

Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului
“Regele Mihai I al României” din Timișoara



Facultatea de Agricultură

CONSTANTINESCU ALEXANDRU CRISTIAN

REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

**MODEL GIS DE EVALUARE A STĂRII DE VEGETAȚIE ȘI A
PRODUCȚIEI LA CULTURA DE GRÂU ÎN RAPORT CU
SISTEMUL DE FERTILIZARE**

Conducător Științific

PROF.UNIV.DR.ING. SALA FLORIN

**Timișoara
2022**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Titlul teză: Model GIS de evaluare a stării de vegetație și a producției la cultura de grâu în raport cu sistemul de fertilizare

Structura propriu-zisă a tezei:

Rezumatul (română și engleză)

Introducere

Partea de stadiu actual al cunoașterii: 24 pagini

Partea de cercetări proprii: 80 pagini

Concluzii generale și recomandări

Elemente de originalitate

Părți adiționale:

Lista de abrevieri

Lista lucrărilor publicate ca rezultat al cercetărilor

Bibliografia

Elemente tabelare și grafice

Tabele: 43

Grafice: 72

Surse bibliografice 173

Raport antiplagiat / coeficient de similitudine: 0,20%

INTRODUCERE

Obiectiv principal: obținerea unui pachet de date și relații matematice pentru realizarea unui model GIS de evaluare a stării de vegetație și a producției la cultura de grâu în raport cu sistemul de fertilizare.

Obiective specifice:

- evaluarea în dinamică, pe stadii de vegetație, a unor indici fiziologici specifici culturii de grâu și a producției sub influența fertilizării minerale;
- prelevarea de imagini aeriene cu drona pe stadii de vegetație pentru caracterizarea imagistică a culturii de grâu în raport cu sistemul de fertilizare;
- prelucrarea și interpretarea imaginilor aeriene și analiza complexă a datelor spectrale cu indicii fiziologici și producția la cultura de grâu, în raport cu sistemul de fertilizare;
- obținerea unui pachet de date și modele matematice pentru realizarea unui model GIS de caracterizare a culturii de grâu pe stadii de vegetație și pentru predicția producției, în raport cu sistemul de fertilizare.

Importanța și actualitatea temei

Studiul doctoral s-a încadrat în tendințele actuale privind utilizarea tehnicilor bazate pe analiza imagistică (imagini satelitare, aeriene sau terestre) și modelare pentru evaluarea culturilor agricole sub aspectul unor indici fiziologici, elemente de productivitate, producție și calitatea acestora în raport cu condițiile pedoclimatice, tehnologiile de cultura și factorii de influență.

Prin tematica abordată lucrarea a evaluat starea de vegetație pe baza unor indici fiziologici reprezentativi și producția la cultura de grâu în raport cu sistemul de fertilizare, în scopul obținerii de date și relații matematice pentru realizarea unui model GIS.

Tematica abordată și rezultatele obținute se adresează atât cercetătorilor cât și specialiștilor în managementul fermei, fermierilor și în general tuturor celor interesați de perfecționarea tehnologiei la cultura de grâu prin utilizarea tehnicilor de analiza imagistica.

Motivația alegerii temei

Facilitățile oferite de analiza imagistica pe baza imaginilor aeriene în studiul și evaluarea culturilor agricole, tendința de digitizare în agricultură, tehnologiile agricole de tip "smart", evaluarea în timp real a stadiului culturilor în raport cu condițiile pedoclimatice și tehnologiile de cultura în scopul unui management adecvat au stat la baza motivării în alegerea temei de studiu doctoral.

PARTEA I-a: STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND UTILIZAREA GIS ȘI A TEHNICILOR DE IMAGISTICĂ ÎN EVALUAREA CULTURILOR AGRICOLE

Capitolul 1. ANALIZA GIS ȘI A TEHNICILOR DE IMAGISTICĂ ÎN EVALUAREA CULTURILOR AGRICOLE

În acest capitol sunt prezentate cercetări și studii în domeniul tematicii prezentei lucrări de doctorat, și care cuprind în special informații legate de analiza GIS, modele GIS, prelucrarea imagistică în agricultură, indici și parametri utilizați în analiza imagistică.

În prima parte a tezei de doctorat sunt prezentate aspecte generale cu referire la: analiza GIS și a tehnicilor de imagistică în evaluarea culturilor agricole; modele GIS și prelucrarea imagistică în agricultură; analize și modele de prelucrare a imaginilor; indici și parametri specifici utilizați în analiza imagistică; variația unor indici fiziologici, parametri biometrici și a producției la diferite culturi agricole și în special la cultura de grâu în raport cu sistemul de fertilizare.

Imaginile satelitare și aeriene sunt reprezentări fotografice obiective ale realității din teren, raportate la repere spațio – temporale. Metodele de analiză imagistică s-au dezvoltat și diversificat mult în ultima perioadă, ca urmare a vitezei și preciziei tot mai ridicate cu care furnizează informații asupra terenului, a covorului vegetal, a culturilor agricole, a arealelor urbane.

Pentru analiza imagistică este frecvent utilizat softul ArcGIS în diferite versiuni, în scopul analizei imaginilor satelitare și extragerea informațiilor conținute în benzile spectrale (R, G, B, NIR) respectiv pe combinații ale acestora utilizate la calcularea indicilor reprezentativi în raport cu scopul analizei (exemplu NDMI, NBR, NDVI etc).

Indicii de vegetație au fost grupați în trei categorii principale: indici bazați pe pantă, care reprezintă simple combinații aritmetice care se bazează pe contrastul dintre răspunsul spectral al vegetației în domeniile roșu și infraroșu ale spectrului (RATIO, NDVI, RVI, NRVI, TVI, CTVI, TTVI); indici bazați pe distanță, care măsoară gradul de acoperire cu vegetație prin calibrarea diferenței dintre reflectanța oricărui tip de pixel și reflectanța solului neacoperit de vegetație (PVI, DVI, AVI, TSAVI, WDVI); indici bazați pe transformare ortogonală, care realizează o transformare a benzilor spectrale disponibile pentru a forma un set nou de benzi necorelate în cadrul cărora poate fi definită o bandă a indicelui vegetației.

În raport cu starea de aprovizionare a plantelor cu elemente nutritive și condițiile de vegetație, covorul vegetal dat de culturile agricole (plantele de grâu în cadrul prezentului studiu) au nivel diferențiat de înfrățire, de creștere și dezvoltare, conținut diferit de pigmenți

clorofilieni, ceea ce va determina o expresie diferită a covorului vegetal al culturii de grâu în imaginile satelitare sau aeriene (preluate cu drona).

PARTEA II-a: CERCETĂRI PROPRII

Partea de cercetări proprii este structurată în capitole de caracterizare a condițiilor de cercetare și experimente de câmp, metodologia de cercetare și rezultatele proprii.

Capitolul 2. CADRUL NATURAL ȘI ORGANIZAREA CERCETĂRILOR

În cadrul capitolului sunt prezentate condițiile și aspectele de organizare a câmpului experimental, este descris materialul biologic utilizat, respectiv soiul de grâu Alex, sistemul de fertilizare aplicat, condițiile de sol și clima pe perioada de experimentare.

Cercetările propriu-zise, desfășurate pe o perioadă de 3 ani (2015 – 2018) au fost realizate în cadrul Stațiunii Didactice și Experimentale a USAMVB Timișoara, condiții reprezentative pentru zona de vest a României.

Scopul prezentului studiu a fost reprezentat de obținerea unui pachet de date și relații matematice pentru realizarea unui model GIS de evaluare a stării de vegetație și a producției la cultura de grâu în raport cu sistemul de fertilizare.

Fertilizarea cu îngrășăminte minerale ocupă un loc predominant în majoritatea tehnologiilor de cultură a plantelor specifice sistemelor agricole convenționale, sortimentele de îngrășăminte, dozele și momentele de aplicare fiind variabile în raport cu condițiile de sol, soiurile cultivate, tehnologiile agricole și destinația producției de grâu.

Categoriile de activități, aferente studiului doctoral, s-au derulat conform metodologiei specifice de cercetare, atât în ce privește documentarea, accesarea surselor bibliografice și utilizarea acestora în contextul subiectului abordat, cât și în ce privește derularea experimentelor în condiții de câmp; proiectarea și realizarea câmpului experimental pe variante: delimitarea perimetrului și pichetarea terenului conform schemei de amplasare; aplicarea îngrășămintelor minerale cu azot, fertilizare la sol; înființarea culturii de grâu de toamnă cu soiul Alex; derularea lucrărilor curente de întreținere a culturii de grâu; recoltarea probelor în raport cu obiectivele propuse; determinarea indicilor fiziologici în dinamica vegetației culturii de grâu; recoltarea probelor de producție pe variantele experimentale; preluarea imaginilor aeriene cu drona pe stadii de vegetație în concordanță cu determinarea indicilor fiziologici; analiza imaginilor aeriene și obținerea informațiilor spectrale; prelucrarea și interpretarea datelor experimentale.

Au fost utilizate instrumente matematice și statistice adecvate pentru prelucrarea datelor experimentale și valorificarea rezultatelor.

Variantele experimentale și amplasarea câmpului au fost realizate pe baza principiilor și recomandărilor de bază ale tehnicii experimentale, în scopul asigurării numărului de repetiții, a distribuției randomizate a variantelor, pe blocuri experimentale.

Pentru realizarea variantelor experimentale, în raport cu obiectivele propuse, au fost utilizate, ca resurse fertilizante, îngrășăminte simple cu azot sub forma azotatului de amoniu.

Azotatul de amoniu (NH_4NO_3) este o sare albă, cristalină, condiționat pentru practica agricolă sub formă granulată. Solubilitatea este foarte ridicată, iar reacția fiziologică este acidă.

A fost cultivat soiul de grâu Alex, realizat la Stațiunea de Cercetare Dezvoltare pentru Agricultură Lovrin.

Capitolul 3. VARIAȚIA UNOR INDICI FIZIOLOGICI ÎN RELAȚIE CU FERTILIZAREA LA GRÂU

Indicii fiziologici luați în considerare pentru studiu au fost reprezentați de clorofilă (Chl) și biomasă proaspătă (FB).

Clorofila a fost determinată cu un clorofil metru portabil (SPAD 502Plus, Konica Minolta, Japonia), cu o precizie ridicată de măsurare.

Biomasa proaspătă a fost determinată prin prelevarea de probe de plante de grâu în diferite stații de vegetație, pe o suprafață cunoscută, cântărite cu o balanță de laborator cu precizie de 0,02 g și exprimarea cantității la m².

Determinările pentru conținutul de clorofilă și biomasă proaspătă s-a făcut la aceeași dată calendaristică, asociat cu preluarea imaginilor cu drona. Prelevarea probelor s-a făcut randomizat, aleator, din cadrul fiecărei variante experimentale și repetiții.

Au fost utilizate diferite metode de analize matematice și statistice, precum: ANOVA test; analiza de corelație; analiza de regresie; analiza clusterială; analize grafice de evaluare a variabilității datelor.

Pentru analiza și prelucrarea datelor experimentale a fost utilizat modulul de calcule cuprins în programul EXCEL, și softul PAST.

Variația conținutului de clorofilă și biomasă proaspătă în raport cu fertilizarea minerală la grâu.

În cadrul fiecărui an experimental au fost făcute mai multe seturi de determinări ale indicilor fiziologici (clorofilă și biomasă) asociat preluării de imagini aeriene cu drona, în intervalul de vegetație activă (aprilie – iunie). Pe baza determinărilor au fost obținute valori pentru clorofilă și biomasă proaspătă la plantele de grâu, soiul Alex, ca răspuns al plantelor la fertilizarea minerală aplicată.

În anul 2017 cel mai mare conținut de clorofilă (Chl) a fost înregistrat în 14 iunie 2017 și cea mai mare producție de biomasă proaspătă (FB) a fost înregistrată în 6 iunie 2017.

În anul 2018 cel mai mare conținut de clorofilă (Chl) a fost înregistrat la data de 28 mai 2018 și cea mai mare producție de biomasă (FB) a fost înregistrată la data de 28 mai 2018.

Testul ANOVA a confirmat siguranța statistică a datelor în cazul indicilor fiziologici determinați și existența varianței, în setul de valori experimentale. Referitor la analiza valorilor CV (coeficientul de variație), conținutul de clorofilă (Chl, SPAD) a prezentat variabilitate variabilă, mai ridicată la primele determinări și mai redusă spre finalul perioadei de vegetație.

Capitolul 4. VARIAȚIA PARAMETRILOR RGB ÎN RELAȚIE CU FERTILIZAREA MINERALĂ LA CULTURA DE GRÂU

Acest capitol al lucrării conține rezultatele aferente studiului doctoral care au avut ca scop principal investigarea științifică pentru obținerea valorilor RGB din imaginile preluate cu drona, pe fiecare variantă experimentală la cultura de grâu, soiul Alex, în diferite perioade pe parcursul vegetației, până la maturitatea fiziologică.

Pentru a genera o anumită variație în statusul plantelor și aspectul culturii de grâu, soiul Alex, a fost aplicată o fertilizare graduală cu azot, în intervalul 0 – 250 kg s.a. /ha. Îngrășământul utilizat a fost azotatul de amoniu, cu un conținut de substanță activă de 33,5% N. Au fost preluate imagini pe fiecare variantă experimentală, pe trei repetiții, cuprinzând întreaga parcelă la fiecare variantă, iar pentru analiza din fiecare imagine a fost utilizată suprafața egală (401 x 401 pixeli).

Pentru analiza și interpretarea rezultatelor au fost utilizate softul PAST și modulul de calcul și analiză matematică și statistică din EXCEL.

Variația valorilor RGB în funcție de variantele experimentale

Pe fiecare variantă experimentală, și cele trei repetiții, au fost preluate cinci seturi de imagini. Aceste imagini au fost analizate și s-au obținut valorile parametrilor de culoare RGB.

Din analiza imaginilor preluate cu drona la data de 12 aprilie 2017 s-a constatat variația

parametrilor de culoare, în raport cu variantele experimentale înregistrându-se cele mai mari valori pentru parametrul R = 112,31 (V₁), G = 138,49 (V₄) și B = 96,73 (V₁₁), iar cele mai mici valori pentru parametrul R = 95,25 (V₅), G = 119,65 (V₁₀) și B = 85,49 (V₂).

Testul ANOVA a confirmat prezența variantei în setul de date și siguranța statistică a setului de date experimentale.

Variabilitatea datelor a fost analizată prin intermediul coeficientului de variație (CV), conform căruia în cazul parametrului de culoare R (roșu) CVR = 6,7105, în cazul parametrului de culoare G (verde), CVG = 7,5276, iar în cazul parametrului de culoare B (albastru), CVB = 5,3188.

La data de 10 mai 2017 s-a constatat variația parametrilor de culoare, în raport cu variantele experimentale înregistrându-se valori ridicate pentru parametrul R = 112,94 (V₁), G = 133,84 (V₁) și B = 59,57 (V₉), iar valori scăzute pentru parametrul R = 83,83 (V₁₁), G = 117,32 (V₁₁) și B = 43,77 (V₂).

Variabilitatea datelor la cei trei parametri de culoare, a fost analizată cu ajutorul coeficientului de variație (CV): parametrul R (roșu) CVR = 11,3605, parametrul G (verde), CVG = 5,4231, parametrul B (albastru), CVB = 14,3115.

În luna iunie s-au înregistrat valori ridicate pentru parametrul R = 141,23 (V₁), G = 137,78 (V₁) și B = 49,98 (V₃), iar valori scăzute au fost la parametrul R = 108,29 (V₁₀), G = 102,15 (V₁₀) și B = 32,61 (V₁₁).

Variabilitatea datelor a fost analizată prin intermediul coeficientului de variație (CV): parametrul R (roșu) CVR = 8,0905, parametrul G (verde), CVG = 7,8475, parametrul B (albastru), CVB = 12,0015.

În luna iulie, la maturitatea fiziologică, s-au înregistrat valori ridicate pentru parametrul R = 166,19 (V₇), G = 129,34 (V₇) și B = 57,35 (V₇), iar valori reduse la parametrul R = 146,64 (V₁₀), G = 101,71 (V₃) și B = 39,79 (V₃).

Variabilitatea datelor analizată prin intermediul coeficientului de variație (CV): parametrul R (roșu) CVR = 7,8738, parametrul G (verde), CVG = 10,2355, parametrul B (albastru), CVB = 17,8613.

Din analiza imaginilor preluate cu drona la data de 29 aprilie 2018 s-a constatat variația parametrilor de culoare, în raport cu variantele experimentale înregistrându-se valori ridicate pentru parametrul R = 122,41 (V₁), G = 127,66 (V₁) și B = 62,14 (V_{10,11}), și valori scăzute pentru parametrul R = 77,80 (V₈), G = 105,03 (V₈) și B = 46,32 (V₃).

Variabilitatea datelor analizate prin intermediul coeficientului de variație (CV): parametrul R (roșu) CVR = 15,2534, parametrul G (verde), CVG = 6,8677, parametrul B (albastru), CVB = 16,2986.

La data de 28 mai 2018 s-a constatat variația parametrilor de culoare, în raport cu variantele experimentale înregistrându-se valori ridicate pentru parametrul R = 143,97 (V₁), G = 134,65 (V₁) și B = 56,47 (V₁), iar valori scăzute la parametrul R = 95,13 (V₈), G = 94,35 (V₈) și B = 33,81 (V₃).

Variabilitatea datelor la cei trei parametri de culoare, a fost analizată cu ajutorul coeficientului de variație (CV): parametrul R (roșu) CVR = 13,1921, parametrul G (verde), CVG = 12,8152, parametrul B (albastru), CVB = 17,8387.

La data de 1 iulie 2018, la maturitatea fiziologică a plantelor, s-au înregistrat valori ridicate pentru parametrul R = 196,37 (V₈), G = 176,76 (V₈) și B = 106,28 (V₈), și valori mai scăzute pentru parametrul R = 138,44 (V₁₁), G = 114,95 (V₁₁) și B = 60,57 (V₁₁).

Variabilitatea datelor a fost analizată prin intermediul coeficientului de variație (CV): parametrul R (roșu) CVR = 10,4529, parametrul G (verde), CVG = 10,8504, parametrul B (albastru), CVB = 16,308.

Capitolul 5. VARIAȚIA PRODUCȚIEI ÎN RELAȚIE CU FERTILIZAREA MINERALĂ LA CULTURA DE GRÂU

Scopul studiului a fost de a analiza variația producției sub influența fertilizării minerale cu azot (azotat de amoniu, cu aplicare la sol).

Materialul biologic a fost reprezentat de soiul Alex.

Pentru analiza și interpretarea rezultatelor au fost utilizate softul PAST și modulul de calcul matematic și statistic din EXCEL (Microsoft Office 2010).

Variația producției de grâu în funcție de dozele de azot

În perioada 2016 – 2017, producția de grâu a avut valori cuprinse între 2132,45 kg /ha la varianta de control (V_1 , Control) și 6394,50 kg /ha la varianta fertilizată cu 175 kg N /ha (V_8).

Testul ANOVA a fost utilizat pentru a evalua prezența variantei în setul de valori înregistrate experimental, și siguranța statistică generală a datelor de producție obținute, în raport cu fertilizarea minerală aplicată.

În raport cu coeficientul de variație, s-a constatat o variabilitate ridicată la V_1 ($CV = 3,3434$) și V_4 ($CV = 3,0988$), și variabilitate scăzută la V_9 ($CV = 0,5652$).

În perioada 2017 – 2018, producția de grâu, soiul Alex a avut valori cuprinse între 1896,64 kg /ha la varianta de control (V_1) și 4787,50 kg /ha la varianta fertilizată cu 200 kg N /ha (V_8).

Testul ANOVA a fost utilizat pentru analizarea setului de date experimentale, evaluarea prezenței variantei și siguranța statistică a datelor de producție obținute pentru anul 2017 – 2018.

În raport cu coeficientul de variație, s-a constatat o variabilitate ridicată la V_4 ($CV = 5,3821$) și V_2 ($CV = 4,4506$), și variabilitate scăzută la V_6 ($CV = 0,9346$).

Capitolul 6. MODELE DE ESTIMARE A PRODUCȚIEI PE BAZA RGB

Scopul studiului a fost de a analiza variația producției în raport cu valorile parametrilor de culoare RGB rezultate din analiza imaginilor preluate cu drona la diferite momente pe perioada de vegetație și a descrie prin modele matematice variația producției pe baza parametrilor RGB.

Au fost realizate 11 variante experimentale.

A fost analizată producția în condițiile anilor agricoli 2016 – 2017 și 2017 – 2018, în raport cu fertilizarea minerală aplicată.

Pentru captarea imaginilor aeriene a fost utilizată o drona model DJI Phantom 3.

Imaginile au fost captate în perioada aprilie – iulie a anilor agricoli 2016 – 2017 și 2017 – 2018, la diferite momente de vegetație ale culturii de grâu, soiul Alex.

Imaginile, format jpeg, au fost analizate pentru a se obține informațiile spectrale în sistemul RGB.

Parametri de siguranță statistică ai ecuațiilor obținute au fost luați în considerare pentru a certifica gradul de siguranță a modelelor obținute.

Parametrul statistic RMSEP a fost utilizat pentru a evalua siguranța predicției producției pe baza valorilor RGB obținute în raport cu data de preluare a imaginilor.

Softul PAST a fost utilizat pentru analiza statistică a datelor.

Estimarea producției de grâu pe baza imaginilor preluate cu drona în condițiile anului agricol 2016 – 2017

Fertilizarea cu azot a fost realizată cu azotat de amoniu, cu doze variabile 0 – 250 kg /ha N substanță activă, iar în condițiile specifice anului agricol 2016 – 2017, a fost evaluată creșterea și dezvoltarea diferențiată a plantelor și producția culturii de grâu, soiul Alex.

Pe fondul fertilizării aplicate și a condițiilor specifice, plantele de grâu au avut o creștere și dezvoltare diferențiată, acest aspect s-a reflectat pe parcursul vegetației și de asemenea a fost surprins în imaginile preluate cu drona la diferite momente de vegetație.

Din analiza de ansamblu a valorilor parametrilor de siguranță statistică determinate, anului agricol 2016 – 2017, s-a constatat că a fost posibilă estimarea producției de grâu (Y) pe baza parametrilor de culoare RGB rezultati din imaginile aeriene analizate, în condiții de siguranță statistică, indiferent de momentul de prelevare a acestora.

Estimarea producției de grâu pe baza imaginilor preluate cu drona în condițiile anului agricol 2017 – 2018

Pe fondul fertilizării controlate cu azot, cu doze variabile 0 – 250 kg /ha⁻¹ N substanță activă, în condițiile specifice anului agricol 2017 – 2018 a fost evaluată creșterea și dezvoltarea diferențiată a plantelor pe variantele experimentale și producția de grâu.

Plantele de grâu au avut o creștere și dezvoltare diferențiată, iar acest aspect s-a reflectat în imaginile preluate cu drona, la diferite momente de vegetație.

Aprecierea siguranței de predicție a producției de grâu (Y) în relație cu valorile parametrilor RGB, obținute din analiza imaginilor digitale, a fost făcută pe baza valorilor R², F-test și RMSEP.

A fost luată în considerare eroarea de predicție, ca valoare medie, pe fiecare variantă experimentală, în raport cu producția reală (Y).

Acest studiu a utilizat informații spectrale, sistemul RGB, din imagini aeriene (UAV), iar prin analize matematice adecvate a fost posibilă obținerea unor modele de estimare a producției de grâu, în condiții de siguranță statistică. Studiul a contribuit la dezvoltarea bazei de date și informații pentru managementul culturii la nivel de fermă.

Prin setul de date experimentale și modele matematice sub formă de ecuații, studiul pune la dispoziția cercetătorilor dar și fermierilor informații și metode de abordare în scopul monitorizării culturii de grâu, estimarea producției agricole, și facilitează îmbunătățirea managementului culturilor, perfecționarea tehnologiilor agricole.

PARTEA III-a CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Tematica de studiu și cercetare doctorală, care a stat la baza realizării prezentei Tede de Doctorat este de actualitate și de interes pentru cercetarea științifică, dar și pentru practica agricolă, ca urmare a facilităților pe care le oferă analiza imagistică.

Scopul și obiectivele studiului și cercetării doctorale au fost bine stabilite, în concordanță cu cercetări în domeniu, cu interesul pentru cercetarea și practica agricolă privind utilizarea tehnologiilor bazate pe analiza imagistică (UAV) în scopul analizei, caracterizării, monitorizării și estimării producției la diferite culturi agricole, respectiv la cultura de grâu în cadrul studiului.

Echipamentul utilizat pentru preluarea imaginilor, drona DJI Phantom 3, a facilitat obținerea de imagini de calitate sub aspectul rezoluției (12 MP, format jpeg) și informațiilor spectrale în scopul caracterizării culturii de grâu pe variante experimentale în raport cu scopul și obiectivele propuse.

Indicii de vegetație considerați (continutul de clorofilă – Chl, biomasa proaspătă FB) au fost reprezentativi pentru cultura de grâu, soiul Alex, și au facilitat caracterizarea plantelor, pe variantele experimentale, în raport cu fertilizare diferențiată cu azot aplicată.

Calendarul de preluare a imaginilor aeriene, corelat cu determinarea indicilor fizilogici considerați (Chl, FB) a acoperit corespunzător perioada de vegetație a culturii de grâu, astfel încât să poată fi analizată și caracterizată evolutiv, în raport cu dinamica vegetației data de fertilizarea diferențiată cu azot.

Pe baza corelațiilor identificate între datele spectrale din imaginile aeriene și datele ce

reflectă nivelul de dezvoltare a culturii de grâu (Chl), producția de biomasă proaspătă (FB), au fost analizate relațiile de interdependență dintre parametri de vegetație (Chl), producția de biomasă (FB) și valorile spectrale în sistemul RGB.

Analiza de regresie a fost o metoda adecvata pentru a evalua nivelul de interdependenta dintre fertilizare, indicii fiziologici (Chl, FB) si parametri RGB din imaginile aeriene, obtinute pe intervalul de studiu si în conditiile experimentale specifice.

Variabilitate ridicată a fost înregistrată în cadrul primelor determinări pentru clorofilă (Chl, SPAD) și biomasă (FB, kg /m²), iar la ultimele determinări variabilitatea a fost mai redusă, cuantificarea variabilității fiind făcută pe baza coeficientului de variație (CV), cât și prin analiza grafică.

Siguranța statistică a rezultatelor obținute, evaluată pe baza testului ANOVA, a confirmat corectitudinea experimentului în condiții de câmp, metodologia de determinare și a recomandat utilizarea datelor la analize ulterioare, în raport cu alte obiective ale studiul doctoral.

Imaginile preluate cu drona, la diferite momente în perioada de vegetație a anilor agricoli luați în considerare, au surprins starea de vegetație a plantelor prin intermediul valorilor parametrilor de culoare RGB. Din analiza imaginilor s-a constatat variația parametrilor de culoare RGB în mod diferențiat pe variantele experimentale și în raport cu condițiile de vegetație a fiecărui an agricol experimental.

Analiza statistică prin Testul Anova a confirmat siguranța statistică a datelor și prezența varianței în setul de date, aferent fiecărui moment de preluare a imaginilor; variația parametrilor RGB a fost evidențiată atât pe baza coeficientului de variație (CV) cât și prin analiza grafică, profilul de diversitate.

Au fost identificate relatii de interdependenta între indicii fiziologici (Chl, FB) si valorile spectrale RGB în conditii de siguranta statistica si au fost obinute diferite modele de tipul unor ecuatii care au descris variatia celor doi indici în relatie cu fertilizare (N) si cu valorile parametrilor de culoare RGB din imaginile aeriene.

Estimarea producției la culturile agricole prezintă interes și au fost dezvoltate diferite modele de estimare în raport cu diferiți factori de influență. Prezentul studiu a utilizat informații spectrale, sistemul RGB, din imagini aeriene pentru a obține modele de estimare a producției de grâu și contribuie la dezvoltarea bazei de date și informații pentru managementul culturilor la nivel de fermă.

În raport cu data la care au fost preluate imaginile, siguranța de estimare a producției a prezentat nivele diferite de precizie, dar în condiții de siguranță statistică. Imagini din stadii mai timpurii de vegetație au facilitat estimarea producției cu siguranța statistică mai ridicată.

Prin datele obținute, studiul doctoral pune la dispoziția cercetătorilor dar și fermierilor informații și metode de abordare în scopul monitorizării culturii de grau, managementul culturilor agricole și facilitarea de decizii în timp real.

Metodele imagistice bazate pe imagini aeriene, prezintă avantaje ca urmare a faptului că sunt rapide, suficient de precise și facilitează cunoașterea în timp real a stării culturilor și a stabilirii unor masuri tehnologice în raport cu obiectivele propuse.

PARTEA A IV-A ELEMENTE DE ORIGINALITATE

Studiul doctoral a utilizat tehnici de analiza si evaluare a vegetatiei pe baza imaginilor aeriene (UAV) în scopul analizei, caracterizari și evaluarii în dinamica a culturii de grau, soiul Alex, și estimare a productiei, în raport cu sistemul de fertilizare.

A fost cuantificat răspunsul specific al culturii de grau, soiul Alex, pe baza unor indici fiziologici reprezentativi, continutul de clorofila (Chl) biomasa proaspata (FB) în raport cu sistemul de fertilizare minerala cu azot.

Au fost preluate imagini aeriene cu drona (DJI, Pantom 3) pe parcursul perioadei de vegetatie, iar din analiza imaginilor au fost obtinute valori ale parametrilor RGB pentru caracterizarea culturii, pe variantele experimentale, in raport cu sistemul de fertilizare mineral aplicat.

S-au obtinut valori bune de corelare a parametrilor de culoare RGB cu cultura de grau, pe variante experimentale, fapt ce a facilitat caracterizarea culturii pe baza imaginilor aeriene in raport cu sistemul de fertilizare si indici fiziologici considerati (Chl, FB).

Au fost găsite modele matematice, de tipul unor ecuații polinomiale care au descris variația parametrilor fiziologici considerati și a producției la cultura de grâu în raport cu sistemul de fertilizare.

A fost obtinut un pachet de datele si informatii, cu privire la indici fiziologici (Chl, FB), valori ale parametrilor RGB din imagini aeriene, date de productie si modelele matematice asigurate statsitic de estimare a productiei pe baza RGB, in raport cu sistemul de fertilizare, care poate contribui la realizarea unui model GIS pentru managementul culturii de grau.

BIBLIOGRAFIA conține 167 de surse referențiale din literatura de specialitate și 6 articole, ca realizări proprii.