شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

کمی سازی و تهیه نقشه تغییرات زیست‌توده گیاهی تحت مدیریت‌های مختلف خاک با استفاده از سنجش از راه دور

محمدصادق عسکری[۱*] و تیم مکارتی[۲]

[۱] استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[۲] استادیار دانشگاه ملی ایرلند، مینوت

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی کارآیی تصویر برداری چند طیفی به منظور کمی سازی و تهیه نقشه میزان زیست توده گیاهان علوفه‌ای در سطوح مختلف مدیریت حاصلخیزی خاک است. این مطالعه در کشور ایرلند در دو مقیاس با استفاده از داده‌های مربوط به ۶۴ پلات و ۵۳ مزرعه تحقیقاتی انجام شد. تصویربرداری با استفاده از یک پهپاد از سطح مزارع و پلات‌ها انجام شد. مدل‌های برآورد طیفی زیست‌توده گیاهی با استفاده از دو روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی و رگرسیون چند متغیره تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفت. نهایتا تغییرات مکانی زیست‌توده گیاهی در پلات‌ها و مزارع به صورت نقشه‌های رقومی تهیه شد. هر دو روش رگرسیونی استفاده شده کارایی لازم را برای برآورد زیست‌توده گیاهی داشتند. روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی نسبت به رگرسیون چند متغیره دقت بالاتری در این پژوهش داشت. مقدار زیست‌توده گیاهی با استفاده از سنجش از راه دور هوایی با دقت بالایی(R^2>0.7 , RPD >2) قابل برآورد بود. نتایج نشان داد تکنیک سنجش از دور می‌تواند به عنوان یک ابزار سریع و دقیق به منظور ارزیابی کمی تاثیر روش‌های مدیریتی بر میزان تولید گیاهان علوفه‌ای استفاده شود.

کلمات کلیدی: : سنجش از راه دور، کیفیت تولیدات گیاهی، تصاویر چند طیفی، اراضی کشاورزی

مقدمه

کشت گیاهان علوفه‌ای و تولیدات دامی از مهمترین تولیدات کشاورزی در کشور ایرلند است. مدیریت خاک در این اراضی از عوامل تاثیرگذار بر کمیت و کیفیت علوفه تولیدی است که نقش مهمی در پایداری تولیدات دامی دارد (Askari و همکاران ۲۰۱۸). تغییرات زمانی و مکانی مقدار زیست‌توده گیاهان علوفه‌ای که معمولا بصورت مقدار ماده خشک تولید شده در یک هکتار توصیف می‌شود، از چالش‌های مهم در نظارت و مدیریت اراضی کشاورزی در این کشور محسوب می‌شود (Sibanda و همکاران ۲۰۱۵). تنوع در نوع خاک، نوع گونه‌های گیاهی و مدیریت اراضی از مهمترین دلایل این تغییرات در دوره رشد گیاه می‌باشند (Schut و همکاران ۲۰۰۲). به منظور ارزیابی این تغییرات، حجم زیادی از داده‌های فصلی مورد نیاز است. روش‌های متداول ارزیابی مقدار تولید زیست‌توده بر اساس روش‌های آزمایشگاهی بوده که روش‌های زمانبر و گرانی هستند. بنابراین تهیه یک روش سریع و دقیق به منظور مدل‌سازی زمانی و مکانی تغییرات زیست توده تولیدی اهمیت زیادی در مدیریت پایدار مزارع تولید علوفه دارد.

طی سه دهه گذشته تصویربرداری و تکنیک‌های سنجش از راه دور قابلیت بالایی به عنوان یک روش جایگزین مناسب برای بسیاری از روش‌های متداول مزرعه‌ای و آزمایشگاهی نشان داده‌اند (Wachendorf و همکاران ۲۰۱۸). با توجه به مقیاس مطالعه هر دو روش سنجش از دور فضایی (استفاده از تصاویر ماهواره‌ای) و سنجش از دور هوایی (تصاویر تهیه شده با استفاده از هواپیما و پهپاد) این قابلیت را دارند که به منظور بررسی میزان زیست‌توده گیاهی استفاده شوند. تصاویر ماهواره‌ای با توجه به مساحتی از اراضی که پوشش می‌دهند، می‌توانند جهت ارزیابی سطح وسیعی از اراضی استفاده شوند، اما دقت مکانی آنها معمولا محدودیت‌هایی برای ارزیابی دقیق روش‌های مدیریتی در مقیاس مزرعه‌ای ایجاد می‌کند (Wu and Li, 2009). برای بررسی تغییرات درون‌مزرعه‌ای ویژگی‌های گیاهی در طول یک دوره رشد، تصاویری با دقت مکانی و زمانی بالا مورد نیاز هستند. پوشش‌های ابری و خطاهای اتمسفری از موارد دیگر محدود کننده استفاده از تصاویر ماهواره‌ای محسوب می‌شوند. تصحیحات اتمسفری و استفاده از تکنیک تصویربرداری با استفاده از پهپادها به منظور غلبه بر این مشکلات پیشنهاد شده‌اند (Jia و همکارن ۲۰۱۳). باوجود پیشرفت‌های قابل توجه در تکنیک‌های تصویر برداری، کارایی این تکنیک در برآورد میزان تولید زیست‌توده گیاهی و بررسی تغییرات آن در مدیریت‌های مختلف مشخص نیست. توسعه یک چهارچوب مناسب به منظور نظارت و تهیه نقشه‌های تغییرات مکانی میزان تولید در یک مزرعه با استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور می‌تواند یک روش مناسب به منظور ارزیابی نزدیک به زمان واقعی از سامانه‌های مدیریتی در اختیار مدیران و کاربران اراضی قرار دهد.

* ایمیل نویسنده مسئول: askari@znu.ac.ir

هدف اصلی این تحقیق ارزیابی کارایی تصویربرداری چند طیفی و استفاده از پهپاد به منظور برآورد میزان تولید زیست‌توده گیاهی در یک مزرعه تحت مدیریت‌های مختلف خاک است. برای این منظور موثرترین طول‌موج‌ها در برآورد مقدار ماده خشک علوفه تولیدی شناسایی شد و توانایی دو روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR)[1] و رگرسیون چند متغیره (MLR)[2] در برآورد بایومس تولیدی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی مور پارک (Moorepark Research Centre) از مزارع مرکز تحقیقات کشاورزی کشور ایرلند انجام شد. منطقه مورد مطالعه دارای متوسط بارندگی ۱۰۱۶ میلیمتر و متوسط تغییرات دمایی ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد در طول سال است. برای تهیه نمونه‌های گیاهی از ۶۴ پلات با اندازه ۵ متر در ۱/۵ متر و ۵۳ مزرعه تحقیقاتی که با سطوح مختلف کود نیتروژن مدیریت می شوند، استفاده شد. در این مزارعه ترکیبی از شبدر سفید (Trifolium repens) و ری‌گرس (perennial ryegrass) با نسبت ۳۰ درصدی شبدر کشت می‌شود. تصاویر چند طیفی با استفاد از سنجنده سکویا (Sequoia) از سطح پلات‌ها و مزارع (شکل ۱) در تاریخ‌های ۹۶/۹/۲۵-۹۶/۳/۲۲-۹۶/۵/۲-۹۶/۵/۳۰-۹۶/۶/۲۷-۹۷/۱/۳۱-۹۷/۴/۲۰ تهیه شد. تصاویر با استفاده از یک پهپاد با سرعت ۲ متر در ثانیه از ارتفاع ۳۰ متری از سطح پلات‌ها و از ارتفاع ۱۲۰ متری از سطح مزارع تحقیقاتی تهیه شد. تصاویر تهیه شده دارای ۷۵ درصد همپوشانی هستند. نمونه‌های گیاهی با ارتفاع ۴ سانتی‌متر از سطح پلات‌ها و مزرعه‌ها بعد از تصویربرداری با استفاده از یک دستگاه برداشت علوفه (Etesia UK Ltd) جمع‌آوری شد. مقدار بایومس گیاهی تولیدی با استفاده از روش توضیح داده شده توسط McEvoy و همکاران (۲۰۱۱) مورد بررسی قرار گرفت.

پردازش تصاویر

قبل از تهیه مدل‌های طیفی، تصحیحات هندسی و رادیومتریک بر روی تصاویر انجام شد. ۲۱ شاخص طیفی که در منابع به عنوان شاخص-های مناسب برای ارزیابی ویژگی‌های گیاهی پیشنهاد شده بودند محاسبه شدند. این شاخص‌ها شامل:

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI,), Normalized Difference Red-Edge (NDRE), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Modified Triangle Vegetation Index (MTVI), Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index (MCAR), Leaf Chlorophyll Index (LCI), MERIS Terrestrial Chlorophyll Index (MTCI), Nitrogen Reflectance index (NRI), Red-edge Chlorophyll Index (CI-RedEdge), Green Chlorophyll Index(CI-Green), Non Linear Index(NLI), Modified Non Linear Index (MNLI) and seven ratio vegetation index (NIR/Red - NIR/RedEdg - Red/Green - NIR/Green - Green/Red - Red/NIR - RedEdg/NIR (Hollberg and Schellberg, 2017).

[1] Partial least square regression
[2] Multilinear regression

- شکل ۱: منطقه مورد مطالعه، مرزهای قرمز مزارع مطالعه شده در سال ۱۳۹۶ و مرزهای آبی مزارع مطالعه شده در سال ۱۳۹۷ و مرزهای سیاه پلات های مطالعه شده را نشان می دهد.

تهیه و ارزیابی مدل‌های طیفی

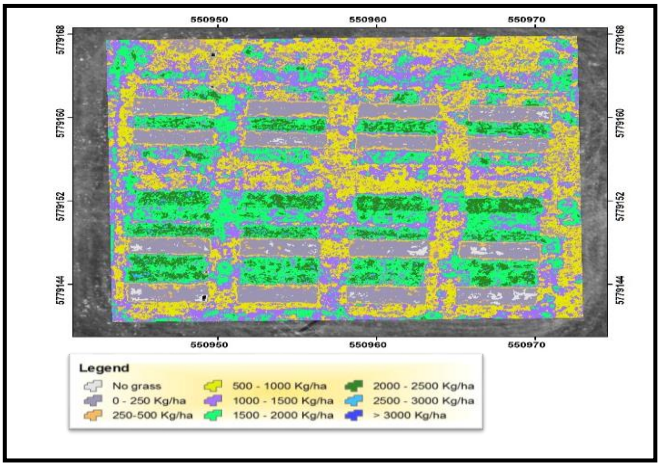
مدل‌های طیفی با استفاده از ۱۲۶ نمونه تهیه شده در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ محاسبه شد. ۷۰ درصد از نمونه‌ها (۸۹ نمونه) به منظور واسنجی مدل‌ها و ۳۰ درصد (۳۷ نمونه) برای اعتبارسنجی مدل‌های استفاده شدند. رگرسیون مربعات جزئی با روش cross-validation و با استفاده از ۱۰ عامل بالقوه انجام شد. مهمترین باندها و شاخص‌های طیفی با استفاده از آزمون عدم قطعیت مارتینز (Martens' Uncertainty Test) شناسایی شدند (Martens and Martens, 2000). مدل‌های محاسبه شده با استفاده از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و درصد انحراف نسبی (RPD) ارزیابی شد. مدل PLSR در محیط نرم افزار Unscambler (version X10.4.1; CAMO software) و مدل MLR در محیط نرم افزار SPSS (SPSS vr 21 Inc.) تهیه شد.

نتایج و بحث

بر طبق تحقیق انجام شده توسط Askari و همکاران (۲۰۱۸) مدل‌های طیفی در سه کلاس با دقت عالی (RPD≥2.5 و R^2≥0.8)، دقت خوب (R^2≥0.7 و 2≤RPD≤2.5)، دقت متوسط (R^2≥0.6 و 1.5≤RPD≤2) و مدل‌های با دقت ضعیف (R^2< 0.6 وRPD <1.5) تقسیم شدند. نتایج مدل‌های طیفی در جدول ۱ ارائه شده است. بطور کلی با استفاده از روش PLSR مدل‌های با دقت خوب و با استفاده از روش MLR مدل‌های با دقت متوسط برای برآورد مقدار تولید زیست‌توده گیاهی بدست آمد. باند مادون‌قرمز و شاخص‌های MCAR, MTVI, MNLI, CI-green و نسبت باند سبز به قرمز به عنوان مهمترین باند و شاخص‌های طیفی برای برآورد مقدار ماده خشک علوفه با استفاده از روش PLSR شناسایی شد. این شاخص‌ها ترکیبی از باندهای با طول موج‌های در محدوده سبز، قرمز و مادون قرمز هستند. شاخص‌های طیفی که معمولا ترکیبی از دو یا چند باند هستند معمولا نسبت به یک باند مجزا در برآورد ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاهان موثرترند (Bannari و همکاران ۱۹۹۵). استفاده از شاخص‌های طیفی باعث کاهش نویز زمینه (Background noise) و افزایش دقت مدل‌های تولیدی می‌شود (Helman و همکاران ۲۰۱۴). در روش MLR مهمترین باند و شاخص شناسایی شده به منظور برآورد مقدار تولید بایومس، باند حاشیه قرمز (RedEdge) و نسبت باند مادون‌قرمز (NIR) به باند سبز بودند. در توافق با این یافته‌ها، Lugassi و همکاران (۲۰۱۹) اهمیت طول موج‌های محدوده مادون قرمز و حاشیه قرمز در برآورد ویژگی‌های زیست توده گیاهی را نشان دادند. افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه بر افزایش رشد سبزینگی و مقدار کلروفیل گیاهی تاثیرگذار است که می‌تواند بر کاهش بازتابش در محدوده طول موج‌های مرئی به ویژه طول موج‌های محدوده قرمز و سبز تاثیرگذار باشد (Bassegio و همکاران ۲۰۱۳). علاوه بر این افزایش جذب نیتروژن باعث افزایش بازتاب بافت‌های گیاهی در محدوده مادون قرمز و محدوده حاشیه قرمز می‌شود (Ouyang و همکاران ۲۰۱۲). با استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور تغییرات ویژگی‌های گیاهی درون یک مزرعه و بررسی روش‌های مدیریتی بر آن امکان پذیر است (شکل ۲).

جدول ۱. نتایج مدل‌های طیفی برآورد شده

روش مدل‌سازی	RPD	نوع مدل	R^2	RMSE
PLSR	۲/۱۴	برازش	۰/۸۳	۱۸۲
		واسنجی	۰/۷۸	۲۱۵
MLR	۱/۹۴	برازش	۰/۸۲	۱۸۹
		واسنجی	۰/۷۶	۲۲۶



شکل ۲- نقشه توزیع مکانی مقدار زیست‌توده تولیدی از سطح پلات‌های مطالعاتی که با استفاده از تصاویر ثبت شده در تاریخ۹۶/۳/۲۲ تهیه شد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد که طول موج‌های محدوده مادون قرمز و حاشیه قرمز مهمترین محدوده طول موج برای برآورد میزان تولید زیست‌توده گیاهی هستند. ترکیبی از طول موج‌های حاشیه قرمز، قرمز و سبز (MCAR) مهمترین شاخص طیفی برای برآورد ماده خشک علوفه تولیدی شناسایی شد. مدل‌های ایجاد شده با استفاده از PLSR دقت بالاتری نسبت به مدل‌های ایجاد شده با استفاده از MLR داشتند. استفاده از تصویر برداری هوایی و پهپادها می‌تواند یک روش سریع و دقیق را به منظور ارزیابی تاثیر روش‌های مدیریتی بر کیفیت علوفه تولیدی و بررسی تغییرات فضایی و زمانی ویژگی‌های گیاهی در یک مزرعه فراهم کند.

منابع:

Askari, M.S., O'Rourke, S.M., Holden, N.M., 2018. A comparison of point and imaging visible-near infrared spectroscopyfor determining soil organic carbon. Journal of Near Infrared Spectroscopy 26(2), 133-146.

Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., Huete, A.R., 1995. A review of vegetation indices. Remote Sensing Reviews 13(1-2), 95-120.

Bassegio, D., Santos, R.F., de Oliveira, E., Wernecke, I., Secco, D., de Souza, S.N.M., 2013. Effect of nitrogen fertilization and cutting age on yield of tropical forage plants. African Journal of Agricultural Research 8(16), 1427-1432.

Helman, D., Mussery, A., Lensky, I.M., Leu, S., 2014. Detecting changes in biomass productivity in a different land management regimes in drylands using satellite-derived vegetation index. Soil Use and Management 30(1), 32-39.

Hollberg, J., Schellberg, J., 2017. Distinguishing Intensity Levels of Grassland Fertilization Using Vegetation Indices. Remote Sensing 9(1), 81.

Jia, Z.L., Lu, X.P., Zheng, F.J., Zang, W.Q., Liu, Q.C., 2013. Research on atmospheric correction and surface reflectance inversion of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) remote sensing data, Applied Mechanics and Materials. Trans Tech Publ, pp. 1485-1488.

Lugassi, R., Zaady, E., Goldshleger, N., Shoshany, M., Chudnovsky, A., 2019. Spatial and Temporal Monitoring of Pasture Ecological Quality: Sentinel-2-Based Estimation of Crude Protein and Neutral Detergent Fiber Contents. Remote Sensing 11(7), 799.

Martens, H., Martens, M., 2000. Modified Jack-knife estimation of parameter uncertainty in bilinear modelling by partial least squares regression (PLSR). Food Quality and Preference 11(1), 5-16.

McEvoy, M., O'Donovan, M., Shalloo, L., 2011. Development and application of an economic ranking index for perennial ryegrass cultivars. Journal of Dairy Science 94(3), 1627-1639.

Ouyang, W., Hao, F., Skidmore, A.K., Groen, T.A., Toxopeus, A.G., Wang, T., 2012. Integration of multi-sensor data to assess grassland dynamics in a Yellow River sub-watershed. Ecological Indicators 18, 163-170.

Schut, A.G.T., Ketelaars, J.J.M.H., Meuleman, J., Kornet, J.G., Lokhorst, C., 2002. AE—Automation and Emerging Technologies: Novel Imaging Spectroscopy for Grass Sward Characterization. Biosystems Engineering 82(2), 131-141.

Sibanda, M., Mutanga, O., Rouget, M., 2015. Examining the potential of Sentinel-2 MSI spectral resolution in quantifying above ground biomass across different fertilizer treatments. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 110, 55-65.

Wachendorf, M., Fricke, T., Möckel, T., 2018. Remote sensing as a tool to assess botanical composition, structure, quantity and quality of temperate grasslands. Grass and Forage Science 73(1), 1-14.

Wu, H., Li, Z.-L., 2009. Scale issues in remote sensing: a review on analysis, processing and modeling. Sensors (Basel, Switzerland) 9(3), 1768-1793.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Quantification and mapping plant biomass variations under different soil management using remote sensing

Askari[*1], M.S., MCarthey[2], T.,

[1] Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Iran
[2] Assistant Prof., National University of Ireland, Maynooth, Ireland

Abstract

The objective of this study was to evaluate the efficiency of multispectral imaging for quantifying and mapping plant biomass under different levels of soil fertility management. The experiment was conducted in Ireland at two scales using data from 64 plots and 53 paddocks. Multispectral imagery was done using an Unmanned Aircraft Vehicle (UAV) over plots and paddocks. Biomass prediction models were developed and assessed using partial least squares regression (PLSR) and stepwise multi-linear regression (MLR). Eventually, the spatial distribution of grass biomass over plots and paddocks were mapped to assess the within-field variability of grass quality metrics. Both PLSR and MLR were robust enough to be used for spectral modelling of plant biomass. PLSR yielded a better model than MLR. Above ground plant was estimated accurately (RPD >2, R^2>0.7). The result demonstrates that remote sensing technique can be used as a rapid and reliable approach for quantitative assessment of the impact of management operations on fresh forage quality.

Keywords: soil management, plant production quality, multispectral images, agricultural lands.

[*] Corresponding author, Email: askari@znu.ac.ir