internă;
- d) alimentat de curent alternativ prin cabluri lungi înfășurate pe un tambur fixat pe vehicul.



Fig. 2 Concept de tractor electric împreună cu robotul de înlocuire a bateriilor
<https://www.youtube.com/watch?v=LuzBzfo7dzs>

Numarul de baterii care alimentează un tractor electric poate varia în funcție de puterea tractorului pe care o dorim să o dezvoltăm și de autonomia de funcționare a acestuia.

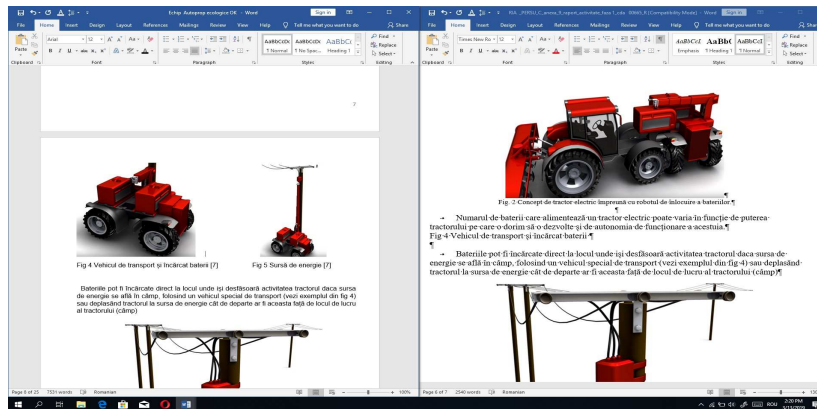


Fig 3 Vehicul de transport și încărcat baterii
<https://www.youtube.com/watch?v=LuzBzfo7dzs>

Bateriile pot fi încărcate direct la locul unde își desfășoară activitatea tractorul dacă sursa de energie se află în câmp, folosind un vehicul special de transport (vezi exemplul din fig 4) sau deplasând tractorul la sursa de energie cât de departe ar fi aceasta față de locul de lucru al tractorului (câmp).

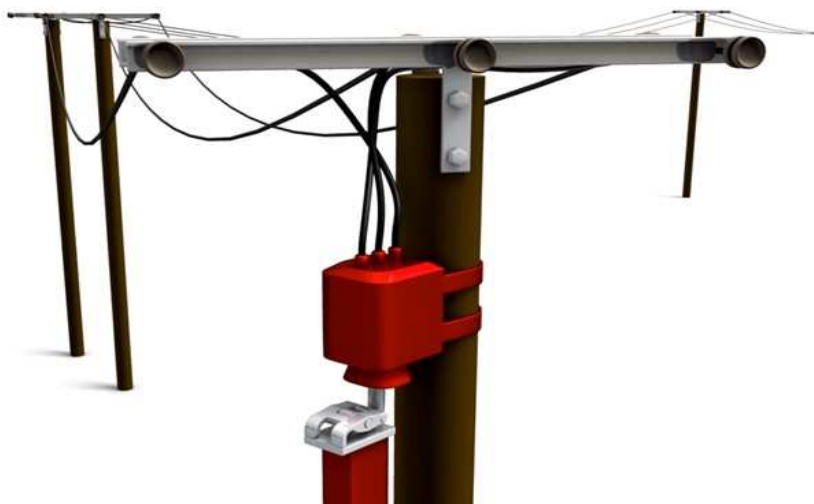


Fig.4 Sursă de energie;

<https://www.youtube.com/watch?v=LuzBzfo7dzs>

Sursa de energie poate fi și ea obținută în cadrul fermei respective: energia solară, energie eoliană, energie obținută prin biomasă, etc.(Fig. 4)

În Fig. 5 se poate vedea (în ansamblu) un tractor electric acționat cu mai multe seturi de baterii dispuse pe tractor.

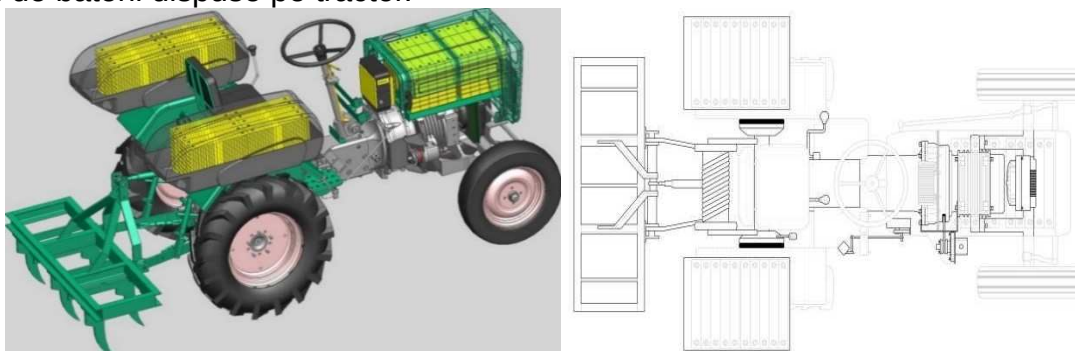


Fig.5 Tractor alimentat cu 3 baterii;

<https://www.flickr.com/photos/135673326@N07/20892545065/in/photostream/>

Tractorul din fig. 5 este acționat cu mai multe seturi de baterii având în dotare o gamă completă de viteze, deoarece este montat pe o transmisie manuală, cu o multitudine de trepte de viteză înainte și înapoi. Transmisia pe mai multe trepte de viteze ajută la optimizarea dimensiunii motorului și, de asemenea, generează cupluri ridicate în exploatările care necesită mai multă putere. (Fig. 6).

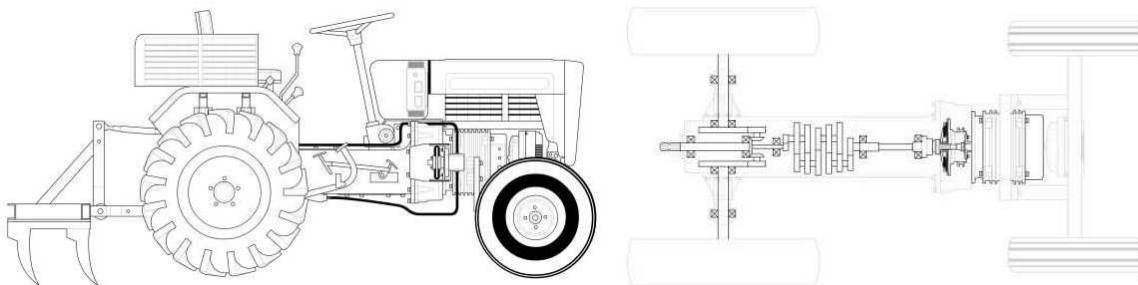


Fig. 6 Tractor electric - schemă vedere laterală și - schemă cutie de viteze;
<https://www.flickr.com/photos/135673326@N07/20892545065/in/photostream/>

Pe plan mondial, marii producători de echipamente agricole autopropulsate (tractoare) au finalizat o serie de prototipuri, exemplificate în continuare.

Firma John Deere este foarte preocupată de producerea de tractoare electrice, de curând colaborând în parteneriat cu GridCON pentru dezvoltarea unui nou model electric, complet autonom în anul 2018. Noul tractor electric permite agricultorilor să-l folosească ca un autovehicul complet autonom, în timp ce desfășoară și reține cablul prelungitor de 1 kilometru pe lungime.



Fig. 7 Tractor electric JD fără cabină

Rezultatul este un tractor autonom care nu necesită cabină tradițională și are capacitatea de a se conecta cu infrastructurile rețelei inteligente. Acest lucru înseamnă că agricultorii care își generează deja propriile energii regenerabile la fața locului se pot conecta direct la propria lor sursă de aprovizionare. Tractorul nu este alimentat cu energia de la o baterie de la bord, ci își ia energia printr-un cablu conectat la rețea. Concepția de rutare automată a cablului a fost o parte esențială a obiectivelor de inovare ale proiectului. În câmp, mașina electrică este alimentată cu curent direct în domeniul de medie tensiune ($> 6000 \text{ Vcc}$) prin acest cablu, care este transformat la 700 Vcc la rețeaua de la bord. Sistemul finit a fost testat pe teren pentru prima dată de către inginerii de la Centrul European de Inovații Tehnologice al companiei John Deere din Kaiserslautern



Fig. 8 Tractor electric JD cu un set de baterii

O mențiune specială a fost dată tractorului electric SESAM al lui John Deere. SESAM (Furnizarea de energie durabilă pentru mașini agricole), este primul tractor cu motor complet alimentat de baterii. Această mașină prototip produce o putere continuă de 130 kW (174 CP). Tractorul nu are emisii și dezvoltă "cuplu mare la turații reduse" și o putere maximă de aproximativ 400 CP, "fără pierderi de energie la ralanti".

Tractoarele electrice au un număr de avantaje față de omologii lor diesel. Cel mai important, este că nu produc direct emisii de CO₂ sau alte poluări ale aerului. Este adevărat că energia electrică pe care o folosesc este uneori generată de gaze naturale sau de alți combustibili fosili - sau o combinație de surse de energie - însă, în cele din urmă, unii vor utiliza energia electrică numai din surse regenerabile curate.

Un astfel de tractor electric este Solectrac, produs în California



Fig. 9 Tractor electric Solectrac

Tractorul electric Solectrac:

- este un produs confortabil și mult mai silențios;
- costurile lui de funcționare sunt mult mai mici decât ale unui tractor diesel de aceeași dimensiune
- poate fi folosit în special în domeniul agricol, podgorii, laboratoare de decetare, crescătorii de cai;
- poate utiliza energie solară pentru a genera energie electrică pentru încărcarea bateriilor;

încărcătorul de baterii vine la pachet cu utilajul
o încărcare completă a bateriei durează între 3 și 6 ore;

1.5 Concluzii

Tractoarele electrice își fac din ce în ce mai mult simțită prezența în ultimii ani în peisajul internațional, ele având o gamă largă de domenii de activitate unde pot fi utilizate.

Tractoarele electrice împreună cu automobilele electrice, în prezent, castigă teren pe piețele de profil, reprezentând o alternativă viabilă în raport cu cele clasice alimentate cu combustibili fosili.

Avantajul șasiurilor autopropulsate electrice este că folosind surse de energie electrică poluează mult mai puțin atmosfera.

Dacă la automobilele electrice tehnologia de fabricație este mult mai avansată, performanțele tehnice ale acestora fiind la nivelul celor convenționale, la tractoarele electrice mai este mult de lucru. Performanțele tehnice ale tractoarelor electrice sunt la ora actuală mult în urma celor cu alimentare cu combustibili convenționali. Cele mai mari probleme sunt legate de timpul de încărcare a bateriilor ce echipează aceste tractoare.

**PN 19 10 01 01: CERCETARI PRIVIND REALIZAREA UNOR SISTEME INTEGRATE
PENTRU DOMENIUL BIOECONOMIE CONFORM
CONCEPTULUI DE AGRICULTURĂ INTELIGENTĂ**

Contractul nr.: 5N/07.02.2019

Faza nr. 2/2019: *Studiu prospectiv privind sistemele de monitorizare aeriană a culturilor*

Rezumatul fazei: „*Studiu prospectiv privind sistemele de monitorizare aeriană a culturilor*”.

1.1. Noțiuni introductive privind sistemele de monitorizare aeriană a culturilor.

Revoluția digitală are potențialul de a schimba profund agricultura iar luarea deciziilor devine mai clară, mai inteligentă și mai simplă. Prin combinarea instinctului fermierului cu tehnologiile de ultimă generație, cum ar fi drone, combinate cu imaginile din satelit, algoritmi de aplicații variabile, senzori de înaltă tehnologie, aplicații mobile sau GPS-ul, un fermier poate face alegeri mai bine informate, care să conducă la randamente mai mari. Dronele pot monitoriza orice tip de cultură în orice zonă geografică.

Sistemele de monitorizare aeriana a culturilor au o contribuție majoră la dezvoltarea și perfecționarea agriculturii de precizie, pentru monitorizarea stării de vegetație a culturilor agricole și parte a unui management agricol de precizie. Una dintre metodele utilizate pentru luarea unor decizii la momentul potrivit, presupune utilizarea indicilor de vegetație, valori calculate prin măsurarea reflectanței luminii soarelui de pe suprafața plantelor corelate cu starea de dezvoltare și sănătate a acestora.

Pentru realizarea măsurărilor sunt necesare echipamente specializate care constau în sisteme de achiziție de date de la senzori mono, multi sau hiperspectrali, respectiv sisteme care să deplaseze, orienteze și poziționeze sistemele de achiziție deasupra culturilor pe suprafața monitorizată. Toate aceste operații pot fi realizate numai cu ajutorul sistemelor mecatronice. Având în componență elemente mecanice, module electronice și programe necesare funcționării, sistemele mecatronice pot duce la îndeplinire acestei acțiuni, oferind fermierului un instrument util în preluarea informațiilor necesare din teren.

1.2. Stadiul actual de dezvoltare a sistemelor de monitorizare aeriană a culturilor.

”Agricultura de precizie începe să prindă contur și în țara noastră, fiind de fapt o posibilitate extraordinară de creștere a productivității și implicit de reducere a costurilor”. Folosirea unor drone în agricultură aduce cu sine posibilitatea cartografierii terenului cultivat și mai mult decât atât, va crea o evidență reală și actualizată a stării acestuia, a culturilor sau a zonelor care necesită atenție din partea fermierilor.

Odată cu îmbunătățirea constantă a tehnologiei, imaginile culturilor vor trebui îmbunătățite cu datele pe care dronele le înregistrează din culturi, astfel agricultorii sunt capabili să-și analizeze culturile și să ia decizii justificate cu privire la modul în care trebuie să procedeze, având în vedere informațiile precise despre culturi. Programele software pentru analiza și corectarea producției de plante au potențialul de a crește pe această piață. Având această capacitate, fermierul are, la rândul său, mai mult timp să

se concentreze pe imaginea de ansamblu a producției, în loc să-și petreacă timpul măsurând culturile.

Astfel "agricultura de precizie" este un concept de gospodărire a agriculturii care folosește drone pentru a măsura, observa și răspunde la variabilitatea găsită în culturi, dar și să fie implementate noile tehnologii care sunt disponibile acum pentru: eficientizarea resurselor (chiar dacă acestea sunt limitate), a vă asigura că ferma are un randament maxim, pentru sustenabilitate, pentru feedback în timp real și jurnalele, dar și pentru reducerea poluării mediului.

Ca în oricare alt domeniu, informația este vitală în ceea ce privește dezvoltarea capacității antreprenoriale și de a monitoriza cu exactitate și în timp real ce se întâmplă cu terenurile cultivate și evoluția culturilor. De aceea utilizarea unor echipamente performante reprezintă un avantaj imens din punct de vedere al investițiilor.

Astfel se realizează o informare permanentă și actualizată, concept care se încadrează în domniul agriculturii de precizie, un concept complex cu multiple avantaje atât pentru fermieri, cât și pentru culturile acestora (densitatea culturilor/ însămânțare deficitară, raportul de creștere a plantelor sau necesitățile loturilor de imputuri (apă, îngrășământ, etc).

Prin cartografierea zonei vizate, pot fi gestionate cu mult mai bine:

- cantitățile de îngrășămintă aplicate și de asemenea pot fi observate și zonele în care este nevoie de o atenție sporită în ceea ce privește poluarea sau reducerea cantității de deșeuri care ar putea avea un efect nociv asupra mediului inconjurator.

- plantele dăunătoare ce se pot infiltra în culturi, iar în consecință pot fi adoptate măsuri care să acționeze în vederea rezolvării acestor situații.

- depistarea bolilor și a dăunătorilor, problemele în acest sens putând fi depistate la timp cu ajutorul dronelor, lăsând posibilitatea fermierilor să adopte cele mai bune soluții în acest sens.

Imaginile surprinse de către drone sunt colectate și analizate de către sistemul de bază, care poate oferi adevărate hărți ale suprafețelor de teren. În acest fel pot fi urmăriti diverși parametri de interes general în ceea ce privește activitatea agricolă, iar aceștia țin în principal de gestionarea informației în vederea obținerii de rezultate. Practic se stabilește un circuit închis, care funcționează în câțiva pași simpli: cauza, efect, analiză, planificarea unor operațiuni tehnologice de urmărire a culturilor cu ajutorul unor drone, aplicarea măsurilor și în cele din urmă verificarea rezultatelor obținute.

1.3. Stadiul de dezvoltare a dronelor agricole.

Dronele agricole au schimbat viziunea fermierilor și metodele de cultivarea în ultimii 3-5 ani, precum și modul în care mulți fermieri și alte entități își desfășoară activitatea, deoarece acestea au capacitatea de:

- a verifica daunele provocate de furtună,
- a monitoriza progresul culturilor;
- a se asigura că culturile sunt sănătoase.

Drona poate fi definită ca o aeronavă fără pilot care se poate naviga autonom, fără a fi controlată din exterior, folosind pilotul automat sau care poate fi controlată de la distanță printr-un dispozitiv de comandă de la distanță. În plus, drona poate fi controlată prin WI-FI, smartphone-uri sau tablete echipate cu Android sau iOS.

Dronele există într-o gamă largă de forme și dimensiuni. Din punct de vedere al utilizării, dronele sunt împărțite în următoarele categorii:

- Vehiculul aerian fără pilot (UAV).
- Vehicul de suprafață fără pilot (USV).
- Vehicul subacvatic fără pilot (UUV).
- Vehicul terestru fără pilot (UGV).
- Pseudo sateliți de înaltă altitudine (HAPS).

Cele mai populare și cele mai utilizate sunt vehiculele aeriene fără pilot (UAV). Indiferent de utilizarea lor, vehiculul aerian fără pilot funcționează cu baterii sau cu energie produsă de propriile lor celule fotovoltaice. Aceste tipuri de drone sunt echipate cu motoare electrice, câte unul pentru fiecare elice.

Dronele echipate cu motoare cu combustie internă sunt mai puțin utilizate în aplicații decât dronele cu motoare electrice. În funcție de numărul de motoare și de puterea lor, dronele pot fi clasificate în tricoptere, quadcoptere, hexacoptere, octocoptere, etc.

Tricoptorul este o dronă ca un elicopter, care are trei rotoare și unități de propulsie cu servomotoare.

Quadcoptorul este o mașină zburătoare care are patru rotoare / elice. Un quadcopter este stabilizat în aer folosind diferite tehnologii, dar principalele stabilizatoare sunt giroscopale.

Hexacopterele sunt dispozitive de zbor cu comandă de la distanță care au șase rotoare / elice. Hexacoptorul este un tip de dronă cu tehnologie avansată caracterizată printr-o manevrabilitate bună.

Octocopterele au viteză mare de deplasare, siguranță și stabilitate ridicată și pot zbura la înălțimi extreme, chiar și în condiții meteorologice nefavorabile.



Fig.1 Modele de dronă cu 4,6 și 8 motoare

Prima dronă a fost proiectată de Nikola Tesla în 1898. Mai târziu, acest model a fost îmbunătățit de inginerul Charles F. Kettering, care a atașat un dispozitiv electronic modelului, prin care dronă își modifică poziția elicelor. Un model mai asemănător cu cel folosit astăzi a fost modelul AQM-34, creat în 1948 și testat pentru prima dată în 1951. Tehnologia dronelor se dezvoltă rapid. Dispozitivele motorizate devin tot mai complexe, cu funcții multiple, dar mult mai ușor de controlat.

Recentele modele de quadcoptere au devenit populare din cauza că sunt vehicule aeriene fără pilot, utilizând sisteme electronice și electromagnetice pentru stabilizarea zborului, iar datorită manevrabilității foarte bune și dimensiunilor reduse, acestea pot fi pilotate atât în aer liber cât și în spații închise. Acestea sunt disponibile

într-o varietate mare de dimensiuni, design, manevrabilitate și a multitudinilor de aplicații, respectiv necesitatea de a răspunde tuturor situațiilor periculase.

1.4 Concluzii

Cercetarea la fața locului utilizează inspecția vizuală pentru a evalua starea culturilor de la sol. Aceste tehnici bazate pe investigarea culturilor la nivelul solului sunt limitate la ceea ce ochiul uman poate vedea. Tehnologiile inovatoare care utilizează cadrane și imagistică multispectrală au un potențial extraordinar în completarea cercetării pe teren.

În trecut, captarea datelor multispectrale se realiza prin intermediul unei aeronave cu echipaj sau prin intermediul unui satelit, așteptând zborul acestuia deasupra suprafeței ce urma a fi monitorizată. Ambele opțiuni nu permiteau o flexibilitate mare, fiind limitate în ceea ce privește rezoluția și pot fi afectate de acoperirea de nori care poate afecta datele.

În prezent tehnicile moderne permit, odată cu expansiunea rapidă a industriei de drone comerciale, ca oricine să poată zbura deasupra unei culture Agricole prin intermediul unei drone agricole dotată cu senzori multispectrali și foarte repede să detecteze stresul nu doar la nivelul culturii monitorizate, ci și la nivelul plantelor individuale.

PN 19 10 01 01: CERCETARI PRIVIND REALIZAREA UNOR SISTEME INTEGRATE PENTRU DOMENIUL BIOECONOMIE CONFORM CONCEPTULUI DE AGRICULTURĂ INTELIGENTĂ

Contractul nr.: 5N/07.02.2019

Faza nr. 3/2019: Studiu prospectiv privind metodele de obținere a hărților multispectrale ale culturilor monitorizate

1. Rezumatul fazei: „Studiu prospectiv privind metodele de obținere a hărților multispectrale ale culturilor monitorizate”

1.1. Noțiuni introductive privind metodele de obținere a hărților multispectrale ale culturilor monitorizate

Teledetecția este un domeniu tehnic ce se ocupă cu detectarea, măsurarea, înregistrarea și vizualizarea sub formă de imagini, a radiațiilor electromagnetice emise, reflectate sau refractate de obiectele studiate pe suprafața Pământului, de la distanță, fără a avea contact direct cu obiectul studiat. Altfel spus achiziționarea de informații prin intermediul unui instrument de măsurare ce nu are contact cu obiectul măsurat.

Tehnologiile de teledetecție permit achiziția și analiza datelor specifice. Captarea de la distanță a datelor se face din atmosferă sau din spațiul cosmic, unde aparatura de înregistrare este trimisă cu diverse mijloace de zbor: avioane, baloane, drone, nave (sonar), sateliți sau laboratoare cosmice.

Fotogrammetria este un domeniu tehnic sau o metodă ce utilizează imaginile de teledetecție în scopul elaborării de hărți și planuri topografice sau tematice, pe baza măsurătorilor precise ale obiectelor care apar în imagini și a reprezentării precise a acestora, la scară, în format analogic (pe hârtie) sau în format digital (pe calculator).

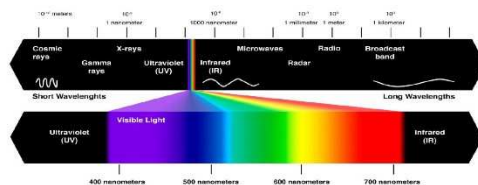


Fig. 1. Zonă vizibilă culori spectru electromagnetic

Procesul de clasificare a imaginilor multispectrale. Recunoașterea obiectelor sau fenomenelor este procesul de identificare a acestora, ce se găsesc reprezentate dintr-un set de date. Acestea pot fi extrase și apoi utilizate printr-un proces de clasificare. Îmbunătățirea imaginii, atât în domeniul spectral cat și în cel geometric, conduce la creșterea eficienței algoritmilor de clasificare a imaginilor multispectrale. Există două tipuri de clasificare:

A. Clasificare supervizată. În clasificarea supervizată utilizatorul selectează pixelii sau grupe de pixeli care au un corespondent în fenomene sau obiecte cunoscute. Obiectele cunoscute se pot identifica prin studii de teren, prin utilizarea fotogramelor aeriene sau prin alte metode. Utilizatorul instruește algoritmul de clasificare în vederea identificării pixelilor cu caracteristici similare. Rezultatul clasificării este în funcție de acuratețea procesului de selectare a pixelilor atribuiți unor categorii sau grupe de fenomene cunoscute.

B. Clasificare nesupervizată. Clasificarea nesupervizată se pretează automatizării într-o mai mare măsură decât cea supervizată. Prin alegerea unui set de

parametri de către utilizator, algoritmul de clasificare nesupervizată asigură gruparea pixelilor (clustering). Grupele de pixeli pot fi continue sau nu. Asigurarea – atribuirea – unei grupe către o clasă de fenomene sau obiecte, urmând a fi făcută de către utilizator. Această metodă se utilizează în special în cazul în care informațiile despre obiectele și fenomenele studiate sunt reduse sau chiar inexistente.

Semnăturile spectrale sunt caracteristici ale unor obiecte și fenomene determinate în domeniul de frecvență al sensorului utilizat.

1.2. Obținerea imaginilor aerofotografice

Fotografia aeriană, care se realizează cu ajutorul camerelor fotografice instalate pe platforme aeriene, cum sunt baloanele, dronele, avioanele sau elicopterele, constituie principala sursă de informații și date metrice sub formă analogică. Aceste înregistrări se prezintă sub formă de fotografii alb-negru, color sau spectrozonale. Fotografiile alb-negru se folosesc, în special, pentru întocmirea planurilor topografice prin metode fotogrammetrice, iar cele color și spectrozonale, cu un bogat conținut informațional, se utilizează pentru diferite scopuri.

Calitatea imaginilor fotografice este influențată direct de o serie de factori, cum sunt: calitatea camerelor fotografice, calitatea materialelor fotosensibile, condițiile de mediu din momentul aerofotografierii și condițiile de prelucrare.

Calitatea fotografiei aeriene depinde în mare măsură de condițiile de mediu, în care o importanță mai mare o au: iluminarea, reflectarea luminii de către obiectele de pe suprafața terestră, împrăștierea luminii în atmosferă, grosimea stratului de atmosferă dintre suprafața terestră și platforma aeropurtată, poziția Soarelui în momentul aerofotografierii, compoziția spectrală a luminii, precum și altele. Iluminarea se poate defini ca fiind fluxul luminos incident pe unitatea de suprafață. Aceasta este produsă de radiația solară directă și de lumina cerului, care constituie radiația solară indirectă. Într-o regiune, iluminarea se modifică atât în timpul unei zile cât și în cursul fiecărui anotimp. Aceste modificări se datorează variației lungimii drumului optic pe care îl parcurg razele solare prin atmosferă, precum și condițiilor atmosferice.

Reflectanța luminoasă variază foarte mult în funcție de natura și culoarea obiectelor luminate și de unghiul de reflexie. Raportul contrastelor înregistrate pe fotografiile aeriene scade puternic cu înălțimea prin interpunerea atmosferei între obiecte și camera fotografică aeropurtată. Astfel, de la raportul de contrast măsurat la suprafața terestră, ce poate ajunge la 1000:1 în cazul vecinătăților obiectelor cu reflectanță minimă și maximă în zilele cu lumină solară puternică, același contrast, înregistrat de la 4000m înălțime, nu depășește raportul de 10:1, el continuând să scadă odată cu creșterea înălțimii.

Aerofotograma este o imagine statică, instantanee și obiectivă a suprafeței terestre. Simultaneitatea întregii imagini permite să se poată aprecia corect relațiile spațio-temporale dintre obiecte și procese, deoarece în timpul scurt de expunere nu s-au produs schimbări care să facă să apară raporturi succesive în diferite părți ale imaginii. Spre deosebire de hărți, schițe sau desene la întocmirea cărora intervine subiectivismul celui care le-a realizat, aerofotograma este o imagine obiectivă a suprafeței terestre.

Aerofotograma nu poate reda toate obiectele indiferent de mărimea lor, fiind vorba de o imagine micșorată. Prin micșorare obiectele mici nu mai pot fi redade

individual, imaginile lor devin niște puncte, care se pot contopi într-o pată de o anumită culoare sau nuanță de gri. Toate obiectele de aceeași mărime sunt reprezentate la fel, nefăcându-se nici o deosebire între ele. Aerofotogramele se prezintă cel mai frecvent sub formă de copii pozitive de contact, realizate pe hârtie fotografică.

Realizarea ortofotogramelor se face folosind o aparatură specială, ortofotoscop, care efectuează o redresare diferențială prin exploatarea modelului stereoscopic printr-un sistem de baleiaj.

Ortofotograma obținută poate prezenta lacune, căci obiectele înalte, prin deplasarea radială, au mascat alte obiecte de lângă ele. Ortofotograma poate fi considerată că este o hartă în imagini, pentru că intrunește precizia hârtii în redarea planimetriei și înlocuiește semnele convenționale prin imaginea verticală a obiectelor. În același timp, ea este mult mai bogată în detalii decât harta, deoarece redă tot ce a înregistrat camera fotografică.

Aerofotogramele înclinate și oblice sunt inferioare celor nadirale, dar deoarece se poate reda o regiune mai întinsă pentru același format, ele sunt utilizate pentru economia care se realizează, atât în ce privește materialul fotografic, cât și timpul de zbor. Pentru folosirea lor în bune condiții ele suferă în laborator un proces de redresare. Cel mai des utilizat este un aparat denumit fotoredresor, în care clișeul este așezat orizontal, iar masa de proiecție este adusă la înclinarea pe care a avut-o clișeul în momentul aerofotografierii.

Pentru o mai corectă poziționare se pot folosi și cel puțin trei puncte a căror poziție planimetrică este cunoscută și care sunt identificate pe imaginea fotografică. Ele sunt trecute pe masa de proiecție și apoi se dă înclinarea necesară pentru ca imaginile celor trei puncte să se suprapună peste cele de pe suport. Se execută copierea, obținându-se simultan și corecția de scară.

Aerofotogramele sunt utilizate în agricultură în delimitarea suprafețelor productive și neproductive, în analiza și prezentarea căilor de transport agricol, a lucrărilor de amenajare de irigații, de desecări sau de combaterea eroziunii solului, în evaluările funciare, în sistematizările rurale, în lucrările de cadastru etc.

Principalele grupe de utilizare a teritoriului agricol sunt descifrate pe aerofotograme pe baza texturii, nuanței, formei și dimensiunilor după D. Steiner (1967) - într-un îndrumător distinge trei grupe mari de suprafețe agricole:

- cerealiere - cu ton gri, cu aspectul lăptos și granulație foarte fină;
- plante prășitoare - cu aspect ordonat și granulație grosieră;
- terenuri proaspăt recoltate - cu textură foarte fină, tonul luminos și deschis.

Recunoașterea și analiza peisajului agrar - peisajul agrar se recunoaște prin forma geometrică a parcelelor, uneori marginea acestora se adaptează reliefului (văi, terase, boturi de deal etc.). După mărimea parcelelor, în funcție de scară, ne putem da seama de tipul de utilizare, individual sau în asociație. Arealele cu parcele mici indică faptul că utilizarea terenului este una individuală. Ele sunt întâlnite mai ales în jurul localităților. Predominarea parcelelor mari, cu cereale și furaje, indică o utilizare asociativă - cooperatistă.

Folosind studiul stereoscopic al fotogramelor se obțin date valoroase privind repartiția culturilor în funcție de relief, de expoziție, pantă, înălțimea, lungimea, lățimea versanților etc.

Analiza spectrală și densitometrică a imaginilor este un mod de descifrare cantitativă și calitativă, datorită faptului că fiecare specie de plantă de cultură se prezintă cu caracteristici structurale și poziționale proprii, apărând pe imagine cu aspecte de densitate specifică, iar observațiile densitometrice, executate cu o aparatură adecvată, vor duce la o mai corectă identificare.

Poziția de ansamblu a diferitelor plante de cultură este un criteriu important de identificare.

Fâșiile de la parte superioară a versanților cu expoziție sudică sunt prielnice culturii viței de vie, cele din partea mijlocie sunt propice pentru livezile de pomi fructiferi; zarzavaturile sunt întâlnite mai ales în lunci, iar cerealele pe terenuri cu pantă domoală, deoarece se pot cultiva mecanic. Agroterasele se recunosc ușor pe aerofotograme după poziția lor paralel - orizontală, după situarea lor în sensul curbelor de nivel, sau prin tonul și structura lor caracteristică. Frunțile agroteraselor apar într-o textură neregulată, ele fiind ocupate de tufărișuri, în timp ce podurile prezintă caracteristicile texturale ale plantelor de cultură.

Terenurile joase, slab drenate prezintă o rețea deasă de canale de desecare. Canalele de irigație se prezintă tot în rețea, dar mai rară.

Un aspect important în fotointerpretarea în domeniul agriculturii este aflarea rapidă a stării culturilor din punctul de vedere al creșterii, al atacului de dăunători, a diverselor maladii, al pagubelor sau a prognozei recoltelor.

Înregistrările color furnizează informații mai bogate, dar foarte bune sunt înregistrările multispectrale și cele în infraroșu.

Aprecierile calitative și cantitative a producției agricole acest aspect prezintă un interes deosebit în economia agrară și în politicile de import-export de produse agricole. În special înregistrările satelitare sunt foarte utile în acest scop, deoarece ele cuprind o suprafață mare de teren, sunt repetitive și fiind sub formă digitală se pretează la prelucrarea statistică pe calculator.

Aerofotointerpretarea are un rol important în stabilirea celor mai bune utilizări a terenurilor, prin analiza peisajului și a condițiilor naturale actuale și paleogeografice, a condițiilor de mecanizare, a agrotehnicilor folosite. Se pot stabili și alte aspecte, legate de problema drumurilor de acces, a tipurilor de așezări rurale, de repartitia și dezvoltarea lor și influențele exercitate de apropierea unor centre industriale, orașe, căi de transport etc.

1.3. Sistemul LIDAR

LiDAR (Light Detection And Ranging/Detectarea undelor electromagnetice (luminii) și determinarea distanței) este o tehnică a teledetecției care utilizează proprietățile luminii dispersate pentru a determina anumite caracteristici ale obiectelor aflate la distanță [3].

Tehnologia LiDAR de scanare cu laser se bazează pe tehnica măsurării cu laser asociată cu un cuplu GNSS/IMU (sistem satelitar de navigație globală/unitate inerțială de măsurare) atașat pe o platformă aeriană.

Caracteristica definitorie a utilizării tehnologiei LiDAR este că poate achiziționa, procesa și livra datele într-un format digital, exemplu tipic de tehnologie geomatică. Acest lucru face ca sistemul să poată crea seturi de date ce îndeplinesc o gamă largă de lucrări și aplicații.

Seturile de date LiDAR sunt o componentă importantă a sistemelor informaționale de colectare a datelor. Cea mai simplă formă de date LiDAR este fișierul în format ASCII, coordonate (x, y, z), acestea corespund poziției 3D a traiectoriei de întoarcere a fascicului laser. Aceste răspunsuri sunt asociate pozițiilor pentru orice obiect pe care raza laser a atins-o și a fost reflectată.

Datele cantitative și calitative oferite de această tehnologie pot furniza informații suplimentare privitoare la starea vegetației, studii necesare studiului riscului la incendii forestiere, calitatea mediului (poluarea), construcții cu regim special (conducte, poduri, linii de înaltă tensiune), amenajarea bazinelor hidrografice (evaluarea impactului inundațiilor), gestionarea activelor de infrastructură (rețele rutiere și feroviare, rețele de telefonie), inventarierea terenurilor ș.a.

LiDAR este considerat un instrument activ de teledetecție întrucât are sursă de energie proprie. Acesta utilizează sursa proprie de energie pentru a ilumina o țintă pentru a obține măsurători sigure fără a avea contact fizic direct.

1.4. Utilizarea hărților multispectrale în agricultură

Senzorii multispectrali ai camerelor de luat vederi pentru imaginea permit agriculturului să gestioneze mai eficient culturile, solul, fertilizarea și irigarea.

Tehnologia imagistică cu teledetecție de la telecameră utilizează tehnologia imagistică prin teledetecție verde, roșie, margine roșie și infraroșu pentru a captura atât imagini vizibile, cât și invizibile ale culturilor și vegetației.

Procedeele se realizează prin colectare informațiilor referitoare la capacitatea de absorbție și reflexie a radiației solare. Senzorul multispectral din cadrul camerei, captează și adună imagini RGB (model cromatic red-green-blue), NIR (near infra-red, spectrul infraroșu al luminii) și NDVI (normalized difference vegetation index).

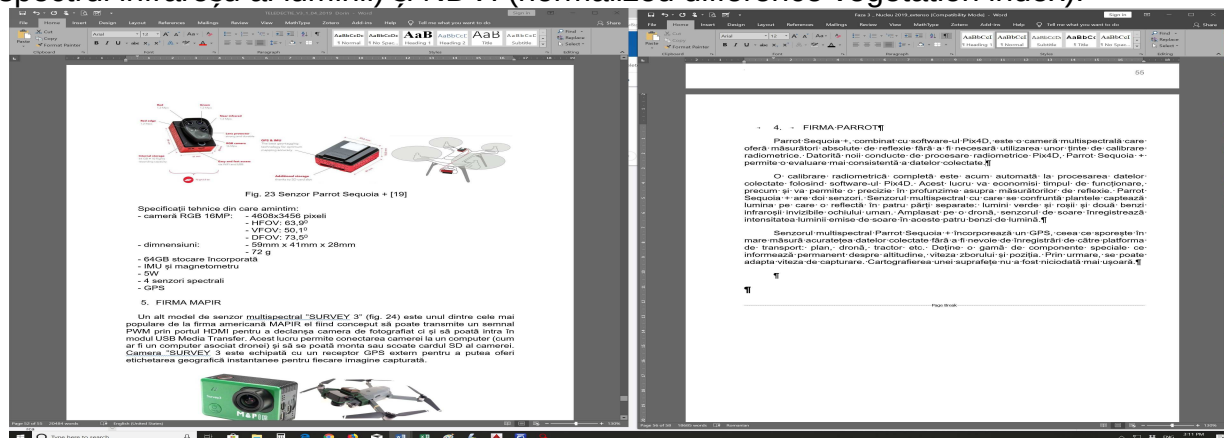


Fig. 2. Senzor multispectral Parrot integrat pe o dronă agricolă

Culoarea percepută a unui obiect corespunde lungimii de undă a spectrului vizibil cu cea mai mare reflectanță. Aceste diferențe permit identificarea diferitelor caracteristici ale suprafeței pământului sau a materialelor prin analiza modelelor lor de reflectanță spectrală sau a semnăturilor spectrale. Aceste semnături pot fi vizualizate în așa numitele curbe de reflexie spectrală ca funcție a lungimilor de undă.

Diagrama de mai jos prezintă curbele tipice de reflectanță spectrală a trei tipuri de caracteristici ale pământului: vegetația verde, solul gol și apa curată. Verde, roșu și infraroșu sunt cele principale utilizate în agricultură. Edge-ul roșu (banda scurtă

corespunzătoare punctului de intrare infraroșu aproape) este de asemenea folosit uneori pentru obținerea de indici suplimentari.

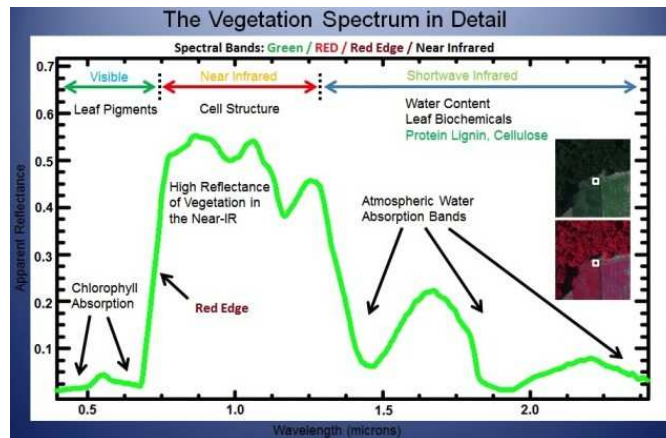


Fig. 3. Detalii spectrului de vegetație

1.5 Concluzii

Schimbările climatice au impact major asupra securității alimentare. Întreprinderile agricole și alte persoane implicate în agricultură trebuie să se adapteze la schimbările climatice și alte provocări.

Având în vedere procesul dezvoltării unei agriculturi durabile în acest context, instrumentele și tehnologiile bazate pe utilizare a hărților multispectrale ale culturilor monitorizate se implementează din ce în ce mai mult în acest domeniu.

La nivel mondial în întreținerea și exploatarea terenurilor agricole își fac din ce în ce mai mult prezența utilizarea dronelor dotate cu mijloace tehnice de vârf de supraveghere și mapare în timp a culturilor.

Dezvoltarea performanțelor tehnice ale camerelor multispectrale precum și a soft-urilor aferente acestora a luat amploare. Tot mai mulți specialiști din domeniu IT sunt interesați în perfecționarea acestor părților hardware cât și software.

Dacă acest sistem de supraveghere ale culturilor bazat pe drone agricole va fi aplicat pe scară largă în viitorul apropiat, milioane de oameni fermierii vor putea beneficia de obținerea de informații privind stadiul fermelor lor în timp real. Agricultorii nu vor mai trebui să petreacă o perioadă semnificativă de timp în teren pentru achiziționarea datelor agricole și vor avea acces la informații de avertizare în caz de dezastru și la informații meteo atunci când un eveniment dezastru pare posibil.

**PN 19 10 01 01: CERCETARI PRIVIND REALIZAREA UNOR SISTEME INTEGRATE
PENTRU DOMENIUL BIOECONOMIE CONFORM
CONCEPTULUI DE AGRICULTURĂ INTELIGENTĂ**

Contractul nr.: 5N/07.02.2019

Faza nr. 4/2019: Studiu prospectiv privind indicii de vegetație ai culturilor agricole

1. Rezumatul fazei: „Studiu prospectiv privind indicii de vegetație ai culturilor agricole”

1.1. Noțiuni introductive privind indicii de vegetație.

Cele mai comune tehnici de obținere de informații privind parametrii biofizici ai suprafeței solului prin teledetecție se bazează pe indicii de vegetație. În mod special, vegetația reglează schimbul de energie între biosfera terestră și atmosferă, determină procesele hidrologice și, prin fotosinteză, fixează dioxidul de carbon atmosferic în biomasă. De aceea este necesară cunoașterea cantității de vegetație cu o rezoluție temporală și spațială suficientă pentru a descrie atât procesele de suprafața solului, cât și interacțiunile dintre atmosferă și sol.

Teledetecția joacă un rol important în studiul biosferei, în acest sens, sistemele de observare a Pământului au rolul de a oferi informații asupra acestuia la scară globală prin capacitatea lor de a efectua măsurători repetate ale parametrilor fizici și fiziologici ai vegetației, prin intermediul instrumentelor care măsoară radiația solară reflectată de diferite suprafețe la anumite intervale de lungime de undă (semnături spectrale).

Semnăturile spectrale ale suprafețelor de vegetație variază în funcție de factori externi cât și interni, cum ar fi: calibrarea senzorilor, atmosfera, unghiuri de reflexivitate, poziția soarelui, caracteristicile suprafețelor. Prin urmare, radiația care părăsește ținta și ajunge la senzorul receptor este afectată nu numai de vegetația în sine, ci și de alți factori perturbatori fiind necesară o procedură de extragere a informațiilor legate de starea vegetației din semnalul compus.

Metodele de obținere a informațiilor biofizice de la suprafața terenurilor prin intermediul datelor obținute prin teledetecție se bazează pe indicii de vegetație. Avantajul indicilor de vegetație constă în ușurința în utilizare putând fi dezvoltați indicatori care să ofere relații empirice cu parametri dorți, minimizând sensibilitatea la influențele externe (atmosfera, unghiuri de reflexivitate, poziția soarelui, etc.) și variații interne (caracteristicile suprafeței, etc.)

1.2. Spectrul de reflectanță pentru diferite materiale

Teledetecția optică a unui obiect se bazează pe două ipoteze:

radiația solară interacționează cu obiectul detectat și este recepționată de un senzor localizat la distanță, conținând semnătura spectrală obiectului detectat și

această semnătură poate fi descifrată pentru a obține caracteristicile obiectului, cum ar fi cantitatea de vegetație (biomasa, etc.), activitatea fotosintetică, stadiul de creștere, gradul de stres și structura suprafeței.

Evaluarea caracteristicilor de vegetație din semnătura spectrală constituie un procedeu destul de complex, deoarece observarea stării de vegetație de la sateliți este

influențată de atmosferă, de solul sau fundalul subteran, de geometria sensorului solar precum și de proprietățile optice și structurale ale vegetației însăși. Acestea din urmă pot fi clasificate în fitoelemente cum ar fi frunze sau ace, lăstari, crengi, ramuri, trunchiuri, tulpini, flori, etc. Nu în ultimul rând, semnalul recepționat de un sensor de teledectie poate fi afectat indirect de vânt și rouă.

Proprietățile optice ale frunzelor verzi sunt universale. Reflexia verde sănătoasă a frunzelor prezintă câteva caracteristici unice care diferă în funcție de cele trei domenii spectrale optice, așa cum se arată în figura 1.

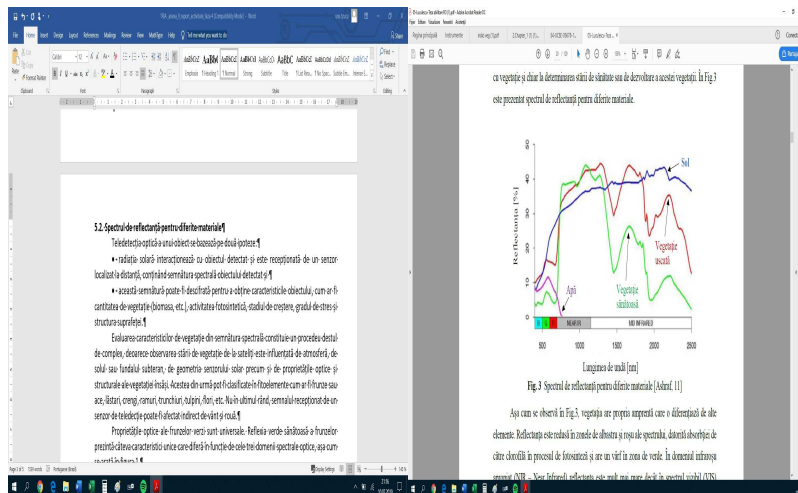


Fig. 1. Spectrul de reflectanță pentru diferite materiale

În general, pigmentii din frunze au un impact mare asupra reflectanței vizibile (0,4-0,7 μm) datorită clorofilei a și b, carotenilor și xantofilului. Există două benzi principale de absorbție în albastru și roșu din cauza clorofilei care induc un vârf de reflexie în regiunea verde, tipice aspectului verde al frunzelor sănătoase. În apropierea benzii infraroșii (0.7-1.3 μm), absorbția este foarte scăzută (mai mică de 10%), iar împrăștierea radiației de către constituenții frunzei interne determină atât reflexia, cât și transmitanța, care prezintă valori similare. Caracteristica principală a acestei regiuni este un platou care poate atinge o reflexie de 50%, iar aceasta depinde de structura internă a frunzelor, care determină interfețele (aer/apă) cu indicatori de refracție diferiți. Reflectanța crește odată cu creșterea straturilor celulare și astfel, procesul de împrăștiere este cel mai proeminent.

Absorbția de lumină de către frunzele umede (benzile de absorbție a apei sunt situate în 1,4, 1,9 și 2,7 μm) determină reflectanța în domeniul infraroșu mediu (1,3-2,5 μm), astfel încât capacitatea de reflexie scade atunci când crește conținutul de apă.

Solurile sunt materii litologice neconsolidate care conțin apă, aer și produse minerale și organice prezentând diferite grade de consolidare, structură și stratificare. Proprietățile, concentrațiile relative, aranjamentele și relațiile dintre materialele componente ale solului afectează reflectarea energiei solare. Ca o consecință a acestei dependențe în funcție de conținutul de umiditate, conținutul de fier și oxid de fier, conținutul de materie organică, mineralogia și dimensiunea particulelor, pot fi găsite o varietate de semnale spectrale ale solului. Un factor important care afectează proprietățile optice ale solurilor este umiditatea. Variația umidității solului conduce la

curbe aproximativ paralele ale reflectanței spectrale a solului (o reflectanță mai mare corespunde unui conținut mai scăzut de umiditate). Drept urmare, reflectanța solurilor goale este reprezentată de o singură linie în planul R-NIR, care este numită linia solului.

Reflexia individuală a frunzelor nu este suficientă pentru a descrie răspunsul de la distanță a unei suprafețe de vegetație deoarece aceasta este compusă dintr-un mozaic reprezentat de frunze, fundal și umbre, proprietățile optice ale suprafețelor de vegetație nefiind statice. Acestea variază în funcție în timp fiind influențate de starea plantelor și sunt afectate de factori externi (orientarea înălțimii solare și înclinația axei de vizualizare, condițiile atmosferice, etc), reflexia solului și parametrii structurali (orientarea rândului, geometria suprafeței). La începutul creșterii culturilor, se constată doar o reflexie a spectrului solului. Pe măsură ce suprafața crește, acesta este înlocuită de reflexia plantelor și contribuția solului scade progresiv. O suprafață completă are o semnătură spectrală similară cu cea a frunzelor, dar înălțimea curbei de reflexie (cu o valoare maximă de aproximativ 50% pentru frunză) nu este limitată în acest caz și poate adopta valori diferite.

1.3. Principiile fizice ale utilizării indicilor de vegetație

Conceptul liniei solului a fost propus inițial de Kauth & Thomas, care au descoperit că datele spectrale ale solului au fost distribuite aproape de-a lungul unei linii care se extinde de la origine într-un spațiu de reflexie în patru dimensiuni.

Richardson & Wiegand a particularizat acest concept la spațiul bidimensional corespunzător reflexiilor NIR și R.

Semnătura spectrală a solurilor poate varia în două moduri diferite:

diferențele de luminozitate asociate cu magnitudinea razelor reflectate (amplitudine) și

variațiile de formă ale curbei spectrale atribuite caracteristicilor de absorbție minerală, organică și de apă.

Luminozitatea solului poate varia ca o consecință a modificărilor în conținutul de umiditate și rugozitate a suprafeței, dar poate fi influențată și de factori externi (iradierea soarelui). Toți acești factori modifică amplitudinea semnalului reflectat rezultând luminozitatea mai deschisă sau mai întunecată a solului.

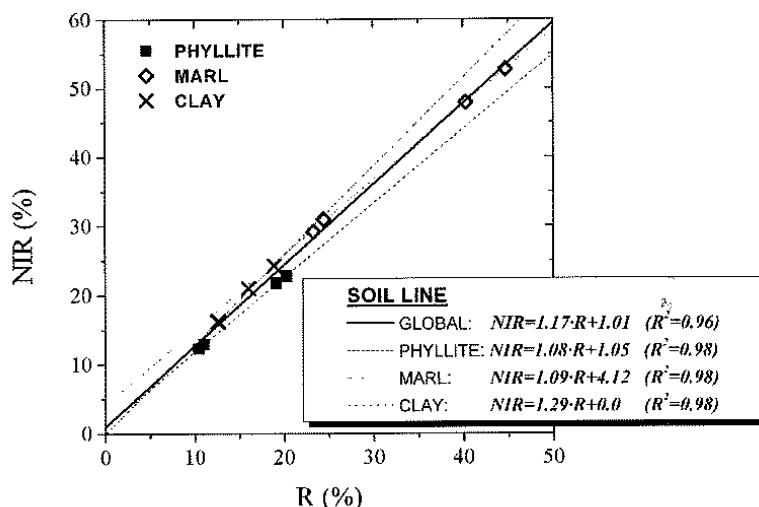


Fig. 2. Conceptul de liniei solului în planul de reflectanță NIR-R

1.4. Aplicații ale indicilor de vegetație

Progresele tehnologice atât pentru platformele de detectare spectrală, cât și pentru tehnicile analitice au condus la o largă varietate de aplicații pentru indicii de vegetație, variind de la evaluarea randamentului culturii până la detectarea și cartografierea secetei.

Datele de teledetectie oferă un potențial de monitorizare a activităților culturilor, a aplicațiilor agronomice și hidrologice, deși teledetectia nu poate măsura direct variabilele agronomice.

În tabelul 1 este prezentată lista principalilor indici de vegetație hiperspectrali. Indicii marcați în gri servesc mai multor scopuri.

Tabelul 1 Principalii indici de vegetație hiperspectrali

vizualizare, condițiile atmosferice, reflexia solului și parametrii structurali (orientarea rândului, geometria suprafeței).

Indicele de vegetație este un parametru obținut prin teledetecție fiind o valoare obținută dintr-o combinație din mai multe benzi spectrale specifice.

Spectrul apropiat de infraroșu, frunzele verzi sănătoase tind să reflecte și să transmită energia electromagnetică, dar absorb doar ușor energia electromagnetică.