نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۴، مهر - آبان ۱۳۸۹، ص. ۷۵۶-۷۴۵

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 4, Sep-Oct 2010, p. 745-756

پیش‌بینی تغییرپذیری کربن آلی خاک و تعیین اثرات متغیرهای فیزیکی و مدیریتی بر آن در یک حوضه نیمه‌خشک با کاربری دیم با استفاده از تکنیک‌های تحلیل چندمتغیره تفکیک اعتباری(CDA)

یحیی پرویزی[1*] - منوچهر گرجی[2] - محمد حسین مهدیان[3] - محمود امید[4]

تاریخ دریافت:۸۸/۱۰/۴
تاریخ پذیرش:۸۹/۴/۱۳

چکیده

کربن آلی مهمترین مشخصه کیفی خاک بوده که حفاظت از آن محور اصلی کشاورزی پایدار و حفظ زیست‌بوم خاک است. پراکندگی کربن آلی خاک بیش از هر متغیر دیگری وابسته به وضعیت مدیریتی خاک می‌باشد. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات متغیرهای فیزیکی و مدیریتی در تغییرپذیری کربن آلی خاک و مقایسه کمی نقش این متغیرها در توزیع کربن آلی خاک و همچنین انتخاب متغیرها بر حسب اولویت تاثیرگذاری در یک حوزه با کاربری دیم انجام شد. برای این هدف از تکنیک آنالیز چند متغیّره تحلیل تفکیک متعارف (CDA) به دو روش متعارف و گام به گام استفاده شد. در این رابطه، مقادیر کربن آلی خاک در نقاط نمونه‌برداری در چهار کلاس کیفی خیلی کم ، کم، متوسط و زیاد دسته‌بندی شد. سپس اثرات ۳۰ متغیر پیش‌بینی کننده فیزیکی و مدیریتی در پیش‌بینی سطوح کربن آلی خاک مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که از میان متغیرهای فیزیکی، فقط مدلی حاوی متغیرهای خصوصیات خاک شامل درصد آهک، درصد اشباع، و مقادیر رس، شن و درصد حجمی سنگریزه بود، توانست به شکل معنی‌داری در پیش‌بینی کلاس‌های بهینه کربن آلی موفق عمل نماید. این در حالی است که کلیه مدل‌های دربردارنده متغیرهای پیش‌بینی کننده مدیریتی با استفاده از اولین بردار توابع اعتباری خود در سطح معنی‌داری$\alpha<$۰/۰۰۰۱ در پیش‌بینی کلاس کربن آلی موفق بودند. مدل M5 بالاترین همبستگی اعتباری را برای اولین محور خود نشان داد. همه ترکیبات متغیرهای مدل‌های معنی‌دار، کلاس یک و دو کربن را با دقت مطلوبی پیش‌بینی کرد. ولی فقط مدل M5 بالاترین توان را در تشخیص کلاس چهار یا زیاد کربن آلی خاک نشان داد. در میان متغیرهای مدیریتی، سناریوی سامانه خاک‌ورزی و اجزای آن به بهترین شکلی تغییرات کربن آلی خاک را در این حوزه با کاربری دیمزار توجیه می نمودند. اعمال تحلیل گام به گام در تحلیل تشخیص، توانست اثر سامانه سنتی آیش زمستانه را در بهبود کربن آلی خاک و توجیه تغییرپذیری آن آشکار سازد.

واژه‌های کلیدی: کربن آلی خاک، تحلیل تفکیک متعارف، تحلیل تفکیک گام به گام، کلاس بندی

مقدمه

توانائی خاک در کارکردهای حیاتبخش خود، نظیر فراهم نمودن عناصر غذائی برای گیاهان، ذخیره آب، ترسیب گازهای گلخانه‌ای از جو، تصفیه آلاینده‌ها، مقاومت در برابرتخریب فیزیکی و تولید محصول به شدت متاثر از ماده آلی خود می‌باشد (۲۱). بهبود ماده آلی خاک علاوه بر آن‌که باعث کاهش نرخ تغلیظ CO_2 اتمسفری و ترسیب آن و در نتیجه اصلاح گرمایش زمین می‌شود، بلکه باعث ارتقاء کیفیت و کمیت آب در حوزه، افزایش تولید محصول و امنیت غذائی، حفاظت خاک و اصلاح اراضی تخریب یافته، تصفیه آلاینده‌ها، تسهیل در انتقال و ذخیره آب و املاح و احیاء خاک‌ها و اکوسیستم‌ها خواهد شد (۱۶، ۲۱ و ۲۵). سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)، اعلام کرده است که بخش کشاورزی و اراضی کره زمین عامل یک سوم گرم شدن زمین و تغییر اقلیم می‌باشد. که این امر ناشی از مدیریت غلط و تغییر کاربری اراضی است (۱۴ و ۲۴).

تغییرپذیری ماده آلی خاک متاثر از دو دسته فاکتورهای فیزیکی

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران
(* - نویسنده مسئول: Email:yparvizi@ut.ac.ir)
۳- دانشیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
۴- دانشیار گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

(اقلیم، هندسه زمین و خاک) و فاکتورهای مدیریتی است (۲۶). دسته دوم فاکتورها مهم‌تر به نظر می‌رسند. چون جواب خاک به آن‌ها در زمان کوتاه‌تری انجام می‌شود و قابل کنترل نیز می‌باشند (۲۱). دسته اول از جنبه برهمکنش آن‌ها با متغیرهای مدیریتی حائز اهمیت می‌باشند و گرنه این دسته تحت کنترل قرار نمی‌گیرند و در زمان‌های طولانی با اکوسیستم‌های خاکی به تعادل رسیده‌اند. مایا و همکاران (۲۳) در تحقیقی نشان داد که اثر عوامل مدیریتی بویژه سامانه خاک‌ورزی و تناوب نقشی تعیین کننده در تغییرپذیری ذخایر کربن آلی خاک در عرصه های زراعی دارد. بررسی کربن آلی خاک از آن‌جا که مهمترین متغیر کیفی خاک است، بیشتر در قالب کیفی و به شکل گسسته انجام می‌شود و تجسم کمی آن نیز باید در یک قالب کلاسه‌بندی و مقایسه‌ای انجام پذیرد. تلاش‌های اندکی برای سنتز و کمی نمودن اثرات عملیات مدیریتی در کشور ما انجام یافته که عمدتا مربوط به عرصه‌های مرتع و جنگل است. نتایج یافته های آنها نیز نشان از اثر تعیین کننده فاکتورهای مدیریتی حاکم در این بخش‌ها نظیر قرق و عملیات احیائی بر کمیت کربن آلی خاک است (۱ و ۲). بررسی‌های نگارنده نشان داد که علیرغم آنکه تحقیقات خوبی برای پیش‌بینی تغییرپذیری کمی کیفی کربن آلی خاک با استفاده از روشهای ناپارمتری در سطح جهان انجام یافته ولی تحقیقی با استفاده روش پارامتری تحلیل تفکیک یا تحلیل ممیز (DA)[1] برای پیش بینی سطوح کیفی کربن آلی خاک صورت نپذیرفته است.

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات متغیرهای فیزیکی و مدیریتی در تغییرپذیری کیفی کربن آلی خاک در یک حوزه با کاربری زراعت دیم که مهمترین عرصه‌های تولید در کشاورزی غرب کشور می‌باشند، انجام شد. در این منطقه اقلیمی، کیفیت و باروری خاک در اکوسیستم‌های دیم‌زار، به شدت وابسته به مواد آلی خاک می‌باشد، که آن نیز به نوبه خود تحت تاثیر فاکتورهای فیزیکی و بویژه مدیریتی است. در این تحقیق امکان پیش‌بینی تغییرات کیفی کربن آلی خاک در چهار کلاس کیفی خیلی کم یا فقیر، کم، متوسط و بالا (به ترتیب معادل کربن آلی خاک کمتر از ۰/۶، ۰/۶-۱/۲، ۱/۲-۱/۷۵ و بیش از ۱/۷۵ درصد) با استفاده از آنالیز چندمتغیره تحلیل تفکیک متعارف (CDA)[2] و با استفاده متغیرهای پیش‌بینی کننده فیزیکی و مدیریتی بررسی شد. همچنین مقایسه کمی نقش و اثرات متغیرهای فیزیکی و مدیریتی موجود در حوزه در توزیع کربن آلی خاک و انتخاب متغیرها بر حسب اولویت تاثیرگذاری با استفاده از تکنیک‌های متفاوت آنالیز چندمتغیره از دیگر اهداف این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه عرصه زراعی حوضه آبخیز مرگ با مساحت ۱۶۰۰۰ هکتار در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرکرمانشاه با متوسط ارتفاع ازسطح دریا ۱۶۶۶متر است. درعرصه مورد مطالعه، بر اساس تقسیم بندی به عمل آمده با سیستم اقلیم نمای آمبرژه سه اقلیم مختلف وجود دارد که شامل: ۱- اقلیم نیمه مرطوب سرد ۲- اقلیم مرطوب سرد و ۳- اقلیم ارتفاعات می‌باشد. رژیم حرارتی و رطوبتی خاک‌های این ناحیه به ترتیب ترمیک و زریک است. سنگ آهک، دولومیت، مارن، سنگ رس و ماسه سنگ، سنگ‌های اصلی تشکیلات زمین‌شناسی این حوضه می‌باشند. در عرصه‌های زراعت دیم که دشت‌سرهای فوقانی و تحتانی حوزه را تشکیل می‌دهند نوع خاک غالب شامل Typic Calcixerpts, Vertic Calcixerpts, Fluventic Haploxerepts و Chromic Calcixererts است. گیاهان زراعی منطقه شامل: گندم، جو و نخود می‌باشد که به‌صورت دیم در دشت‌سرهای دشت مرگ کشت می‌شوند و ۸۵ درصد مساحت اراضی زراعی را تشکیل می‌دهند. همچنین کشت گندم آبی، ذرت، چغندر قند، لوبیا و باقلا به صورت محدود در عرصه های آبی، که ۱۵ درصد مساحت اراضی زراعی را تشکیل می‌دهند، انجام می شود.

نمونه‌برداری

برای نمونه‌برداری از خاک، از نقشه‌های طبقه بندی اقلیم با روش آمبرژه، خاک، شیب، جهت و کاربری استفاده گردید (۷). سیستم نمونه برداری به شکل سیستماتیک تصادفی اعمال شد. موقعیت جغرافیائی و توزیع مکانی نقاط نمونه‌برداری در شکل (۱) نشان داده شده است. نمونه‌ها از خاک سطحی و در عمق شخم (عمق ۳۰ سانتی‌متری) تهیه گردیدند. بدین ترتیب ۱۱۳ نمونه خاک سطحی برداشته شد که متوسط فاصله بین نمونه‌ها ۵۲۰ متر بود. همچنین در هر نقطه نمونه‌برداری برخی اطلاعات مورد نیاز از اختصاصات مدیریت اراضی، پوشش گیاهی و خاک به منظور اطلاعات تکمیلی و تعریف و استخراج شاخص‌ها یا متغییرهای مورد نیاز ثبت گردید.

سازماندهی داده‌ها و استخراج شاخص‌ها

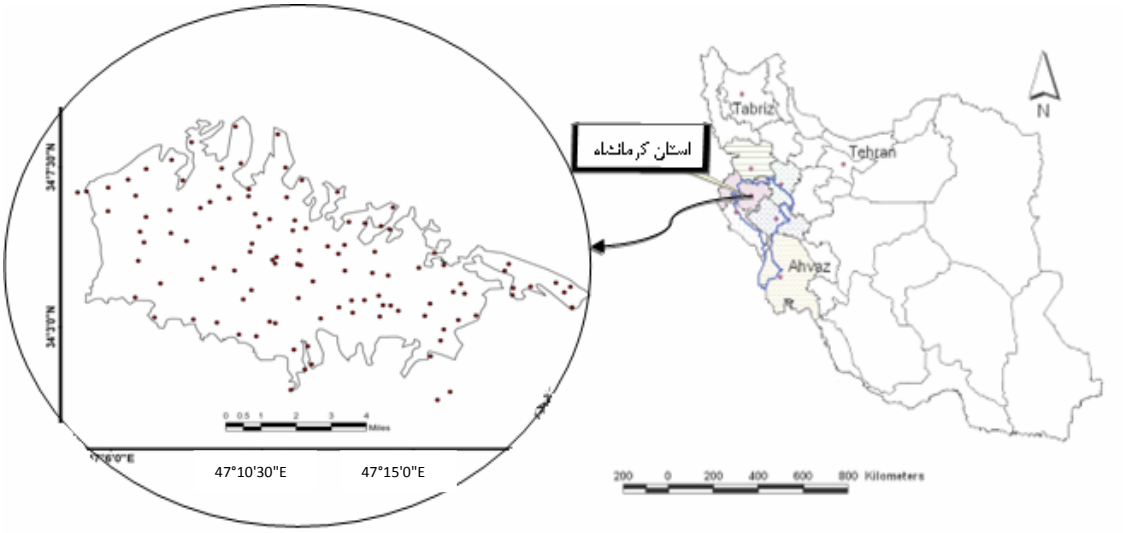
از آن‌جا که شاخص‌هائی که برای این طرح در نظر گرفته شد، از لحاظ تئوری مرتبط با پویائی کربن آلی خاک بودند، باید با اطلاعات جمع‌آوری شده، این شاخص‌ها اندازه‌گیری می‌شد و با مطالعه و بررسی‌های میدانی با مقادیر واقعی راستی‌آزمائی می‌گردید. برای این منظور عوامل فیزیکی که شامل شاخص‌های هندسی اراضی، خاک و اقلیم بودند در ۱۵ شاخص یا متغیر کمی و سهل‌الوصول تعریف و کمی شدند. عوامل مدیریتی نیز با توجه به ساختار کشاورزی منطقه و نظام کشت در ۱۵ شاخص، تعریف و کمی شدند.

شاخص‌های فیزیکی: شاخص‌های فیزیکی در سه دسته

1- Discriminate Analysis

2 -Canonical Discriminate Analysis

طبقه‌بندی شدند:



شکل ۱- موقعیت جغرافیائی حوضه مرگ در استان کرمانشاه، حوزه کرخه و کشور توزیع مکانی نقاط نمونه‌برداری

۱- شاخص‌های هندسی زمین: از این شاخص‌ها مقادیر شیب (S) با شیب سنج و ارتفاع (Elev) با GPS در محل نمونه‌برداری ثبت شد. بعلاوه سه شاخص هندسی دیگر شامل انحناء (Curv) [1]، شاخص جهت شیب تغییر یافته (TA) [2] که توسط بیرز و همکاران (۸) تعریف شده و یک شاخص ترکیب شیب-جهت (TAS) (که برای کمی کردن اثر متقابل شیب و جهت در میزان تشعشع دریافتی است) محاسبه گردید. این متغیر از حاصل‌ضرب مقدار TA در سینوس زاویه شیب بر حسب درجه محاسبه شد، فرمول محاسبه TA به صورت زیر است:

$$TA=\cos(45 - Aspect) \quad (۱)$$

مقادیر Aspect یا جهت شیب و انحناء با استفاده از نقشه DEM حوزه، که از رقومی کردن خطوط ارتفاعی با گام ۲۰ متر تهیه گردید، محاسبه شدند. برای محاسبه این شاخص‌ها از الگوریتم بورگ و مک دونال (۹) و در محیط نرم‌افزاری ARC-GIS استفاده شد.

۲- **شاخص‌های اقلیمی:** شاخص‌های اقلیمی که با توجه به اهداف طرح، مقادیر آن‌ها در هر نقطه مشخص شد شامل: میانگین بارندگی سالانه به میلی‌متر (AR)، متوسط درجه حرارت سالانه به درجه سانتی‌گراد (MAT)، متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل به میلی‌متر در سال (ETP) و نوع اقلیم (CT) بود. برای مقایسه اثر نوع اقلیم، اقالیم منطقه در سه کلاس (۱- اقلیم نیمه مرطوب سرد، ۲- اقلیم مرطوب سرد و ۳- اقلیم ارتفاعات) تعریف شدند. برای تعیین مقادیر این متغیرها از نقشه های اقلیمی هم‌دما، همباران، هم‌تبخیر و نقشه طبقه‌بندی اقلیمی با اقلیم‌نمای آمبرژه استفاده شد.

۳- **شاخص‌های خاک:** علاوه بر مقدار کربن آلی که به روش اکسیداسیون تر برای هر نمونه تعیین شد. متغیرهای خاک که از لحاظ تئوریک در تغییرپذیری کربن موثرند، در آزمایشگاه بر روی هر نمونه تعیین گردید. این متغیرها شامل مقادیر جزءهای رس، سیلت و شن، درصد آهک (Calc)، درصد اشباع (SP)، و درصد حجمی سنگریزه (G) بودند.

شاخص‌های مدیریتی: در این تحقیق مشخصه‌هائی نظیر ترکیب کشت، نظام کشت و تناوب، سیستم خاک‌ورزی و نوع ادوات مربوطه در طول دوره تناوب، مقادیر مصرف نهاده‌ها و انرژی ماشین، سیستم کوددهی و نیز نحوه مدیریت بقایای محصول، تراکم دام در پس‌چر مزارع و وضعیت فرسایش ثبت و یادداشت شدند. سپس با اطلاعات جمع‌آوری شده در بخش مدیریت ۱۲ شاخص خام و سه شاخص کلاسه‌بندی محاسبه و استخراج شد. متغیرهای خام شامل: عرصه مالکیت یا اندازه قطعات اراضی به هکتار (O_h)، کود دهی دامی (Manu)، وجود لگوم در تناوب (Leg_r)، سامانه سنتی آیش زمستانه یا چله‌بری (F_w)، وجود یا عدم پس‌چر مزارع (Ps)، برداشت کاه و کلش از مزارع (S_h)، سوزاندن بقایا (S_b)، شاخص مصرف انرژی ماشین (E) [3] بر حسب مگاژول در هکتار در سال، شاخص شخم (T_{index})، جهت شخم (T_d)، تراکم دام (C_d) و فرسایش (Erosion). شاخص‌های E و T_{index} با روش فرارو و گرسا (۱۱) تعیین شدند. مقدار E معادل مقدار انرژی سوخت مصرف شده توسط ماشین‌آلات

1 - Curvature
2 - Transposed Aspect
3 -Energy

کشاورزی است و به میانگین سالانه و برای یک دوره تناوب محاسبه شد این شاخص معرفی از میزان تردد ماشین در عرصه می‌باشد. شاخص شخم یا T_{index} کمیتی پیوسته است (از صفر تا یک). این شاخص معرفی از نوع ادوات خاک‌ورزی و شدت خاکورزی است و بصورت میانگین سالانه برای یک دوره تناوب محاسبه می‌شود. شاخص‌های مدیریتی عنوان شده، یا پیوسته و کمی و یا دودوئی هستند. فقط شاخص فرسایش به روش کارشناسی و با رتبه‌بندی اشکال و شدت فرسایش در ۵ کلاس ارائه گردید.

همچنین با تلفیق شاخص‌های فوق بر اساس ماهیت متغیرها، به روش کلاسه‌بندی فیشر یا کلاس‌بندی K-means، سه سناریو مدیریتی به عنوان شاخص، در سه بخش نظام تناوب و کشت (CRsen)، مدیریت بقایای گیاهی (Ssen) و سیستم خاک‌ورزی (Tsen) به شکل کلاسه‌بندی تعریف گردید.

تحلیل تفکیک اعتباری (CDA)

تحلیل تفکیکی اعتباری نوعی تحلیل است که برای آنالیز داده‌های چندمتغیره گسسته به کار می‌رود و برای پیش‌بینی گروهی از یک جمعیت که یک فرد می‌تواند به آن تعلق یابد با استفاده از صفات یا متغیرهای پیش‌بینی کننده آن فرد به کار رفته و تحت عنوان آنالیز تشخیص یا تحلیل ممیز شناخته می‌شود (۶ و ۱۹). این روش از لحاظ ریاضی نوعی تجزیه واریانس چندمتغیره است که می‌کوشد به کمک تعدادی از صفات که در تعدادی نمونه یا فرد تعیین شده تعلق آن فرد را به گروهی از یک کلاس‌بندی از پیش تعیین شده نشان دهد. اولین بار فیشر(۱۹۳۶) تابع خطی(F) از متغییرهایی(x_i) که نشانگر ویژگی‌های متفاوتی بودند ارائه داد و آن را تابع ممیز (تفکیک کننده) خطی برای رده‌بندی کردن یک فرد به یکی از دو جمعیت نامید.

$$F = b + a_1x_1 + a_2x_2 + \ldots + a_ix_i \qquad (۲)$$

فیشر برای تعیین ضرایب و مقدار ثابت این تابع از بیشینه‌سازی نسبت زیر استفاده کرد(فیشر و ون‌نس ۱۹۷۳)

$$J(w) = \frac{w^T S_B w}{w^T S_W w} \qquad (۳)$$

که S_B ماتریس واریانس بین دو گروه و S_W ماتریس درون-گروهها می‌باشد. مقادیر W ماتریس بردارهای اوزان متغیرها (a_i) و ثابت تابع (b) می‌باشد و با حل ماتریسی معادله فوق حاصل می‌شوند

$$S_W = \sum_c \sum_{i \in c} (x_i - \mu_c)(x_i - \mu_c)^T \qquad (۴)$$

$$S_B = \sum_c N_c (\mu_c - \bar{x})(\mu_c - \bar{x})^T \qquad (۵)$$

مقادیر μ_c و $\bar{X}$ به ترتیب میانگین هر کلاس c و میانگین کل کلاسها می باشند

در صورتی که بیش از دو گروه یا کلاس از متغیر وابسته داشته باشیم، برای رده بندی کردن تعدادی افراد که در آنها $x_1, x_2, \ldots x_i$ صفت ثبت شده به p جمعیت یا گروه از پیش مشخص شده می توان m=p-1 تابع تفکیک خطی ارائه نمود که به آنها توابع تفکیک اعتباری[1] گویند (۱۵).

$$\begin{aligned} F_1 &= b_1 + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1i}x_i \\ F_2 &= b_2 + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2i}x_i \\ &\vdots \\ F_m &= b_m + a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mi}x_i \end{aligned} \qquad (۶)$$

مقادیر این توابع، در واقع m متغیر اعتباری[2] جدید هستند که ترکیب خطی از i متغیر اولیه می‌باشند. در فرایندی که به مرحله آموزش موسوم است این توابع خطی تخمین زده می‌شوند. سپس با استفاده از این توابع، تعلق افراد جدید را می‌توان به کلاس‌های مربوطه مشخص نمود. هر یک از توابع تفکیک فوق به شرطی می‌توانند جدا کننده گروه‌ها از هم باشند که F حاصل از تجزیه واریانس یک طرفه آنها تا حد امکان بزرگ باشد. همچنین برای تعیین ضرایب متغیرهای توابع فوق، می‌توان از بیشنه‌سازی نسبت F مذکور استفاده کرد (۱۰). اما روش اصلی تعیین ضرایب فوق از طریق استاندارد کردن واریانس درون‌گروه‌ها و چرخش محورهای اولیه داده‌ها انجام می‌شود (۱۸). در این حالت، محورهای جدید که به محورهای اعتباری موسومند مبین توابع تفکیک اعتباری می‌باشند (۱۳).

اختصاص هر فرد با صفات مشخص به گروه‌ها با کمینه سازی کمیت D^2_m و با محاسبه این کمیت برای هر فرد در هر گروه انجام می‌شود (۲۰).

$$D^2_m = \sum_{m=1}^{p} (F_m - \bar{F}_{im})^2 \qquad (۸)$$

در این تابع $\bar{F}_{im} = a_{im}\bar{x}_m$ می‌باشد. بقیه علائم نیز در بالا تعریف شده‌اند . این عملیات برای تمام افراد که صفات یکسانی در آنها تعیین شده است، انجام می‌شود. در پایان پس از انجام آزمون معنی‌دار بودن صحت گروه‌بندی بر مبنای متغیرهای پیش‌بینی‌کننده تعیین می‌شود. به عبارتی دیگر توانائی متغیرهای مستقل یا صفات افراد در دسته‌بندی و پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته ارزیابی می‌شود.

در این تحقیق بسته به نوع و ماهیت متغیرهای ورودی یا پیش بینی کننده نه دسته متغیر ورودی برای توابع تشخیص متعارف(CDF) مورد نظر تعریف شد. به عنوان مثال متغییرهای خاک در یک دسته به عنوان ورودی مدل P2 ویا متغییرهای مرتبط با

1 - Canonical Discriminate Functions
2 - Canonical Variables

مدیریت بقایای محصول به عنوان ورودی مدل M2 در نظر گرفته شدند. به این ترتیب که چهار مدل با ترکیب ورودی متغیرهای فیزیکی ($P_{i=1-4}$) و ۵ مدل برای متغیرهای مدیریتی ($M_{i=1-5}$) در نظر گرفته شد. ترکیب متغیرهای پیش‌بینی کننده هر مدل در جدول (۱) نشان داده شده است. مدل‌های P4 و M5 در بردارنده به ترتیب، همه متغیرهای فیزیکی و مدیریتی بودند. همچنین با استفاده از تحلیل تفکیک به روش گام به گام (SCDA) در دو دسته متغیرهای مدیریتی دو مدل P_{step} و M_{step} برای دو دسته متغیرهای فیزیکی و مدیریتی توسعه داده شد (جدول (۱)). از آزمون آماری ویلکس برای آزمون معنی دار بودن کلاس بندی و مقایسه مدل‌ها استفاده شد. نرم‌افزار مورد استفاده برای کلیه تجزیه های آماری و تحلیل CDA نرم افزارXLSTAT بود.

جدول ۱- مدل‌های CDA و ترکیب متغیرهای ورودی پیش‌بینی کننده در آنها

مدل‌های فیزیکی		مدل‌های مدیریتی	
ترکیب ورودی	مدل CDA	ترکیب ورودی	مدل CDA
(Elev., P, TA, TAP, Curv.)	P1	($CRsen,O_h$, Manu., Leg_r, F_w)	M1
(Calc, SP, Gravel, clay, sand)	P2	(Ssen,Ps, S_h, S_b, C_d)	M2
(AR, MAT, ETP, CT)	P3	(T_{sen}, E, T_{index}, T_d, Erosion)	M3
کلیه متغیرهای فیزیکی	P4	سناریوهای مدیریتی (CRsen,Ssen,Tsen)	M4
(TNV, Gravel, Sand)	P_{step}	کلیه متغیرهای مدیریتی	M5
		(T_{index}, F_w, Manu)	M_{Step}

Elev: ارتفاع، S: شیب، TA: جهت شیب تغییر یافته، TAS: حاصلضرب TA در سینوس زاویه شیب، .Curv: انحناء شیب، Calc: درصد آهک، SP: درصد اشباع، MAT: میانگین دمای سالانه هوا، AR: میانگین سالانه بارندگی، ETp: تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه، CT: نوع یا کلاس اقلیم، O_h: مساحت قطعات اراضی (هکتار)، Manu: کوددهی دامی، Leg_r: توالی لگوم در تناوب، F_w: آیش زمستانه، CRsen: سناریوی نظام تناوب، Ps: پس‌چر مزارع، S_h: برداشت کاه و کلش، S_b: کلش سوزانی، C_d: ، Ssen: سناریوی مدیریت بقایای محصول، E: شاخص انرژی ماشین، Tindex: شاخص شخم، Td: جهت شخم، Tsen: سناریوی نظام خاک‌ورزی

جدول ۲- ضرایب همبستگی پیرسون بین درصد کربن آلی خاک و متغیر های پیش‌بینی کننده و سطوح معنی دار

متغیرهای فیزیکی			متغیرهای مدیریتی		
متغیر	ضریب همبستگی	سطح معنی‌دار	متغیر	ضریب همبستگی	سطح معنی‌دار
Elev.	۰/۲۶۶	۰/۰۱۶	Erosion	-۰/۱۰۱	۰/۲۸۳
S	۰/۱۰۴	۰/۲۷۳	O_h	-۰ /۱۵۷	۰/۰۹۸
TA	۰/۰۳۱	۰/۷۴۳	Manu.	۰/۴۱۱	۰/۰۰۰
TAS	-۰/۰۷۵	۰/۴۳۴	Leg_r	۰/۱۸۱	۰/۰۵۶
Curv.	-۰/۱۸۴	۰/۰۵۳	F_w	۰/۱۲۵	۰/۱۸۵
Calc.	-۰/۲۷۵	۰/۰۰۳	CRsen	-۰ /.۴۰۹	۰/۰۰۰
SP	۰/۱۷۲	۰/۰۷۰	Ps	۰/۲۴۹	۰/۰۰۸
Gravel	۰/۱۹۳	۰/۰۴۱	S_h	۰/۱۳۵	۰/۱۵۶
clay	۰/۰۶۵	۰/۴۹۴	S_b	۰/۴۷۱	۰/۰۰۰
silt	-۰/۱۳۷	۰/۱۵۱	C_d	۰/۰۵۳	۰/۵۷۷
sand	۰/۰۳۶	۰/۷۰۹	Ssen	- ۰ /۴۲۹	۰/۰۰۰
MAT	-۰/۲۰۲	۰/۰۳۳	E	- ۰ /۴۴۹	۰/۰۰۰
AR	۰/۲۱۷	۰/۰۲۱	Tindex	-۰ /۴۷۳	۰/۰۰۰
ETp	-۰/۱۷۱	۰/۰۷۱	Td	-۰ /۱۴۷	۰/۱۲۴
CT	-۰/۱۹۷	۰/۰۳۷	Tsen	۰/۴۲۴	۰/۰۰۲

Elev: ارتفاع، S: شیب، TA: جهت شیب تغییر یافته، TAS: حاصلضرب TA در سینوس زاویه شیب، .Curv: انحناء شیب، Calc: درصد آهک، SP: درصد اشباع، MAT: میانگین دمای سالانه هوا، AR: میانگین سالانه بارندگی، ETp: تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه، CT: نوع یا کلاس اقلیم، O_h: مساحت قطعات اراضی (هکتار)، Manu: کوددهی دامی، Leg_r: توالی لگوم در تناوب، F_w: آیش زمستانه، CRsen: سناریوی نظام تناوب، Ps: پس‌چر مزارع، S_h: برداشت کاه و کلش، S_b: کلش سوزانی، C_d: ، Ssen: سناریوی مدیریت بقایای محصول، E: شاخص انرژی ماشین، Tindex: شاخص شخم، Td: جهت شخم، Tsen: سناریوی نظام خاک‌ورزی

1 - Stepwise Canonical Discriminate Analysis

نتایج و بحث

مقادیر حداکثر، میانگین و حداکثر کربن آلی خاک معادل ۰/۳۷، ۱/۲۹ و ۳/۷۲ درصد بود. واریانس این متغیر نیز ۰/۲۹ بود. بررسی ضرایب همبستگی بین متغیرهای مختلف پیش‌بینی کننده و کربن آلی خاک در جدول (۲) نشان داده شده است. نتایج این بررسی نشان داد که همبستگی بین تغییرپذیری متغیرهای مدیریتی با کربن آلی خاک در این عرصه زراعی بیش از متغیرهای فیزیکی بوده است. وانگ و همکاران (۲۹) نیز نشان دادند که در کاربری زراعت، تاثیر عوامل مدیریتی و کاربری می‌تواند اثر تغییرات فیزیکی را بر کربن آلی خاک، تحت‌الشعاع خود قرار دهد. با این حال از میان متغیرهای فیزیکی، همبستگی بین کربن آلی خاک و درجه حرارت منفی و بارندگی مثبت بود و از میان متغیرهای خاک نیز درصد آهک با کربن آلی همبستگی منفی و معنی‌دار درسطح یک درصد نشان داد. این امر را می‌توان به اثر دما بر افزایش سرعت تجزیه مواد آلی خاک، اثر مثبت بارندگی بر افزایش تولید زیتوده و فعالیت میکروبی و نیز اثر آهک بر کاهش فعالیت میکروبی و در نتیجه کاهش مقدار مواد آلی خاک نسبت داد. این نتایج با نتایج وانگ و همکاران (۲۷) انطباق دارند. آنها نشان دادند که از میان متغیرهای فیزیکی متغیرهای اقلیمی و خاک بهترین پیش‌بینی کننده‌های کربن آلی خاک هستند. بالاترین ضریب همبستگی مربوط به متغیرهای مدیریتی کمی کننده سامانه خاک‌ورزی نظیر شاخص انرژی و شاخص T_{index} بود.

مقایسه نتایج حاصل از اعمال الگوی CDA با آزمون آماری ویلکس (ارائه شده در جدول ۳) نشان داد که توابع خطی حاصل از ترکیب‌های متفاوت از متغیرهای فیزیکی نتوانستند تغییرپذیری کربن را در داخل کلاس‌های از پیش تعیین‌شده پیش‌بینی کنند. بجز یک مدل که از ترکیب متغیرهای خاک به دست آمده بود، یعنی مدل P2، که آزمون F آن در سطح بالائی معنی دار بود که نتایج نشان داد اولین و دومین بردار ویژه این مدل با همبستگی متعارف ۴۴/ ۰ و ۰/۳۳ توانستند به ترتیب۷/ ۵۵ و۱/ ۲۹ تغییر پذیری بین کلاس‌ها را نشان دهند (جدول ۴).

بالاترین همبستگی متعارف را مدل‌های M4 و M5 نشان دادند که به ترتیب سه سناریوی مدیریتی و همه داده‌های مدیریتی را برای پیش‌بینی به الگوی تحلیلی وارد می‌کنند. مقادیر همبستگی متعارف در این دو مدل به ترتیب ۰/۶۱و ۰/۷۲برای اولین محور یا بردار تابع تشخیص می‌باشد که در هر دو مدل نیز این محور به تنهائی قادر بوده است به ترتیب با توجیه ۹۶ و ۷۳ درصد تغییرپذیری‌ها کلاس مناسب کربن نمونه‌ها را پیش‌بینی کند. لذا بایستی همواره ردپای عوامل مدیریتی را در تغییرپذیری کربن آلی خاک در کاربری زراعت دیم دنبال نمود. مایا و همکاران (۲۳) با استفاده از روشهای آماری کلاسیک نشان دادند که تاثیر عوامل مدیریتی نظام خاک‌ورزی می‌توانند ۵۰ درصد تغییرپذیری کربن آلی خاک را توجیه کند.

انجام تحلیل CDA به روش گام به گام در دو دسته متغیرهای فیزیکی و مدیریتی به طور جداگانه انجام شد. در روش گام به گام در هر دسته متغیر فیزیکی و مدیریتی، ترکیب سه متغیر پیش‌بینی کننده، دارای حداقل مجموع مربعات باقیمانده (RSS)[1] بود که نوع متغیرها در جدول (۱) نشان داده شده است. این کار در واقع تحلیل حساسیت مدل‌های P4 و M5 بود. نتایج این کار در مدل‌های P_{step} و M_{step} در جدول (۲) و توابع تفکیک اعتباری مربوطه در جدول (۵) نشان داده شده است. همان‌طور که از این جداول پیداست، برای تفکیک کلاس‌ها در دو مدل حاصل باید از محورهای اعتباری اول و دوم استفاده نمود. نتایج همچنین نشان داد که تمامی ترکیبات متغیرهای پیش‌بینی کننده مدیریتی قادر بودند به شکل معنی‌داری تغییرپذیری بین کلاسها را نشان داده و با دقت بالائی، مقادیر یا کلاس‌های کربن آلی را برای هر نمونه پیش‌بینی کنند. به گونه‌ای که نتایج آزمون F حاصل از آزمون ویلکس برای هر پنج مدل ترکیبی در سطح $\alpha <$ ۰/۰۰۰۱ معنی دار بود (جدول ۳). همچنین اولین تابع تشخیص در هر مدل قادر بود با دقت مناسبی فرایند تخصیص نمونه‌ها را به کلاس‌ها انجام دهد. استثناء در این مورد مدل M1 بود که باید دومین بردار خطی (CDF2) آن نیز برای پوشش کامل‌تر تغییرپذیری‌ها لحاظ می‌شد (جدول ۴). همبستگی متعارف اولین محور پیش‌بینی کننده توابع M2، M3، M4 و M5 به ترتیب بالاترین مقادیر را نشان دادند (جدول ۳).

نتایج بردارهای ویژه پس از چرخش عامل‌ها ارائه شده در جدول (۴) نشان داد که در مدل P2 تغییرپذیری بردار یا تابع خطی اول، بیشتر توسط درصد آهک و درصد شن توجیه می‌شود و اثر سنگریزه سطحی در عامل دوم بارزتر است. در مدل M1 نوع سناریو کشت و تناوب و نیز کوددهی دامی تغییرات بردار اول، که حدود ۶۰ درصد واریانس داده‌ها را نشان می‌دهد، را توجیه می‌نماید. در مدل M2 بیشتر تغییرپذیری‌ها به وسیله سناریوی مدیریت بقایا و کلش‌سوزانی توجیه می‌شود. در مدل مربوط به سامانه خاک‌ورزی(M4) به ترتیب شاخصهای T_{index}، E و نوع سناریوی خاک‌ورزی(T_{sen}) بیشترین تاثیر را در تغییرپذیری داده‌ها داشته‌اند و جهت شخم چندان معنی‌دار نبوده است. دلیل این امر آن است که نوع ادوات و تعدد خاک‌ورزی در عرصه‌ای که بیشتر سطح آن در شیب‌های متوسط و کم است بیشتر از جهت شخم می‌تواند بر خاک اثرگذار باشد. زمانی که همه متغیرهای مدیریتی به مدل وارد شدند باز بیشترین تغییرپذیریها را متغیرهای مربوط به سناریوی خاک‌ورزی یعنی T_{index}، E و T_{sen}

1 - Residual Sum of Square

توجیه می‌نمودند.

جدول ۳- متغیرهای پیش‌بینی کننده در هر مدل و مشخصات آماری توابع تفکیک اعتباری (CDF) آنها

مدل	Canonical correlation			Wilks' Lambda test			χ^2P-value(Bartlet test)			% variance		
	CDF1	CDF2	CDF3	Lambda	F	p-value	CDF1-3	CDF2-3	CDF3	CDF 1	CDF2	CDF 3
P1	۰/۳۶.	۰/۱۷۶	۰/۰۳۶	۰/۸۴۳	۱/۲۲۵	۰/۲۵۲	۰/۲۵۰	۰/۹۰۰	۰/۹۸۴	۸۱/۷	۱۷/۶	۰/۷
P2	۰ /۴۳۷	۰/۳۳۱	۰/۲۴۶	۰/۶۷۶	۲/۹۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۵	۰/۰۸۳	۵۵/۷	۲۹/۱	۱۵/۲
P3	۰ /۳۰۰	۰/۱۴۲	۰/۰۵۷	۰/۸۸۹	۱/۵۰۴	۰/۴۰۰	۰/۳۹۹	۰/۸۹۹	۰/۸۴۳	۸۰/۶	۱۶/۸	۲/۶
P4	۰ /۴۸۹	۰/۴۳۴	۰/۲۷۶	۰/۵۷۱	۱/۴۰۲	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۲۹۷	۰/۷۷۹	۵۰/۱	۳۶/۸	۱۳/۱
P_{step}	۰ /۴۰۳	۰/۳۱۵	۰/۱۷۹	۰/۷۳۰	۳/۹۵۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۶۲	۵۷/۶	۳۲/۷	۹/۸
M1	۰ /۴۸۲	۰/۳۷۷	۰/۲۰۸	۰/۶۳۰	۳/۴۸۴	۰ /۰۰۰۱>	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷	۰/۱۹۶	۵۹/۰	۳۲/۲	۸/۸
M2	۰ /۵۸۴	۰/۳۴۰	۰/۰۷۶	۰/۵۷۹	۴/۱۸۸	۰ /۰۰۰۱>	۰/۰۰۰	۰/۰۹۰	۰/۸۹۳	۷۹/۲	۱۹/۹	۰/۹
M3	۰ /۵۹۶	۰/۲۵۹	۰/۱۵۶	۰/۵۸۷	۴/۰۷۸	۰ /۰۰۰۱>	۰/۰۰۰	۰/۲۶۲	۰/۴۵۳	۸۵/۰	۱۱/۱	۳/۹
M4	۰ /۶۱۲	۰/۱۴۱	۰/۰۶۱	۰/۶۱۱	۶/۴۳۰	۰ /۰۰۰۱>	۰/۰۰۰	۰/۶۳۴	۰/۵۲۶	۹۶/۱	۳/۳	۰/۶
M5	۰ /۷۲۰	۰/۴۷۲	۰/۳۱۷	۰/۳۳۶	۲/۷۵۶	۰ /۰۰۰۱>	۰/۰۰۰	۰/۱۳۳	۰/۶۳۰	۷۲/۹	۱۹/۵	۷/۶
M_{Step}	۰ /۶۵۲	۰/۳۰۸	۰/۰۵۹	۰/۵۱۹	۸/۷۹۶	۰ /۰۰۰۱>	۰/۰۰۰	۰/۰۲۶	۰/۵۴۱	۸۷/۲	۱۲/۴	۰/۴

جدول ٤- امتیازات عاملی مربوط به متغیرها در مدل‌های پیش‌بینی

P2			M1			M2			M3			M4	
متغیر	CDF1	CDF2	متغیر	CDF1	CDF2	متغیر	CDF1		متغیر	CDF1		متغیر	CDF1
Calc	−۰/۶۵۶	۰/۲۹۵	CRsen	−۰/۸۳۱	۰ /۲۶۱	Ssen	۰/۸۰۸		Tsen	−۰/۷۷۱		CRsen	۰/۶۵۹
SP	−۰/۵۰۵	۰/۳۴۸	O_h	−۰/۳۲۹	۰ /۲۴۳	(Ps,	−۰/۵۴۳		E	۰/۹۰۱		Ssen	۰/۷۷۰
Gravel	۰ /۳۱۱	−۰/۷۴۶	Manu	۰/۸۲۸	۰ /۴۴۰	S_h	−۰/۳۰۳		T_{index}	۰/۹۰۸		Tsen	−۰/۷۵۴
clay	۰ /۴۷۳	۰/۱۰۳	Leg_r	۰/۳۹۹	−۰/۶۲۲	S_b	−۰/۸۰۲		T_d	۰/۲۲۵			
sand	−۰ /۶۳۷	−۰/۵۶۳	F_w	۰/۲۰۸	−۰/۵۷۰	C_d	−۰/۰۷۶		Erosion	۰/۲۴۷			

M5(CDF1)

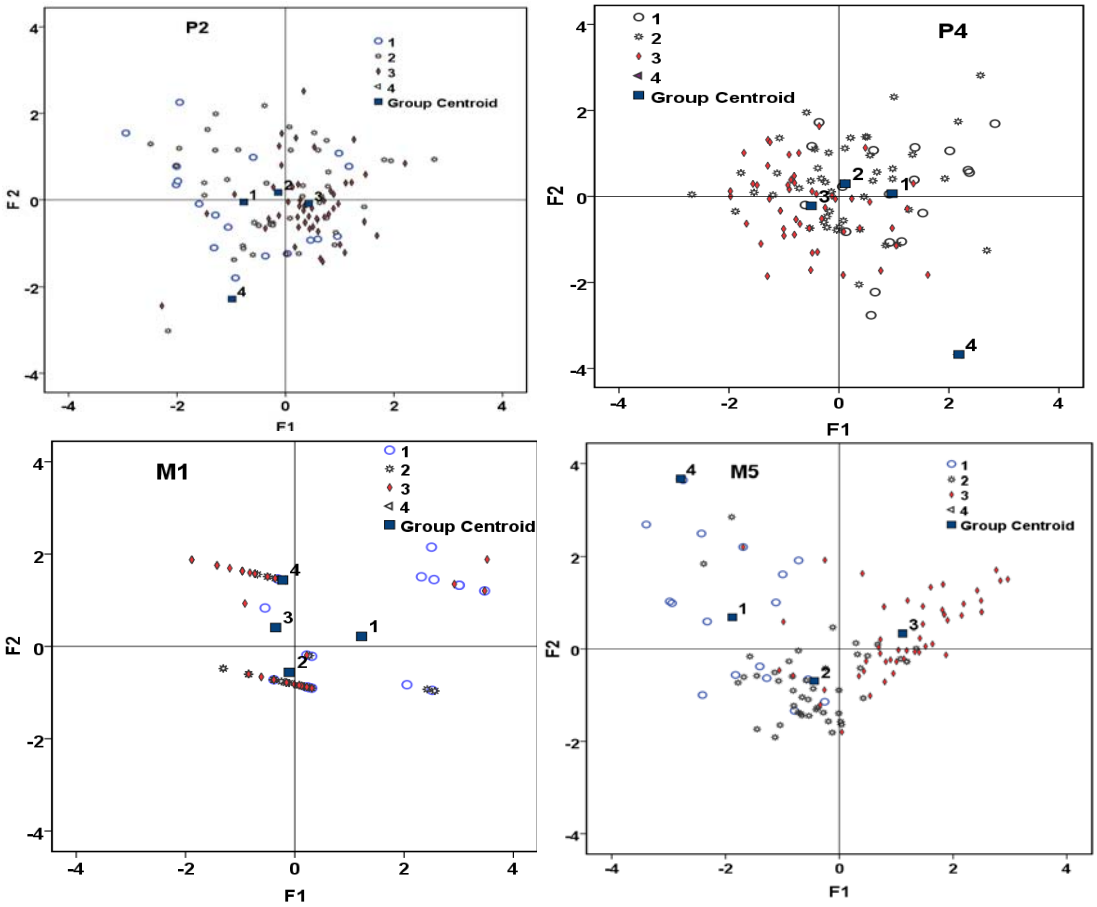
CRsen	O_h	Leg_r	Manu	F_w	Ssen	Ps	S_h	S_b	C_d	Tsen	E	T_{index}	T_d	Erosion
۰/۵۵۹	۰/۲۵۹	−۰/۵۰۱	−۰/۳۰۳	−۰/۱۸۶	۰/۶۵۳	−۰/۴۳۱	−۰/۲۳۹	−۰/۶۶۴	−۰/۰۶۰	−۰/۶۲۷	۰/۷۳۹	۰/۷۵۱	۰/۲۰۳	۰/۱۹۷

Elev: ارتفاع، S: شیب، TA: جهت شیب تغییر یافته، TAS: حاصلضرب TA در سینوس زاویه شیب، .Curv: انحناء شیب، Calc: درصد آهک، SP: درصد اشباع، MAT: میانگین دمای سالانه هوا، AR: میانگین سالانه بارندگی، ETp: تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه، CT: نوع یا کلاس اقلیم، O_h: مساحت قطعات اراضی (هکتار)، Manu: کوددهی دامی، Leg_r: توالی لگوم در تناوب، F_w: آیش زمستانه، CRsen: سناریوی نظام تناوب، Ps: پس‌چر مزارع، S_h: برداشت کاه و کلش، S_b: کلش سوزانی، C_d ، Ssen: سناریوی مدیریت بقایای محصول، E: شاخص انرژی ماشین، Tindex: شاخص شخم، Td: جهت شخم، Tsen: سناریوی نظام خاک‌ورزی

جدول (۵) مدل‌های خطی به دست آمده یا CDFها را برای هر مدل نشان می‌دهد این جدول برای مدل‌هائی ارائه گردیده که همبستگی متعارف آنها با کلاس‌های کربن آلی خاک در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است (جدول ۳). ضرایب هر متغیر نشان دهنده وزن آن متغیر در خروجی مدل و در نهایت در پیش‌بینی کلاس و مقدار کربن می‌باشد. در مدل M1 وزن مربوط به متغیر O_h که معرفی از اندازه قطعات اراضی است، منفی شده است. مقدار ضریب همبستگی در جدول (۲) مربوط به این متغیر نیز منفی و معنی‌دار گردیده است. این امر نشانگر آن است که طرح‌های یکپارچه‌سازی اراضی که باعث افزایش اندازه قطعات اراضی در برخی نقاط حوزه گردیده است، باعث تخریب بیشتر کربن آلی خاک شده است. بررسی‌های نگارنده نشان داد، این عملیات مدیریتی باعث تعدد عملیات خاک‌ورزی و استفاده از ادوات سنگین‌تر به دلیل ایجاد مانورپذیری بهتر در سطح مزرعه به دلیل یکپارچه‌سازی شده است که متعاقب آن تخریب خاک و شکستن خاکدانه‌ها و تخریب بیشتر کربن آلی خاک را در پی داشته است.

در شکل (۲)، نمودارهای پخشی پراکندگی امتیازات یا مقادیر توابع تفکیک هر یک از نمونه‌ها برای دو تابع تفکیک اول و دوم آنها ترسیم شده است. فاصله معنی‌دار بین محدوده و مراکز کلاس‌ها از یکدیگر بیانگر وضعیت مطلوب الگوریتم به کار رفته و ترکیب متغیر ورودی مربوطه در پیش بینی سطوح کربن آلی خاک است.

فاصله قابل توجه بین مراکز گروه‌ها، در نمودارهائی که مقـادیر CDF توسط متغیرهای مدیریتی پیش‌بینی شده است (M1 و M5)، نـشانگر پتانسیل این متغیرها در پیش‌بینی مناسب کلاس‌ها یا تعلق نمونه‌ها به گروه‌ها می‌باشد. در مجموع، نقش تـابع تفکیـک اعتبـاری دوم در تـشخیص سـطوح کیفـی کـربن آلـی خـاک در حـالتی کـه از متغیرهای مدیریتی برای پیش‌بینی استفاده می‌شود، ارتقاء یافتـه است. ترکیب قرارگیری در محـل مراکـز کـلاس‌هـا، در گـراف مربوط به مدل‌های P2 وM1 نشانگر آن است که استفاده از هر دو تابع تفکیک اعتباری در ردیابی کلاس‌هـای کـربن ضـروری است.



شکل ۲- نمودارهای پخشی توابع اعتباری خطی اول و دوم و موقعیت مراکز گروهها در مدلهای P2، P4، M1 و M5

جدول۵- مدل‌های خطی توابع اعتباری معنی دار

مدل	توابع اعتباری
P2	CDF1= -5.449-0.194+7.863SP+0.029Gravel+0.017clay-0.094sand CDF2= 3.339-0.008Calc+2.174SP-0.040Gravel-0.096clay-0.136sand
P_{step}	CDF1=-2.857+0.066Calc-0.028Gravel+0.096Sand CDF2=-1.121-0.013Calc+0.051Gravel+0.080Sand
M1	CDF1=3.668-0.579CRsen-0.444O_h+1.091Manu+0.029Leg_r-0.720F_w CDF2=-31.398+4.655CRsen-0.066O_h+16.773Manu+7.276Leg_r4.677F_w
M2	CDF1=-12.694+1.592Ssen+3.506P_s+3.784S_h+1.062S_b—0.05C_d
M3	CDF1=-4.123-0.041Tsen+0.002E+1.312Tindex+0.729Td+0.391Erosion
M4	CDF1=-2.472-0.37Tsen+0.38CRsen+0.26Ssen
M5	CDF1=-6.955+0.169 O_h -0.379Manu.+1.863 Leg_r-0.989 F_w +0.473CRsen-0.507 P_s+0.846 S_h-0.891 S_b-0.052C_d+ 0.143Ssen+ 0.277Erosion+ 0.001E+ 1.041T_{index}+ 0.696Td+ 0.113Tsen
M_{step}	CDF1= 2.251-3.955Tindex+0.846Fw+1.844Manu. CDF2=-0.084+1.256Tindex-1.637Fw+2.03Manu.

Calc: درصد آهک، SP: درصد اشباع، O_h: مساحت قطعات اراضی (هکتار)، Manu: کوددهی دامی، Leg_r: توالی لگوم در تناوب، F_w: آیش زمستانه، CRsen: سناریوی نظام تناوب، Ps: پس‌چر مزارع، S_h: برداشت کاه و کلش، S_b: کلش سوزانی، C_d: ، Ssen: سناریوی مدیریت بقایای محصول، E: شاخص انرژی ماشین، Tindex: شاخص شخم، Td: جهت شخم، Tsen: سناریوی نظام خاک‌ورزی

جدول (۵) جدول اغتشاش[1] نامیده می‌شود و در واقع کارائی و توانائی روش خطی پارامتریک CDA را در پیش‌بینی کلاس‌ها نشان می‌دهد. مقادیر این جدول نشان می‌دهد که مدل‌هائی که همبستگی کانونی توابع آنها معنی‌دار بود و شامل مدل‌های P2، P_{step} M1، M2، M3، M4، M5 و M_{step} بودند، توانسته‌اند به ترتیب با دقت۵/ ۸۲، ۳/ ۸۴، ۷۱، ۸۵، ۸۴، ۵/ ۷۸، ۷۸ و ۷۶/۵ درصد، بیشترین دقت تخمین را به ترتیب برای کلاس دو، دو، یک، یک، دو، دو، چهار و دو کربن آلی خاک نشان دهند. بیشتر این مدل‌ها برای پیش‌بینی کلاس کربن آلی متوسط به بالا دقت کمتری نشان دادند. در میان مدل‌ها، مدل‌های حاوی کلیه متغیرهای پیش‌بینی کننده مدیریتی بیشترین توان را در تشخیص تعلق نمونه ها به کلاس چهار یا کلاس کیفی زیاد کربن آلی نشان دادند. این مدل توانست سطح مطلوبی از اختصاص نمونه ها به کلیه کلاس‌ها را پیش‌بینی کند. این نتایج با یافته‌های اسپنسر و همکاران (۲۳) متفاوت بود. آنها علیرغم استفاده از روشهای غیر خطی شبکه های عصبی مصنوعی (ANN)[2] و درختان تصمیم (DT)[3] توانستند بین ۵۰ تا ۷۰ درصد کلاس نمونه‌های کربن آلی خاک را با استفاده از متغیرهای فیزیکی درست تشخیص دهند. دلیل این تفاوت معنی دار با یافته های این تحقیق استفاده از متغییرهای مدیریتی بویژه متغییرهای مربوط به نظام خاکورزی برای پیش‌بینی کلاس کیفی کربن آلی خاک در این تحقیق می‌باشد.

انجام CDA به روش گام به گام و با استفاده از متغیرهای مدیریتی نتوانست سطح خیلی کم یا کلاس یک کربن را در میان نمونه ها شناسائی کند ولی توانائی تشخیصی سطوح دو و چهار کربن را به خوبی دارا بود همچنین اجرایCDA با روش گام به گام و با متغیر های Calc شن و سنگریزه بالاترین تشخیص را در اختصاص نمونه ها به کلاس دو نشان داد. با این حال توانائی این دو مدل با توجه به نیاز کمتر آنها به متغیرها و داده‌های پیش‌بینی کننده در یک منطقه نیمه خشک قابل قبول بود.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از روش خطی و پارامتری تحلیل تفکیک اعتباری، برای پیش‌بینی رفتار کربن آلی خاک در مناطق نیمه خشک و با استفاده از هر تعداد داده یا متغیرهای پیش‌بینی کننده، می‌تواند کارائی مطلوبی داشته باشد. همچنین نتایج نشان داد که در این منطقه نیمه‌خشک و در اراضی زراعی دیم، تغییرات و رفتار کربن آلی خاک بیشتر متاثر از تغییرپذیری عوامل مدیریتی است و عوامل فیزیکی نظیر متغیرهای خاک، شرایط اقلیمی و هندسه زمین در درجات بعدی اهمیت قرار دارند. عوامل مدیریتی توانائی زیادی در توجیه تغییرپذیری کربن آلی خاک در مقیاس حوزه، در این منطقه نیمه خشک دارند. تاثیرات عوامل مدیریتی توانسته است اثر فاکتورهای شناخته شده فیزیکی نظیر نوع اقلیم و توپوگرافی را تحت‌الشعاع خود قرار دهد. در میان این عوامل نقش مدیریت شخم و خاک‌ورزی در کاربری دیم بارزتر می‌باشد و نقش نظام تناوبی و مدیریت بقایا در درجات بعدی اهمیت قرار دارند. استفاده از سامانه سنتی آیش زمستانه، که یک روش کاملا سنتی و قدیمی است و در این منطقه نیمه خشک از قدیم الایام در برخی قسمتهای حوزه استفاده می‌شود بسیار در بهبود وضعیت کربن آلی خاک نقش داشته که باید در تحقیق جداگانه‌ای مورد ارزیابی و تحقیق قرار گیرد. مقایسه روش‌های متفاوت تحلیل تفکیک اعتباری با دیگر روشهائی که کار کلاسه‌بندی و پیش‌بینی را توام انجام می‌دهند، نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی و غیره، می‌تواند زمینه تحقیق دیگری باشد. این امر بویژه با تاکید بر اثرات فاکتورهای مدیریتی بر رفتار کربن آلی خاک بایستی انجام پذیرد.

1- Confusion table
2- Artificial Neural Network
3- Decision Tree

جدول ۵- جدول اغتشاش تعداد نمونه های پیش‌بینی شده در مقابل تعداد نمونه‌های اولیه هر کلاس و دقت پیش‌بینی هر مدل بر حسب درصد برای هر کلاس

کلاس SOC		پیش‌بینی شده توسط P2					پیش‌بینی شده‌توسط P_{step}					پیش‌بینی شده توسط M1					پیش‌بینی شده توسط M2				
		۱	۲	۳	۴	درصد	۱	۲	۳	۴	درصد	۱	۲	۳	۴	درصد	۱	۲	۳	۴	درصد
اولیه	۱	۵	۲	۰	۰	۷۱	۲	۴	۱	۰	۲۸/۶	۵	۰	۲	۰	۷۱	۶	۰	۱	۰	۸۵
	۲	۲	۴۲	۴	۳	۸۲/۵	۱	۴۳	۶	۱	۸۴/۳	۰	۳۶	۱۲	۳	۷۰	۰	۳۴	۱۵	۲	۶۷
	۳	۰	۲۰	۱۳	۳	۳۶	۰	۲۴	۱۲	۰	۳۳/۳	۰	۱۲	۲۱	۳	۵۸	۰	۱۲	۲۳	۱	۶۴
	۴	۳	۴	۱	۱۰	۵۶	۰	۱۱	۶	۱	۵۰/۶	۲	۰	۸	۸	۴۴	۱	۰	۷	۱۰	۵۶

کلاس SOC		پیش‌بینی شده توسط M3					پیش‌بینی شده توسط M4					پیش‌بینی شده توسطM5					پیش‌بینی شده توسط M_{step}				
		۱	۲	۳	۴	درصد	۱	۲	۳	۴	درصد	۱	۲	۳	۴	درصد	۱	۲	۳	۴	درصد
اولیه	۱	۵	۱	۱	۰	۷۱	۴	۳	۰	۰	۵۷	۵	۲	۰	۰	۷۱	۰	۷	۰	۰	۰
	۲	۰	۴۳	۸	۰	۸۴	۰	۴۰	۹	۲	۷۸/۵	۱	۳۶	۱۲	۲	۷۰	۰	۳۹	۹	۳	۷۶/۵
	۳	۰	۱۸	۱۴	۴	۳۹	۰	۲۰	۱۳	۳	۳۶	۰	۱۰	۲۴	۲	۶۷	۰	۱۶	۱۹	۱	۵۲/۸
	۴	۱	۱	۵	۱۱	۶۱	۱	۳	۲	۱۲	۶۷	۰	۱	۴	۱۴	۷۸	۰	۳	۴	۱۱	۶۱/۶

منابع

۱- جنیدی جعفری ح. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر عوامل بوم شناختی و مدیریتی بر میزان ترسیب کربن در رویشگاههای گونه درمنه دشتی، مطالعه موردی: مراتع استان سمنان. رساله برای اخذ درجه دکتری مرتعداری دانشگاه تهران.

۲- طالقانی ع.، زاهدی ق.، عابدی ا. و ثاقب طالبی خ. ۱۳۸۶. برآورد میزان ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت مدیریت (مطالعه موردی جنگل گلبند در شمال کشور). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۱۵:۲۴۱-۲۵۳.

۳- جانسون ر.ا. و ویچرن د.و. (ترجمه). ۱۳۷۹. تحلیل آماری چند متغیره کاربردی. مشهد- دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۶۴: ۵۹۳-۶۵۰.

۴- محمدی ج. ۱۳۸۵. پدومتری، جلد اول: آمار کلاسیک(تک متغیره و چند متغیره). انتشارات پلک، تهران. ۴۲۱-۴۴۰.

۵- ماردیا ک.، کنت ج. و بی‌بی ج. (ترجمه) ۱۳۷۶. تحلیل چند متغیره. مرکز نشر دانشگاهی، تهران. ۸۵۸: ۳۴۲-۳۶۸.

6- Abdi H. 2007. Discriminant correspondence analysis. In: Encyclopedia of Measurement and Statistics. Thousand Oaks (CA), p. 270-275.

7- APERI. 2004. Mahidasht-Sanjabi plain study:(phase 1) volume 2, 3, 4 and 5:climate, topography, soil and soil study. TAM consulting engineers, Ministry of Agriculture, Iran.

8- Beers T.W., Dress P.E., and Wensel L.C. 1966. Aspect transformation in site productivity research. Journal of Forestry, 64:691–692.

9- Burrough P.A., and McDonell R.A. 1998. *Principles* of Geographical Information Systems Oxford University Press, New York, p. 190-210.

10- Dillon W.R., and Goldstein M. 1984. Multivariate analysis-methods and applications. John Wiley and Sons, New York, p. 180-220.

11- Ferraro D.O., and Ghersa C.M. 2007. Quantifying the crop management influence on arable soil condition in the Inland Pampa (Argentina). Geoderma, 141:43–52.

12- Fisher L., and Van Ness J.W. 1973. Admissible discriminate analysis. Journal of the American Statistical Association, 68: 603-607.

13- George C.J. 2009. Discriminate analysis, a powerful classification technique in data mining. SUGI 27. Reno NV 89557. Paper 247-27.http://www.ag.unr.edu/gf. Discriminant_analysis.pdf.

14- IPCC. 2000. Land-use, land-use change, and forestry. In: Watson R.T., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath N.H., Verardo D.J., Dokken D.J. (Eds.), A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press,Cambridge, UK, p. 220-260.

15- Johnson R.A., and Wichern D.W.2002. Applied multivariate statistical analysis. Upper Saddle River (NJ): Prentice-Hall.

16- Lal R. 2002. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. Environment PollutIon, 116:353–362.
17- Liberati C., Andrew Howe J., and Bozdogan H. 2009. Data adaptive simultaneous parameter and kernel selection in kernel discriminate analysis using information complexity. Journal of Pattern Recognition Research, 4(1):66-88.
18- Martinez A.M., and Kak A.C. 2001. PCA versus LDA". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 23 (2): 228–233. http://www.ece.osu.edu/~aleix/pami01f.pdf.
19- McLachlan G.J. 2004. Discriminate Analysis and Statistical Pattern Recognition. Wiley Interprise, USA, p. 44-155.
20- Mika S. 1999. "Fisher Discriminant Analysis with Kernels". IEEE Conference on Neural Networks for Signal Processing IX, p. 41–48.
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.35.9904.pdf
21- Maia S.M.F., Ogle S.M., Carlos C.C., and Carlos E.P.C. 2010. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazi. Soil & Tillage Research, 106:177–184.
22- Rees R.M., Ball B.C., Campbell C.D., and Watson C.A. 2000. Sustainable management of soil organic matter. CABI Publishing. ISBN 0 85199 465 2.
23- Spencer M.J., Whitfort T., and Mc Cullagh J. 2006. Dynamic ensemble approach for estimating organic carbon using computational intelligence. Proceedings of the 2nd IASTED international conference on Advances in computer science and technology. Puerto Vallarta, Mexico.
24- Tan Z., and Lal R. 2005. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. Agriculture, Ecosystems and Environment, 126:113-121.
25- Wang Y., Zhang X.C., Zhang J.L., and Li S.J. 2009. Spatial variability of soil organic carbon in a watershed on the loess plateau. Pedosphere, 19(4): 486–495.
26- Wang Z.M., Zhang B., Song K.S., Liu D.W., Li F., Guo Z.X., and Zhang S.M. 2008. Soil organic carbon under different landscape attributesin croplands of Northeast China. Plant Soil and Environment, 54(10): 420–427.

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 4, Sep-Oct 2010, p. 745-756

نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۴، مهر - آبان ۱۳۸۹، ص. ۷۵۶-۷۴۵

Soil Organic Carbon Variability Prediction and Determination of Physical and Management Variables Impacts in a Semi-arid Rainfed Watershed Using Multivariate Canonical Discriminate Analysis (CDA) Techniques

Y. Parvizi[1]* - M. Gorji[2] – M. H. Mahdian[3] – M. Omid[4]

Abstract

Protection of soil organic carbon (SOC), as most important soil quality indicator, is the main factor in sustainable agriculture and soil ecosystem conservation. SOC distribution is mainly affected by soil management status. This research was conducted to investigate the effects of physical and management variables on SOC variations and to quantify the relative importance of these variables on SOC distribution in a rainfed watershed by use of canonical discriminate analysis (CDA) and stepwise discriminate analysis techniques. SOC quantities in soil sampling points were classified in four quality categories as: poor, low, medium and high. Then the effects of 30 physical and management variables on prediction of SOC classes were evaluated. Results indicated that among predicting models with physical exploratory variables, model with soil characteristics as independent variables including TNV, SP, gravel, clay and sand was able to reasonably predict optimum SOC class. But all models with management exploratory variable were able to predict optimum SOC class by use of first linear combination of canonical functions at $\alpha<0.0001$. Model M5 showed highest canonical correlation with the first linear combination. All the variable combinations in significant models were able to predict poor and low SOC classes, precisely. Only M5 model had highest ability to distinguish high class of SOC. Among management variables, tillage system scenario and its components had highest impacts on SOC variability in this rainfed watershed. Stepwise discriminate analysis was able to distinguish the effects of winter fallow system on SOC status improvement.

Keywords: Soil organic carbon, Canonical discriminate analysis, Stepwise discriminate analysis, Classification

1,2 - Ph.D. Student and Assistant Professor, Department of Soil Science Engineering, University of Tehran
(* - Corresponding Author Email:yparvizi@ut.ac.ir)
3- Associate Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran
4- Associate Professor, Department of Agricultural Machinery, University of Tehran