



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



### تعیین مقدار نیتروژن و کلروفیل گیاه نیشکر از روی شاخص‌های رنگی با مدلسازی رگرسیون

سیده عارفه حسینی<sup>۱</sup>، حسن مسعودی<sup>۲\*</sup>، سیدمجید سجادی<sup>۳</sup> و سامان آبدانان مهدی زاده<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. ایمیل: aarefeh.hossaini@gmail.com
۲. استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. ایمیل: hmasoudi@scu.ac.ir
۳. استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. ایمیل: s.m.sajjadiyeh@gmail.com
۴. استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران. ایمیل: s.abdanan@ramin.ac.ir

#### چکیده

نیتروژن یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه می باشد و بیشتر از سایر عناصر در تغذیه گیاهی مصرف می شود. نیتروژن جزء مهمی از ملکول کلروفیل را تشکیل می دهد و در ساختمان کلروفیل بصورت پروتئین وجود دارد. بدون نیتروژن رشد گیاه به مقدار بسیار زیادی کاهش می یابد. این تحقیق به منظور برآورد مقدار نیتروژن و کلروفیل برگ گیاه نیشکر از روی شاخص های رنگی استخراج شده از تصاویر هوایی دیجیتال که توسط کوادکوپتر از دو ارتفاع ۵ متر و ۱۰ متر و در مزارع شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی گرفته شدند، انجام گرفت. تصاویر استفاده شده برای این تحقیق از سه مزرعه با دوره های رشد مختلف بودند. همزمان با تصویر برداری، میزان کلروفیل برگ نیشکر در نقاط مشخص شده نیز با کلروفیل متر دستی تعیین گردید، همچنین نمونه برداری از مزارع برای تعیین مقدار واقعی نیتروژن به روش کجلدال انجام شد. نتایج آزمایشات، پردازش تصاویر و مدلسازی رگرسیونی نشان داد که معادلات رگرسیونی می توانند برای دو ارتفاع ۵ و ۱۰ متر به ترتیب میزان نیتروژن را با ضرایب همبستگی ۸۶/۳ و ۷۹ درصد؛ و کلروفیل را با ضرایب همبستگی ۶۲ و ۶۹ درصد برآورد کنند. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق با تعیین ارتباط بین نیتروژن و رنگ گیاه می توان از وضعیت نیتروژن گیاه آگاه شد. معادلات رگرسیونی ارائه شده می توانند به عنوان یک روش ساده، سریع و غیر تخریبی برای برآورد میزان نیتروژن مورد نیاز گیاه نیشکر مورد استفاده قرار گیرند و به تعیین زمان مناسب و مقدار دقیق کوددهی کمک کنند.

**کلمات کلیدی:** نیشکر، میزان نیتروژن، کلروفیل متر دستی، آزمایش کجلدال، تصاویر هوایی دیجیتال، معادلات رگرسیونی.

\* نویسنده مسئول: حسن مسعودی، خوزستان، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، تلفکس: ۰۶۱۳۳۳۶۴۰۵۷



## Determination of Nitrogen and Chlorophyll Content of Sugarcane Crop from Color Indexes by Regression Modelling

Seyedeh Arefeh Hosseini<sup>1</sup>, Hassan Masoudi<sup>2\*</sup>, Seyed Majid Sajjadiyeh<sup>3</sup> and Saman Abdanan Mehdizadeh<sup>4</sup>

- 1- Former M.Sc. student, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: [aarefeh.hossaini@gmail.com](mailto:aarefeh.hossaini@gmail.com)
- 2- Assistant professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: [hmasoudi@scu.ac.ir](mailto:hmasoudi@scu.ac.ir)
- 3- Assistant professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: [s.m.sajjadiyeh@gmail.com](mailto:s.m.sajjadiyeh@gmail.com)
- 4- Assistant professor, Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Khuzestan, Iran. Email: [s.abdanan@ramin.ac.ir](mailto:s.abdanan@ramin.ac.ir)

### ABSTRACT

Nitrogen is one of the essential elements for plants and is consumed more than other elements in plant nutrition. Nitrogen is an important component of the chlorophyll molecule and is present in the chlorophyll structure as a protein. Without nitrogen, plant growth decreases significantly. This research was carried out to estimate the amount of nitrogen and chlorophyll of sugarcane leaves from color indices extracted from digital aerial images taken by a quad-copter at two 5 and 10 m altitudes in the fields of Debal Khozaie sugarcane agro-industry company, Khuzestan, Iran. The images used for this research are from three farms with different growth stages. Simultaneously with the imaging, the chlorophyll content of the sugarcane crop at specified points was determined using a handheld chlorophyll meter; Also field sampling was performed to determine the real amount of nitrogen by Kjeldahl method. The results of experiments, image processing and regression modelling showed that regression equations can predict the amount of sugarcane crop nitrogen and chlorophyll, with 86.3% and 79% for correlation factor of nitrogen and 62% and 69% for correlation factor of chlorophyll, from 5 and 10 m altitudes images, respectively. According to the results obtained in this study, the nitrogen content of the plants can be determined by finding the relationship between nitrogen status and plant color. The proposed regression equations can be used as a simple, fast and non-destructive method to estimate the amount of nitrogen needed for sugarcane fields and can help to determine the appropriate time and amount of fertilization.

**Keywords:** Sugarcane, Nitrogen content, Hand held chlorophyll meter, Kjeldahl test, Digital aerial images, Regression equations.

### ۱- مقدمه

با توجه به رشد روز افزون جمعیت دنیا و جایگاه ویژه ای که محصولات کشاورزی در برنامه غذایی انسان ها دارند، افزایش تولید آن ها به صورت اورگانیک و به گونه ای که کمترین ضرر را برای محیط زیست داشته باشند، بسیار حایز اهمیت است. از عوامل محرک رویشی محصولات کشاورزی می توان به نیتروژن و رطوبت خاک اشاره کرد که ۲ تا ۵ درصد وزن گیاه را نیتروژن تشکیل می دهد. تشخیص پارامترها و نیازهای غذایی محصول به نیتروژن در دوره رشد بسیار اهمیت دارد. مشکلات بسیاری در این راه وجود دارند که از جمله آن می توان به پرزحمت بودن جمع آوری نمونه ها، کافی نبودن تعداد نمونه ها، طولانی و پر هزینه بودن تجزیه و تحلیل نمونه ها، محدود بودن نتیجه به نقاط نمونه برداری و نداشتن دید همه جانبه از مزرعه اشاره کرد. روش های مختلفی برای رفع این مشکلات ارائه شده اند؛ یکی از این روش ها استفاده از تکنیک های سنجش از دور و تصاویر هوایی است، که می توان با



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



صرف زمان و هزینه کمتر اطلاعات بهنگام و مفیدی از مزارع در سطح وسیع بدست آورد. این فناوری با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای و هوایی و تجزیه و تحلیل آن‌ها، قادر به شناسایی و پیش‌بینی تغییرات در مزارع و اعمال دقیق نهاده‌ها است. با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور می‌توان پارامترهای خاک (مانند رنگ خاک، مواد آلی خاک، بافت خاک و رطوبت خاک و ...) و پارامترهای گیاه (همچون میزان رسیدگی، میزان نیتروژن، تراکم محصول، نوع محصول و ...) را بدست آورد.

چندین روش برای استخراج میزان نیتروژن موجود در محصولات کشاورزی وجود دارند که شامل: الف) آنالیز بافت گیاه ب) آنالیز نمونه خاک ج) اندازه‌گیری توسط کلروفیل‌متر و د) پردازش تصاویر مزرعه می‌باشند. استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر به علت محدودیت در تعداد داده‌های اندازه‌گیری، در مزارع بزرگ بسیار محدود می‌باشد. روش قدیمی اندازه‌گیری ازت گیاهان استفاده از آنالیزشیمیایی بافت خاک و بافت گیاه می‌باشد. روش‌های آنالیز بافت گیاه و آنالیز نمونه خاک روش‌های دقیقی هستند، اما نیاز به زمان و تجهیزات بیشتری داشته و همچنین پر هزینه می‌باشند. در تجزیه گیاه، معمولاً وضعیت تغذیه‌ای محصول با مقایسه غلظت عناصر با حدود بحرانی آنها در گیاه مرجع مورد مقایسه قرار می‌گیرد. آنالیز بافت گیاه یا نمونه خاک شامل روش‌های کج‌دال (که اساساً یک روش اکسید کردن مرطوب بوده)، دوماس (که یک روش اکسید کردن خشک می‌باشد) و تقطیر مستقیم بوده و در آزمایشگاه انجام می‌شوند. این روش‌ها مخرب هستند و بافت نمونه گیاهی از بین می‌رود. از سال ۱۸۸۳ میلادی روش کج‌دال بعنوان رایج‌ترین و بهترین روش مخرب اندازه‌گیری نیتروژن و پروتئین در طیف وسیعی از مواد همچون آب، خاک، اندام‌های گیاهی، غذاها و نوشیدنی‌ها مورد پذیرش همگان قرار گرفته است (Sharifi & Haj Abbasi, 2005; Muñoz-Huerta et al., 2013).

با توجه به این‌که کوددهی به روش مرسوم پیامدهای نامناسبی دارد، باید به دنبال روش‌های مناسب که بر پایه‌ی مدیریت صحیح مصرف کود و افزایش بازدهی می‌باشند، بود. کوددهی متغیر نیتروژن یکی از روش‌هایی است که می‌توان برای کاهش اثرات زیست محیطی و افزایش بازده کوددهی استفاده کرد. اجرای موثر کوددهی متغیر نیتروژن در سطح مزرعه، بستگی به توانایی تشخیص وضعیت نیتروژن محصول در هنگام عملیات کودپاشی دارد. از این رو برای دست یافتن به مدیریت کوددهی در سطح مزرعه نیاز است که میزان نیتروژن محصول اندازه‌گیری شود. زیرا میزان کود مصرفی بسته به نوع محصول، سال و مکان متغیر می‌باشد و باید بر اساس نیاز واقعی گیاه در هر مرحله از رشد تنظیم گردد. تعدادی از محققان با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر میزان ازت گیاه را اندازه‌گیری کردند. در پژوهش (Aliabasi et al., 2005) به منظور تشخیص وضعیت نیتروژن برگ برنج رقم خزر و تعیین زمان مناسب مصرف کود نیتروژن به صورت سرک از دستگاه کلروفیل‌متر دستی استفاده شد. بررسی روابط رگرسیونی برای کلیه مراحل رشد نشان داد که مقادیر کلروفیل‌متر تنها ۲۲/۵ درصد از تغییرات غلظت نیتروژن را برحسب واحد وزن خشک برگ توجیه می‌کنند، اما زمانی که غلظت نیتروژن برحسب واحد سطح برگ بیان شد، حدود ۸۲ درصد از تغییرات نیتروژن توسط مقادیر کلروفیل‌متر قابل توجیه گردید. در هر یک از مراحل رشد برنج، مقادیر کلروفیل‌متر با غلظت نیتروژن برحسب واحد سطح برگ همبستگی بالاتری را نسبت به غلظت نیتروژن برحسب وزن برگ نشان داد. (Radmoghaddam (2011) در پژوهش خود به ارزیابی وضعیت نیتروژن گیاه اسفناج با استفاده از شاخص کلروفیل‌متر و پردازش تصویر مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی پرداخت. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از پردازش تصویر و شبکه‌ی عصبی رابطه‌ی خوبی در تخمین سطح کلروفیل گیاه اسفناج دارد ( $R^2=91.72$ ). رابطه‌ی خوبی نیز بین مولفه‌ی رنگی و سطح نیترات برگ وجود داشت ( $R^2=91.72$ ). همچنین بررسی نتایج نشان داد که روش شبکه عصبی نسبت به روش رگرسیون خطی از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد. همچنین طی مطالعه‌ی دیگری که بر روی محصول گندم انجام گرفت، نتایج حاکی از آن بود که کلروفیل‌سنج SPAD-502 می‌تواند وسیله مفیدی برای برآورد وضعیت تغذیه‌ای نیتروژن برگ بدون نیاز به تخریب بافت جهت انجام توصیه‌های کودی ازت و پروتئین دانه گندم باشد، ولی قرائت‌های آن باید برای ارقام غالب کشت شده در منطقه واسنجی شود (Majidi, 2014). مطالعات مختلف نشان داده است که به عنوان یک ابزار ارزیابی نزدیک سطح زمین، دوربین‌های دیجیتال و آنالیز تصاویر رنگی پتانسیل خوبی برای پایش رشد گیاه و وضعیت نیتروژن آن دارند. در پژوهشی (Li et al., 2010) برای تخمین وضعیت نیتروژن در طول مراحل رویش و اوایل ساقه زنی غلات از پردازش تصویر استفاده کردند. همچنین در پژوهشی دیگر (Wang et al., 2013) از یک دوربین دیجیتال برای گرفتن عکس‌های لازم برای استخراج نیتروژن به روش پردازش تصویر از سه رقم برنج با شش نرخ مختلف اعمال نیتروژن استفاده شد. (Jia et al., 2014) پژوهشی را به منظور توسعه یک روش غیرمخرب برای پایش رشد پنبه و وضعیت نیتروژن آن با استفاده از یک دوربین دیجیتال انجام دادند. (Bagheri (2015) به منظور انجام پژوهش‌های کشاورزی بر مبنای طیف سنجی و طیف نگاری، یک عمود پرواز بدون سرنشین را توسعه داد. این عمود پرواز دارای توان تفکیک زمینی ۳/۶ میلی‌متر در پیکسل در ارتفاع ۱۰ متر، و ۹۵ میلی‌متر در پیکسل در ارتفاع پرواز ۲۵۰ متر بود. همچنین توان تفکیک زمانی تصویر، بسته به قالب ذخیره‌ی فایل از ۲ تا ۵ ثانیه متغیر بود. نتایج پردازش تصاویر گرفته شده از باغات سیب نشان می‌دهد که این تصاویر وضوح قابل قبولی داشته و بدون لغزش می‌باشند. نقشه



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



NDVI و نقشه طبقه بندی شده با صحت کلی ۹۴ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۰ نکته های یاد شده را تایید نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که عمودپرواز بدون سرنشین طیف‌نگار قادر به تصویربرداری هوایی چندطیفی با توان تفکیک مکانی زیاد می‌باشد. (Esfandiari et al. (2013) با هدف مدلسازی و برآورد درصد نیتروژن گیاه نیشکر در اراضی کشت و صنعت نیشکر امام خمینی خوزستان، از طیف سنجی با طیف سنج فیلد اسپک ۳<sup>۱</sup> و تصویر فراطیفی استفاده نمودند. که موفق به تهیه نقشه میزان غلظت نیتروژن برگ گیاه نیشکر تهیه گردیدند.

در پژوهش‌های قبلی که با استفاده از تکنیک پردازش تصویر به تخمین میزان نیتروژن مورد نیاز گیاه پرداخته شده است، یا تصاویر زمینی دیجیتال از نزدیک گیاه تهیه شده اند و یا از تصاویر هوایی تهیه شده با دوربین‌های چندطیفی برای تخمین وضعیت نیتروژن در مزرعه استفاده شده است. استفاده از تصاویر زمینی امکان پایش سریع و گسترده مزرعه را ناممکن می‌سازد. همچنین با توجه به گران بودن دوربین‌های چندطیفی، استفاده از آن‌ها قیمت تمام شده سامانه‌های هوایی پایش محصول را بالا می‌برد. لذا استفاده از دوربین‌های دیجیتال معمولی که در طیف مرئی تصاویر را تهیه می‌کنند و دارای قیمت ارزانه‌تری بوده و در همه جا در دسترس هستند، می‌تواند هزینه تهیه تصاویر هوایی از مزارع را به شدت کاهش دهد. در این پژوهش امکان استفاده از تصاویر هوایی گرفته شده در طیف مرئی (که با استفاده از یک دوربین دیجیتال معمولی نصب شده بر روی یک کوادکوپتر تهیه می‌شوند) برای تخمین میزان نیتروژن محصول و کلروفیل برگ در مزارع نیشکر مدنظر قرار گرفت.

### ۲- موارد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۵ در مزرعه نیشکر کشت و صنعت دعبل خزاعی واقع در استان خوزستان، کیلومتر ۲۵ جاده اهواز-آبادان با مختصات جغرافیایی ۳۴۴۱۶۲۸ درجه شرقی و ۲۶۱۴۱۷ درجه انجام شد. در این تحقیق، از سه مزرعه مختلف با ابعاد ۱۲۰ × ۱۰۰ متر که در آن‌ها نیشکر با وارپته ۱۰۶۲-۹ CPS در زمان متفاوت کشت شده بود، نمونه برداری به عمل آمد. نحوی علامت گذاری مزرعه به این صورت بود که ابتدا از حاشیه مزرعه ۵ متر اول رها شداز گوشه اول ۱۲ فارو (که معادل ۲۰ متر است) به سمت جلو (در راستای عرض مزرعه) حرکت کرده، ردیف مربوطه به عنوان ردیف اول نمونه برداری علامت گذاری شد؛ به همین ترتیب با فواصل ۲۰ متری، ردیف‌های دوم، سوم و چهارم نیز مشخص گردید؛ روی هر چهار ردیف (در راستای طول مزرعه) نیز ۵ نقطه به فاصله ۲۰ متر جدا شد؛ به این ترتیب در هر مزرعه ۲۰ نقطه تعیین شد (شکل ۱).

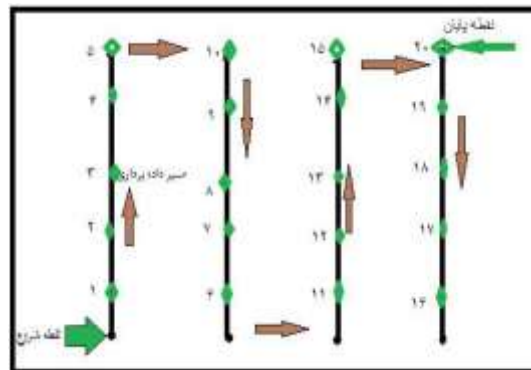


Figure 1. The points marking for sampling and imaging of sugarcane fields

شکل ۱- نحوه علامت‌گذاری نقاط در هر مزرعه برای نمونه برداری و تصویربرداری

<sup>۱</sup> FieldSpec3



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



### ۱-۲- نحوه تصویربرداری از مزرعه :

این مرحله با استفاده از یک دستگاه عمود پرواز (کوادکوپتر) مدل فانتوم ۳ پروفشنال انجام شد (شکل ۲). این کوادکوپتر یک ربات پرنده ۴ موتوره یا ۴ بال با وزن ۱۲۱۶ گرم است، دارای باتری ۴ سل (۴۴۸۰ میلی آمپر) و دوربین ۱۲,۹ مگاپیکسل با سیستم گیمبال (لرزش گیر) و قابلیت فیلمبرداری 4k می باشد. قابلیت ارسال تصاویر به صورت وایرلس و همچنین ذخیره سازی آنها بر روی حافظه داخلی و سپس انتقال آنها به USB را داراست. همچنین دارای حسگرهای مختلفی از جمله قطب نما، ارتفاع سنج، شتاب سنج، ژيروسکوپ و آلتراسونیک می باشد (Hosseini, 2017).



**Figure 2. Phantom 3 Professional Quad-copter used for taking the field images**  
شکل ۲- کوادکوپتر فانتوم ۳ پروفشنال مورد استفاده برای تصویربرداری هوایی از مزارع نیشکر

در دو ارتفاع ۵ متر و ۱۰ متر از نقاط مشخص شده از محصول تصویربرداری به عمل آمد (شکل ۳- چپ). به این صورت که ابتدا کوادکوپتر بر فراز مزرعه به پرواز درآمد و شخص هدایت کننده آن ابتدا چند عکس برای تنظیم دستگاه گرفت. سپس عملیات عکس برداری از نقاط علامت گذاری شده شروع گردید. کوادکوپتر برای عکس برداری بالای نقطه مورد نظر ثابت می شد و سپس عکس از دو ارتفاع گرفته می شد و در حافظه دستگاه ثبت می گردید. پس از پایان عکس برداری، عکس های گرفته شده جهت انجام سایر مراحل به لپ تاپ منتقل شدند.

### ۲-۲- نحوی جمع آوری نمونه های محصول :

پس از اینکه تمام نقاط مورد نظر در مزرعه مشخص گردید، عملیات نمونه برداری و تصویربرداری همزمان از نقاط مشخص شده در تمامی مزارع انجام شد. پس از گرفتن تصویر از نقاط مشخص شده توسط سامانه عمود پرواز، در هر نقطه (پلات) تعداد چهار عدد سرنی سالم - با فاصله ۴۵ سانتی متر از یکدیگر - چیده شده و در درون کیسه های پلاستیکی قرار داده شدند و مشخصات هر نقطه نیز روی آنها نوشته شد (شکل ۳- راست). نمونه ها بلافاصله برای اندازه گیری مقدار کلروفیل، رطوبت و نیتروژن در همان روز به آزمایشگاه منتقل شدند.

<sup>1</sup>Phantom 3 Professional



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



Figure 3. Taking filed images using quad-copter (left) and collecting sugarcane samples (right)

شکل ۳- عکس برداری از مزرعه توسط کوادکوپتر (چپ) و نمونه برداری از مزرعه (راست)

### ۲-۳- روش کار در آزمایشگاه :

پس از انتقال نمونه‌ها از مزرعه به آزمایشگاه، ابتدا از هر سرنی برگ‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ جدا شدند. برگ‌های جدا شده همراه با غلاف بودند، چون برای اندازه‌گیری نیتروژن فقط به برگ نیاز است، بنابراین غلاف‌های برگ نیز جدا و به صورت جداگانه وزن شدند. همچنین از هر برگ، رگ برگ نیز جدا شده و فقط ۱۵cm وسط پهن برگ برای اندازه‌گیری ازت گیاه لازم است، لذا ۱۵cm اول و آخر برگ نیز دور ریخته شدند (شکل ۴-چپ). قبل از قرار دادن آنها درون آون، با استفاده از یک دستگاه کلروفیل‌متر دستی (مدل SPAD-502) میزان شاخص کلروفیل برگ در هر نقطه اندازه‌گیری و ثبت شد (شکل ۴-وسط). به این صورت که از برگ‌های مربوط به هر نقطه در ۳ تکرار میزان کلروفیل برگ اندازه‌گیری شد که در آخر بین این سه تکرار میانگین گرفته شد و عدد حاصل به عنوان میزان کلروفیل برگ در هر نقطه ثبت گردید. سپس نمونه‌ها در درون یک آون الکتریکی خشک شدند (شکل ۴-راست).



Figure 4. The sugarcane leaf samples (left), chlorophyll measurement (center) and electrical oven for samples drying (right)

شکل ۴- مراحل کار در آزمایشگاه: نمونه‌های آماده شده (چپ)، اندازه‌گیری کلروفیل برگ (وسط) و خشک کردن نمونه‌ها در آون (راست)



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



### ۲-۴- تعیین نیتروژن به روش کج‌دال دستی :

شکل ۵ مراحل انجام آزمایش کج‌دال را نشان می‌دهد. اساس کار این روش، واکنش رنگی بین آمونیوم و باز ضعیف (ترکیبی از سدیم سالیسیلات و منبع کاری مثل سدیم هیپوکلریت یا دی کلر و ایزوسیانات) است. شدت رنگ سبز به خوبی توسط استفاده از سدیم نیتروپروساید افزایش می‌یابد. سدیم تارتارات برای حذف رسوب هیدروکسید فلزات سنگین که ممکن است در فرآیند هضم وجود داشته باشد، استفاده می‌شود. زیرا کاتالیزورهای استفاده شده در این روش فلزات سنگینی مثل  $Se$  ,  $Hg$  هستند (Anonymous, 2016).



**Figure 5. Kjeldahl test steps: digestion (left), before reading with device (middle) and reading with device (right)**

شکل ۵- مراحل انجام آزمایش کج‌دال : مرحله هضم (چپ)، مرحله قبل از قرائت (وسط) و مرحله قرائت نیتروژن با دستگاه (راست)

### ۲-۵- تخمین نیتروژن با پردازش تصاویر گیاه :

پردازش تصویر مستلزم انجام یکسری عملیات بر روی تصویر است که کیفیت تصویر را به منظور حذف عیوبی نظیر، اعوجاج هندسی، فکوس نامناسب، اغتشاشات تکراری، نورپردازی غیر یکنواخت و حرکت دوربین افزایش دهد. سیستم پردازش تصویر عموماً از مراحل زیر تشکیل شده است (اکبری زاده، ۱۳۹۳):

- ✓ عملیات دریافت تصویر به منظور تبدیل تصاویر به شکل دیجیتال
- ✓ عملیات پیش‌پردازش به منظور به دست آوردن یک تصویر بهبودیافته با ابعاد تصویر اصلی
- ✓ عملیات بخش‌بندی تصویر به منظور تقسیم یک تصویر دیجیتالی به نواحی پراکنده‌ای که هم‌پوشانی نداشته باشند.
- ✓ عملیات اندازه‌گیری هدف به منظور تعیین خصوصیات هدف نظیر اندازه، شکل، رنگ و بافت
- ✓ عملیات طبقه‌بندی به منظور شناسایی اهداف توسط دسته‌بندی آن‌ها در گروه‌های مختلف

الگوریتم پردازش تصویر طراحی شده برای استخراج شاخص‌های رنگی از تصویر مزرعه نیشکر شامل مراحل زیر می‌باشد:

**انتقال تصاویر :** تصاویر گرفته شده به وسیله کوادکوپتر به لپ‌تاپ انتقال یافت. تصاویر هر مزرعه در پوشه‌ای جداگانه ذخیره شد. با استفاده از نرم افزار متلب و جعبه ابزار پردازش تصویر آن، دستورات لازم برای استخراج شاخص‌های رنگی مورد نیاز از تصاویر برای تعیین میزان نیتروژن محصول نیشکر نوشته شد.

**پیش پردازش :** تصاویر دریافت شده، طی مراحل پیش‌پردازش (شامل عملیات کاهش اندازه تصویر، باینری کردن تصویر، یک نواخت کردن تصویر، تعدیل نویز و حذف نویز به منظور ارتقاء کمی و کیفی تصویر) و پردازش نهایی توسط نرم افزار متلب آنالیز شدند. ابتدا به منظور بهبود کارایی الگوریتم و افزایش



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



دقت تخمین نیتروژن برگ بر اساس انعکاس سطح آن، تصویر رنگی گرفته شده از محصول فراخوانی شد و سپس برای حذف نویز و وضوح بهتر تصویر هیستوگرام گسترش داده شد.

**یکنواخت کردن نور تصویر:** برای یکنواخت کردن نور تصویر و حذف شرایط نوری، از گسترش هیستوگرام وفقی استفاده شد (امرای و همکاران، ۲۰۱۷). در این مرحله ابتدا برای بدست آوردن تصویر باینری از تصویر اصلی باید دقت داشت که منطقه گیاه باید سفید و پس زمینه باید سیاه انتخاب گردد. سپس تصویر باینری در تصویر اصلی ضرب می‌شود، و در آخر کد یکنواخت‌سازی نور بر روی تصویر حاصل اعمال می‌گردد.

**حذف نویز و پس زمینه تصویر:** برای حذف پس زمینه تصویر الگوریتم‌های مختلفی وجود دارند. پس از تست الگوریتم‌های موجود، الگوریتم ترکیب خطی فضای RGB نسبت به بقیه الگوریتم‌ها جواب مناسب‌تری داد. لذا از این الگوریتم (ترکیب خطی فضای RGB) برای حذف پس زمینه تصویر استفاده شد. این الگوریتم در سه مرحله اجرا شد: الف) تقسیم تصویر اصلی به سه مؤلفه تشکیل دهنده آن (رنگ قرمز، رنگ سبز و رنگ آبی) ب) جداسازی برگ از زمینه تصویر ج) حذف نویزهای تصویر. ابتدا تصویر اصلی هر برگ به سه تصویر تک رنگ قرمز، سبز و آبی تقسیم گردید. با استفاده از آستانه‌گیری و نمودار مربوط به شدت هیستوگرام، مقادیر آستانه برای حذف پیکسل‌های زمینه (خاک) از تصویر مشخص گردید و با استفاده از تابع آستانه‌گیری رابطه ۱ جداسازی صورت گرفت (Ahmadi Moghaddam et al., 2009).

$$g_i(x, y) = f(x) = \begin{cases} \cdot & f_i(x, y) \leq T_i \\ f_i(x, y) & f_i(x, y) \geq T_i \end{cases} \quad (1)$$

$g_i(x, y)$  = مقدار سطح خاکستری هر پیکسل در تصویر جداسازی شده،  $f_i(x, y)$  = مقدار سطح خاکستری هر پیکسل در تصویر اصلی،  $T_i$  = مقدار آستانه و  $i$  مؤلفه‌های تصویر را در سه کنال قرمز، سبز و آبی بیان می‌کند. با توجه به تابع فوق، شدت پیکسل‌های مربوط به برگ نیشکر تغییر نکرده و فقط مقدار پیکسل‌های زمینه‌ی تصویر صفر می‌گردد (شکل ۶-ب). برای حذف نویز از دو فیلتر گوسی و میانه استفاده شد. پس از حذف زمینه تصویر، برای حذف نویز از تصویر و بازسازی نقاط حذف شده از محصول از اپراتور *openin* بر روی مساحت استفاده شد. از آنجا که تصویر در شرایط کنترل نشده گرفته شده دارای یکسری نویزهای ناخواسته می‌باشد که با استفاده از این اپراتور حذف گردیدند.

**استخراج ویژگی و انتخاب ویژگی از تصویر:** پس از این‌که پیش پردازش اولیه صورت گرفت و پس زمینه تصویر حذف شد، در مرحله بعد یعنی استخراج شاخص‌های رنگی، تصویر از فضای رنگی RGB به فضاهای رنگی مورد نظر (HSV, HSI, Lab) تبدیل شد (شکل ۶) و پس از حذف صفر، مقادیر میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی مؤلفه‌ی هر فضای رنگی از روابط ۲ تا ۵ تعیین شد.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} \quad (2)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N} \quad (3)$$

$$sk \approx \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{s^3} \quad (4)$$

$$ku = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{s^4} - 3 \quad (5)$$

که در این روابط،  $N$  تعداد متغیرها،  $X_i$  متغیر  $i$ ام و  $\bar{X}$  میانگین کل شاخص‌های رنگی؛  $s^2$  واریانس کل شاخص‌های رنگی؛  $s$  انحراف معیار شاخص‌های رنگی و  $sk$  چولگی کل شاخص‌های رنگی؛  $ku$  کشیدگی کل شاخص‌های رنگی می‌باشند.

۲-۶- مدل‌سازی رگرسیونی:





## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



پس از اینکه با استفاده از الگوریتم پردازش تصویر شاخص‌های رنگی تصاویر گرفته شده از مزرعه بدست آمد، با استفاده از رگرسیون چند متغیره می‌توان بین عوامل مؤثر بر یک پدیده، رابطه‌ای خطی برقرار نمود؛ رگرسیون چندمتغیره در واقع ارتباط بین یک سری از متغیرهای وابسته را با متغیر مورد نظر برقرار می‌نماید. در مواردی که تعداد عوامل مؤثر بر پدیده کم باشد، می‌توان با بررسی تمام ترکیبات مختلف و مقایسه خطای آن‌ها بهترین مدل رگرسیونی را به دست آورد؛ اما مواردی وجود دارد که تعداد عوامل مؤثر بر پدیده زیاد است و بررسی تمام ترکیبات ممکن وقت‌گیر و نیازمند محاسبات زیادی است. در این موارد شیوه‌هایی پیشنهاد شده که تمام معادله‌های ممکن را در نظر نمی‌گیرند و متغیرهایی که اهمیت چندانی ندارند (با توجه به مقدار  $\alpha$  انتخابی) را در نظر نمی‌گیرند. از این رو سه روش: انتخاب پیشرو، شیوه حذف پس رو و روش گام به گام، برای انتخاب متغیرها پیشنهاد می‌شود. روش گام به گام در اصل یک نوع شیوه انتخاب پیشرو است و بر اساس مدل رگرسیون خطی بنا نهاده شده است. این روش با فرض عدم وجود هیچ متغیر مستقلی در مدل و وجود تنها عرض از مبدا پایه‌گذاری شده در تمام رگرسیون‌های خطی ساده متغیری که بیشترین همبستگی را با پاسخ داشته باشد، به عنوان اولین متغیر در تابع رگرسیونی منظور می‌شود. همچنین در این روش متغیر بعدی که به رابطه رگرسیونی اضافه می‌شود، باید بیشترین سهم را در مجموع توان‌های دوم رگرسیون داشته باشد. پارامتر  $\alpha$ ، در این روش حداکثر سطح قابل قبول خطا در آزمون فرضیه است که در مطالعه حاضر به مقدار ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. توسعه معادله رگرسیون چندگانه در نرم افزار SPSS v.21 انجام شد.

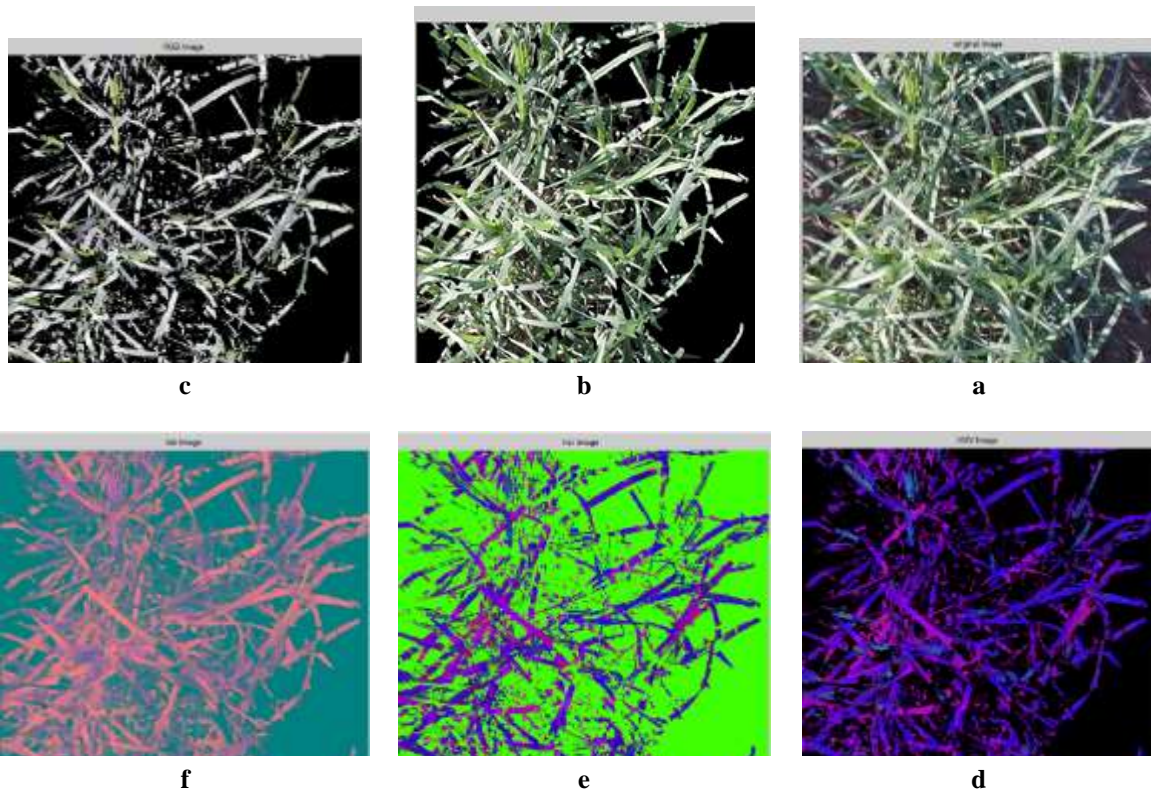


Figure 6. Sugarcane images in different color spaces, a- Original image, b- Background and noise removing, c- RGB space, d-HSV space, e- HSI space, f-Lab space

شکل ۶- نمایش تصویر در فضاهای رنگی مختلف الف- تصویر اولیه، ب- حذف پس زمینه و نویز تصویر ج- فضای رنگی RGB، د- فضای رنگی HSV، ه- فضای رنگی HSI، و- فضای رنگی Lab



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



### ۷-۲- تجزیه و تحلیل آماری نتایج

آماده‌سازی داده‌ها در محیط نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ و تجزیه و تحلیل آماری نتایج با نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد. برای ارزیابی و مقایسه عملکرد مدل‌های شبکه عصبی MLP در پیش بینی نیتروژن محصول نیشکر معیار آماری جذر میانگین مربعات خطا<sup>۱</sup> (RMSE) (رابطه ۶) و میانگین قدرمطلق درصد خطا<sup>۲</sup> (MAPE) (رابطه ۷) استفاده شد (Massoudi & Rohani, 2016).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (dv - pv)^2}{n}} \quad (6)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{dv - pv}{dv} \right| \quad (7)$$

که در این رابطه  $dv$  مقدار واقعی نیتروژن محصول نیشکر،  $pv$  مقدار پیش بینی شده آنها و  $n$  تعداد نمونه‌ها است.

### ۳- نتایج و بحث

تحلیل همبستگی پیرسون جهت بررسی ارتباط دو متغیر با مقیاس فاصله‌ای استفاده می‌شود. قبل از انجام تحلیل رگرسیون معمولاً ماتریس همبستگی بین متغیرها محاسبه می‌شود تا مشخص گردد آیا بین متغیرها اصلاً رابطه‌ای وجود دارد یا خیر. بعد از مشخص شدن رابطه بین متغیرهاست که انجام تحلیل رگرسیون برای پیش‌بینی معنی پیدا می‌کند. بر اساس تحلیل آماری همبستگی پیرسون - از میان ۴۸ ویژگی رنگی استخراج شده با پردازش تصویر شامل میانگین، واریانس، چولگی و درجه اوج مقادیر شاخص های رنگی هر تصویر در فضاها رنگی RGB, HSV,  $H_I S_I I_I$ , Lab - تعداد ۲۴ ویژگی شدند. این شاخص‌ها با مقدار نیتروژن برگ نیشکر همبستگی داشتند.

#### ۳-۱- برآورد نیتروژن از روی شاخص های رنگی :

نتایج حاصل از برآورد نیتروژن از روی شاخص‌های رنگی استخراج شده از تصاویر گرفته شده در ارتفاع ۵ متر با استفاده از مدلسازی رگرسیونی در جدول ۱ آمده است. این رابطه رگرسیونی در سطح احتمال یک درصد معنادار است و ضریب همبستگی به دست آمده ۸۶/۳ درصد می‌باشد.

جدول ۱- معادله رگرسیونی برای تخمین نیتروژن از تصاویر ارتفاع ۵ متر

Table 1. Regression equation for nitrogen estimation from 5m height images

Regression equation	F	R	$R^2$	(۸)
$N_5 = 8.43 - 0.05\bar{a}$	122.3 **	0.863	0.743	

\*\*\*, \* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱٪، معنی داری در سطح ۵٪ و عدم معنی داری است.

جدول ۲ نتایج حاصل از مدلسازی رگرسیونی برای تخمین نیتروژن از روی شاخص‌های رنگی تصاویر گرفته شده از ارتفاع ۱۰ متر را بیان می‌کنند. ضریب همبستگی بدست آمده برای پنج معادله ارائه شده به ترتیب ۷۱، ۷۴، ۷۷، ۷۹ و ۸۲ درصد می‌باشد. همچنین تمامی روابط رگرسیونی بدست آمده در سطح احتمال یک درصد معنادار می‌باشند.

<sup>1</sup>Root mean square error (RMSE)

<sup>2</sup>Mean absolute percentage error (MAPE)



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



جدول ۲- معادلات رگرسیونی برای تخمین نیتروژن از تصاویر ارتفاع ۱۰ متر

**Table 2. Regression equation for nitrogen estimation from 10m height images**

Regression equation	F	R	R <sup>2</sup>	
$N_{10} = 8.05 - 0.046\bar{a}$	99.9**	0.84	0.71	(۹)
$N_{10} = 43.8 - 0.59\bar{a} + 0.002\bar{a}^2$	58.1**	0.86	0.74	(۱۰)
$N_{10} = 53.981 - 0.757\bar{a} + 0.003\bar{a}^2 - 512.107S_V^2$	43.4**	0.88	0.77	(۱۱)
$N_{10} = 54.26 - 0.75\bar{a} + 0.003\bar{a}^2 - 526.2S_V^2 + (-3.717E - 5)\bar{L}^2$	36.9**	0.89	0.79	(۱۲)
$N_{10} = 73.2 - 1.007\bar{a} + 0.004\bar{a}^2 - 712.2S_V^2 + (-8.59E - 5)\bar{L}^2 + (-8.213E - 10)b_k^2$	34.6**	0.91	0.82	(۱۳)

\*\*\*، \*\* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱٪، معنی داری در سطح ۵٪ و عدم معنی داری است.

### ۲-۳- برآورد کلروفیل از روی شاخص های رنگی :

در ارتفاع ۵ متر برای تخمین کلروفیل برگ از روی شاخص های رنگی چهار مدل رگرسیونی ارائه شد (جدول ۳). هر چهار مدل در سطح خطای احتمال ۱٪ معنادار هستند و ضریب همبستگی بدست آمده برای مدل ها به ترتیب ۲۶٪، ۴۵٪، ۵۵٪ و ۶۲٪ به دست آمد.

جدول ۳- معادلات رگرسیونی برای تخمین کلروفیل از تصاویر ارتفاع ۵ متر

**Table 3. Regression equation for chlorophyll estimation from 5m height images**

Regression equation	F	R	R <sup>2</sup>	
$CL_5 = 92.77 - 0.002 \bar{a}^2$	16.8**	0.53	0.26	(۱۴)
$CL_5 = 142.55 - 0.003 \bar{a}^2 + (-2.19E - 8) b_k^2$	17.5**	0.67	0.45	(۱۵)
$CL_5 = 139.66 - 0.003 \bar{a}^2 + (-2.07E - 8) b_k^2 + (4.1E - 8) B_k^2$	16.5**	0.74	0.55	(۱۶)
$CL_5 = 69.4 - 0.002 \bar{a}^2 + (-6.11E - 8) b_k^2 + (4.54E - 8) B_k^2 + 0.003 \bar{G}^2$	15.8**	0.79	0.62	(۱۷)

\*\*\*، \*\* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱٪، معنی داری در سطح ۵٪ و عدم معنی داری است.

مدل رگرسیونی بیان شده در جدول ۴ و برای تخمین کلروفیل برگ از روی شاخص های رنگی به دست آمده در ارتفاع ۱۰ متر می باشد. این مدل در سطح خطای احتمال ۱٪ معنادار می باشد همچنین ضریب همبستگی به دست آمده برای این مدل ۶۹٪ می باشد.

جدول ۴- معادله رگرسیونی برای تخمین کلروفیل برگ از تصاویر ارتفاع ۱۰ متر

**Table 4. Regression equation for chlorophyll estimation from 10m height images**

Regression equation	F	R	R <sup>2</sup>	
$CL_{10} = 97.38 - 0.002 \bar{a}^2$	23.5**	0.78	0.69	(۱۸)

\*\*\*، \*\* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱٪، معنی داری در سطح ۵٪ و عدم معنی داری است.

### ۳-۳- برآورد نیتروژن از روی کلروفیل برگ :



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



مشخصات مدل رگرسیونی به دست آمده برای تخمین میزان نیتروژن گیاه نیشکر از روی کلروفیل برگ در جدول ۵ ارائه گردیده است. این مدل در سطح احتمال یک درصد معنادار است. میزان ضریب همبستگی بدست آمده برای این مدل ۶۸٪ می باشد. در گزارش ارائه شده توسط کشت و صنعت دعبل خزایی ضریب همبستگی این دو پارامتر ۶۷/۹ درصد بیان شده است که با مقدار بدست آمده در این پژوهش همخوانی دارد.

جدول ۵- معادله رگرسیونی برای تخمین نیتروژن از روی کلروفیل برگ

Table 5. Regression equation for nitrogen estimation from leaf chlorophyll

Regression equation	F	R	R <sup>2</sup>	
$N_{CL} = 0.153 + 0.032 CL$	25.4**	0.71	0.68	(۱۹)

\*\*\* ، \* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱٪ ، معنی داری در سطح ۵٪ و عدم معنی داری است.

### ۴-۳- مقایسه نتایج حاصل از مدلسازی رگرسیونی :

با توجه به جدول ۶ دو مدل اول و سوم، میانگین بدست آمده از نتایج پیش بینی دارای تفاوت معنادار نسبت به نیتروژن مشاهده شده نیست، ولی مدل های دوم، چهارم و پنجم میانگین مقدار نیتروژن پیش بینی شده با مقدار واقعی در سطح خطای احتمال ۱٪ معنادار است. مدل رگرسیونی در ارتفاع ۵ متر (جدول ۷) دارای عدم معناداری میانگین نیتروژن پیش بینی شده و مقدار واقعی است.

جدول ۶- مقایسه نتایج معادلات رگرسیونی در برآورد نیتروژن از ارتفاع ۱۰ متر با مقدار واقعی

Table 6. Comparison of regression equations results in N estimation from 10m height

Treatment	Mean difference	t
$-N_R N_{Reg-1}$	0.027	1.03 <sup>ns</sup>
$-N_R N_{Reg-2}$	-0.596	-18.89**
$-N_R N_{Reg-3}$	0.065	1.15 <sup>ns</sup>
$-N_R N_{Reg-4}$	-0.295	-4.59**
$-N_R N_{Reg-5}$	0.295	4.06**

\*\*\* ، \* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱٪ ، معنی داری در سطح ۵٪ و عدم معنی داری است.

جدول ۷- مقایسه نتایج معادله رگرسیونی در برآورد نیتروژن از ارتفاع ۵ متر با مقدار واقعی

Table 7. Comparison of regression equations results in N estimation from 5m height

Treatment	Mean difference	t
$-N_R N_{Reg}$	0.0024	0.099 <sup>ns</sup>

\*\*\* ، \* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱٪ ، معنی داری در سطح ۵٪ و عدم معنی داری است.

میانگین مدل رگرسیونی تخمین نیتروژن گیاه با استفاده از کلروفیل برگ (جدول ۸)، تفاوت معناداری با میانگین نیتروژن مشاهده شده ندارد. با توجه به جدول ۹ مقایسه میانگین مدل پیش گویی رگرسیونی برای کلروفیل برگ در ارتفاع ۵ متر و ۱۰ متر آورده شده است. معادله رگرسیونی ارتفاع ۱۰ متر و ارتفاع ۵ متر مدل ۲ و مدل ۴ میانگین آن ها اختلاف معناداری با میانگین کلروفیل واقعی ندارد ولی مدل های ۳ و ۱ ارتفاع ۵ متر دارای تفاوت معنادار سطح خطای احتمال ۱٪ هستند.

جدول ۸- مقایسه میانگین نتایج معادله رگرسیونی (N\_CL)



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



**Table 8. Comparison of regression equations results in N estimation from chlorophyll**

Treatment	Mean difference	t
$-N_R N_{CL}$	-0.058	-2.133 <sup>ns</sup>

\*\*\*، \* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱٪، معنی داری در سطح ۵٪ و عدم معنی داری است.

جدول ۹- مقایسه میانگین نتایج معادله رگرسیونی در برآورد کلروفیل

**Table 9. Comparison of regression equations results in chlorophyll estimation**

Treatment	Mean difference	t
$-CL_R CL_{5_1}$	-2.84	-4.106 <sup>**</sup>
$-CL_R CL_{5_2}$	0.83	1.7 <sup>ns</sup>
$-CL_R CL_{5_3}$	2.76	5.2 <sup>**</sup>
$-CL_R CL_{5_4}$	-0.37	0.613 <sup>ns</sup>
$-CL_R CL_{10}$	-0.484	-1.041 <sup>ns</sup>

\*\*\*، \* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱٪، معنی داری در سطح ۵٪ و عدم معنی داری است.

مقایسه مقادیر شاخص های RMSE و MAPE معادلات رگرسیونی بدست آمده برای تخمین نیتروژن از روی تصاویر در دو ارتفاع ۵ و ۱۰ متر مشخص گردید که کمترین خطا در ارتفاع ۵ متر ایجاد شده است (جدول ۱۰). بنابراین از بین دو ارتفاع تصویر برداری می توان گفت که ارتفاع ۵ متر عملکرد مناسب تری نسبت به ارتفاع ۱۰ متر داشته است. مقدار خطا در تعیین نیتروژن با استفاده از شاخص کلروفیل کمتر از بکارگیری شاخص های رنگی ارتفاع ۱۰ متر است. همچنین رابطه رگرسیونی ۱۱ در تعیین میزان نیتروژن نسبت به سایر روابط ارتفاع ۱۰ متر دارای خطای کمتری می باشد.

جدول ۱۰- مقایسه خطای روش های برآورد نیتروژن با معادلات رگرسیونی

**Table 10. Comparison of regression equations errors in N estimation**

Determination method	Height (m)	Equation No.	RMSE	MAPE
Chlorophyll	0	19	0.219	0.068
Color indices	5	8	0.188	0.071
Color indices	10	9	0.441	0.172
Color indices	10	10	0.643	0.286
Color indices	10	11	0.206	0.078
Color indices	10	12	0.574	0.217
Color indices	10	13	0.633	0.259

#### ۴- نتیجه گیری ها

- از میان شاخص های رنگی استخراج شده از تصاویر مزرعه (RGB, HSV, HIS<sub>I</sub> و Lab)، شاخص های (R, G, B, H, S, V, H<sub>I</sub>, I<sub>I</sub>, a, B<sub>K</sub>)، استفاده قرار گرفتند.
- معادلات رگرسیونی پیشنهادی دارای عملکرد قابل قبولی در تخمین میزان نیتروژن در ارتفاع های ۵ و ۱۰ متر می باشند.
- بهترین ارتفاع برای استخراج نیتروژن گیاه نیشکر از بین دو ارتفاع مورد بررسی ارتفاع ۵ متر با مقدار ضریب تبیین ۷۴/۳ درصد می باشد.
- بهترین ارتفاع برای استخراج کلروفیل برگ گیاه نیشکر ارتفاع ۱۰ متر با ضریب تبیین ۶۹ درصد می باشد.
- مدل رگرسیونی در ارتفاع ۵ متر دارای کمترین مقدار RMSE و MAPE نسبت به مدل های دیگر می باشد.



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



### ۵- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز بابت حمایت مالی از این پژوهش در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد تشکر می نمایند. همچنین از کمک های پرسنل و مدیران محترم شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی بویژه جناب آقای مهندس عبدی برای تهیه تصاویر و نمونه برداری از مزارع نیشکر قدردانی می شود.

### ۶- مراجع

1. Ahmadi Moghaddam, P., Haddad Darafshi, M. A., & Shayesteh, M. (2009). Laboratory estimation of sugar beet leaf nitrogen status by color image processing. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 19 (1): 189-199. (Persian)
2. Aliabasi, H. R., Esfahani, M., Kavooosi, M., & Rabiee, B. (2005). Determination of nitrogen requirement at different growth stages of rice (*Oryza sativa* Cv. Khazar) using chlorophyll meter. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 7 (2): 134-145. (Persian)
3. Anonymous. (2016). *Guide to Kjeldahl Nitrogen Determination Methods and Apparatus*, LABCONCO, an Industry Service Publication, Houston, Texas 77099, USA.
4. Bagheri, N. (2015). Development of a spectrograph unmanned aerial vehicle for aerial imaging of agricultural farms. *Natural Geographic Researches*, 47(4): 533-546. (Persian)
5. Esfandiari, A., Rangzan, K., Nasserli, A., Taghizadeh, A., Al-Kathir, J., & Habibian, M. (2013). *Modeling and estimation of sugarcane nitrogen percentage using Fieldspe3 spectrometer and Hyperion spectral image*. The 20th Conference on Mapping and Geospatial Information (Geomatics 92) 29-30 April 2013, Mapping Organization of Iran. (Persian)
6. Hosseini, S. A. (2017). *Estimation of nitrogen status of crop in sugarcane fields using aerial digital images and artificial neural networks*. M.Sc. Thesis in Mechanics of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. (Persian)
7. Jia, B., He, H., Ma, F., Diao, M., Jiang, G., Zheng, Z., Cui, J., & Fan, H. (2014). Use of a digital camera to monitor the growth and nitrogen status of cotton. *The Scientific World Journal*, Volume 2014, Article ID 602647, 12 pages.
8. Li, Y., Chen, D., Walker, C. N., & Angus, J. F. (2010). Estimating the nitrogen status of crops using a digital camera. *Field Crops Research*, 118: 221-227.
9. Majidi, A. S. (2014). Use of Minolta 502SPAD chlorophyll meter for estimating nitrogen concentration of leaf and grain protein in three wheat cultivars, *Soil Researches Journal (Soil and Water Sciences)*. 28(2): 245-254. (Persian)
10. Masoudi, H., & Rohani, A. (2016). Mass and volume prediction of orange fruit (Dezful local variety) using MLP neural networks. *Journal of Agricultural Engineering*, 39(2): 133-142. (Persian)
11. Muñoz-Huerta, R. F., Guevara-Gonzalez, R. G., Contreras-Medina, L. M., Torres-Pacheco, I., Prado-Olivarez, J., & Ocampo-Velazquez, R. V. (2013). A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: advantages, disadvantages and recent advances. *Sensors*, 13: 10823-10843.
12. Radmoghaddam, M. (2011). *Evaluation of the nitrogen state of spinach plant using chlorophyll index and image processing based on artificial neural network*. M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tabriz. (Persian)
13. Sharifi, M., & Haj Abbasi, M. A. (2005). *Investigating the Possibility of Using Direct Distillation Method to Measure total Nitrogen of Soil*. 9th Iranian Soil Science Congress, 28-31 August 2005, Tehran, Iran. (Persian)
14. Wang, Y., Wang, D., Zhang, G., & Wang, J. (2013). Estimating nitrogen status of rice using the image segmentation of G-R thresholding method. *Field Crops Research*, 149: 33-39.