

مقایسه روش‌های رگرسیون لجستیک پروبیت و تحلیل ممیزی جهت شناسایی نواحی مساعد محیطی برای توسعه کشت گردو (مطالعه موردی شهرستان بافت)

حامد ادب^{۱*}، آزاده عتباتی^۲، محمد آرمین^۳، حسن ذبیحی^۴، نیلوفر دهقانی^۵

۱. استادیار، گروه آب و هواشناسی و ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری

۲. استادیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه حکیم سبزواری

۳. دانشیار، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار

۴. دانشجوی دکتری، سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تکنولوژی مالزی، اسکودای

۵. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشگاه حکیم سبزواری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۱۰ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۶/۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۸/۶)

چکیده

این پژوهش با هدف شناسایی مناطق مشابه با باغ‌های موجود گردو از نظر عوامل شکل فیزیکی سطح زمین و اقلیمی به منظور تعیین نواحی مناسب و توسعه درختکاری گردو با استفاده از دو روش رگرسیون لجستیک و تحلیل ممیزی انجام شد. بدین منظور با توجه به شرایط محیطی مؤثر بر درختان گردو، داده‌های میانگین دمای سالانه، بارش سالانه، بارش در خشک‌ترین ماه، بارش در مرطوب‌ترین ماه، ارتفاع، شیب و جهت شیب توپوگرافی استفاده گردید. نتایج داده‌های اعتبار سنجی نشان داد که روش تحلیل ممیزی با ۸۶ درصد از دقت بیشتری نسبت به رگرسیون لجستیک پروبیت با ۷۵ درصد جهت توضیح درست مناطق مساعد جهت گسترش درختکاری گردو برخوردار است. مقدار شاخص لامبدای در روش تحلیل ممیزی نشان داد که بارش در خشک‌ترین ماه با ۰/۹۹ بیشترین تأثیر را بر تابع تشخیص نواحی مساعد داشته‌اند. نواحی مناسب جهت توسعه کاشت درخت گردو در مناطق مرکزی، شمالی و شمال غربی شهرستان بافت است.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی رویشگاه بالقوه، سامانه اطلاعات جغرافیایی، رگرسیون لجستیک پروبیت، تحلیل ممیزی، گردو

مقدمه

افزایش تقاضای جهانی برای مواد غذایی و محصولات زراعی و باغی به دلیل ادامه رشد جمعیت و مصرف برای حداقل ۴۰ سال دیگر ادامه خواهد داشت (Godfray et al., 2010). به همین دلیل جهت تأمین امنیت غذایی برای جمعیت در حال افزایش، همواره نیاز رو به رشدی در بخش کشاورزی در تمام کشورهای جهان، جهت برنامه‌ریزی در سطح خرد وجود دارد (Hanjra & Qureshi, 2010). اما از طرف دیگر در دهه‌های اخیر، تبدیل و کاهش زمین‌های مولد کشاورزی به کاربری‌های شهری به‌ویژه در کشورهای جهان سوم و تأثیر سایر عوامل مانند بیابان‌زایی، شورش‌دگی اراضی مستعد کشت، فرسایش خاک و دیگر عواقب ناشی از مدیریت ناپایدار زمین بر شدت کاهش میزان زمین‌های مولد کشاورزی افزوده است (Miheretu & Yimer, 2018, Theobald, 2001, Sangawongse et al., 2011). کشت محصولات زراعی و باغی، حتی در مناطقی که آب‌وهوای

مشابهی را تجربه می‌کنند نیز از تنوع جغرافیایی گسترده‌ای برخوردار است که عواملی مانند بذر، آب، مواد مغذی، مدیریت آفات، خاک، تنوع زیستی و دانش کشاورزان می‌تواند باعث تنوع بیشتر آن گردد (Godfray et al., 2010). استفاده پایدار از طبیعت و پیروی از روابط بین موجودات زنده، از اصول مهم کشاورزی ارگانیک می‌باشد، به طوری که ابزارهای تولید به کود، سم و سوخت فسیلی محدود نیست. چنانچه منطقه‌ای برای تولید میوه ارگانیک مناسب نباشد بهتر است از همان اول در برنامه‌ریزی تولید ارگانیک قرار نگیرند (Rezaee, & Hesari, 2016). کشاورزی ارگانیک سامانه‌ای یکپارچه، نظام‌یافته و انسانی است که تضادی با منافع زیست‌محیطی و اقتصادی ندارد (Pugliese, 2001). طبق تعریف سازمان بین‌المللی کدکس آلیمانتاریوس، کشاورزی ارگانیک نظامی جامع‌نگر در مدیریت تولید است که سلامت کشت بوم کشاورزی شامل تنوع زیستی، چرخه‌های بیولوژیکی و فعل‌وانفعالات بیولوژیکی خاک را تقویت می‌کند و موجب ارتقای آن می‌شود. از این‌رو در هر منطقه نظام کشاورزی، متناسب و سازگار با شرایط محلی آن

* نویسنده مسئول : h.adab@hsu.ac.ir

منطقه باید توسعه یابد (Nadali, Iran Pour, & Nadali, 2010). در کشاورزی ارگانیک مکان باغ، نوع خاک، بافت و عمق خاک، دسترسی به آب شیرین و کافی، تهویه و زهکشی خاک، دمای هوا، رطوبت نسبی، تنوع زیستی و عدم استفاده از مواد شیمیایی از اهمیت خاصی برخوردار است (Kuepper G, 2004). در میان عوامل مؤثر در مکان‌یابی باغ‌های، دسترسی به بازار، توپوگرافی، دسترسی به منبع آب شیرین بخصوص آب رودخانه، میانگین دما و بارندگی سال و ارتفاع از سطح دریا، شیب زمین از عوامل مهم و تعیین‌کننده محسوب می‌گردد (Rasoul (Zadegan, 1991). مکان‌یابی مناطق مستعد به روش‌های کلاسیک مخصوصاً در مواقعی که با لایه‌های مختلفی از عوامل محدودکننده محیطی دخالت دارند، بسیار دشوار است (Ahmadi Sani, Balighi, Javanmard, & Sohrabi, 2014). پیش‌بینی مکانی پوشش گیاهی عبارت است از پیش‌بینی توزیع جغرافیایی یک گونه گیاهی در یک چشم‌انداز که با توجه به متغیرهای مکانی محیطی میسر می‌باشد (Franklin, 1995). فن‌های مدل‌سازی پیش‌بینی به دو گروه مدل‌های ایستا (استاتیک) و پویا (دینامیکی) تقسیم‌بندی می‌شوند. مدل‌های ایستا شامل پیش‌بینی‌های مستقل از زمان است درحالی‌که مدل‌های پویا شامل پاسخ‌های دینامیکی یک پدیده در زمان‌ها مختلف به تغییرات محیطی است. هر دو مدل به‌نوبه خود به دو گروه روش‌های همبستگی و روش‌های مکانیسمی تقسیم می‌شوند (Robertson., et al. 2003). مدل‌های همبستگی به ارتباط قوی و اغلب غیرمستقیم بین توزیع پدیده با متغیرهای پیش‌بینی کننده محیطی متکی هستند تا بتوان مناطق با پتانسیل حضور پدیده (مقادیر مناسب یا احتمال) را پیش‌بینی کرد. اما مدل‌های مکانیزم تلاشی برای شبیه‌سازی فرآیندهای فیزیولوژیکی گونه‌های است که با استفاده از دانش دقیق زیست‌شناسی گونه‌های هدف به متغیرهای محیطی قابل انجام است. چنین مدل‌هایی نیز به‌عنوان مدل‌های اکوفیزیولوژی (ecophysiological models) و مدل‌های متمرکز بر روند (process orientated models) نیز اشاره می‌شود. مدل‌های همبستگی به دودسته‌ی مدل‌های متمایزکننده گروهی (group discrimination techniques) و مدل‌های پروفیل (profile techniques) تقسیم می‌شوند. مدل‌های متمایزکننده گروهی نیازمند داده‌های حضور و عدم حضور گونه هدف هستند و بر مبنای همبستگی و ارتباط با متغیرهای محیطی تولید می‌شوند و به دو گروه مدل‌های جهانی (پارامتریک) و مدل‌های محلی (غیر پارامتریک) طبقه‌بندی می‌شوند. از جمله مدل‌های جهانی می‌توان به مدل‌های خطی عمومی و

رگرسیون لجستیک چندگانه و از مدل‌های محلی می‌توان به مدل‌های تجمعی تعمیم‌یافته، مدل طبقه‌بندی و رگرسیون درختی اشاره نمود. در مقابل مدل‌های پروفیل مانند BIOMAPPER, MAXENT و BIOCLIM بر اساس داده‌های فقط حضور گونه تولید می‌شوند (Robertson., et al. 2003). مدل‌سازی مکانی در سامانه اطلاعات جغرافیایی از مهم‌ترین راهکارهایی است که می‌تواند با ترکیب روش‌های آماری و داده‌های مکانی، زمینه را برای سنجش عوامل محیطی و تناسب اراضی برای کشت یک محصول خاص فراهم آورد. گردو از جمله محصولات باغی است که مصرف بالای داخلی و موقعیت قابل‌توجهی در بازارهای جهانی دارد، به‌گونه‌ای که بیشتر کشورها برای کاشت و اصلاح نژاد این محصول برنامه‌ریزی جدی به عمل می‌آورند (Falahati, Alijani, Ghohrodi Tali, & Barati, 2012). میزان تولید گردو در جهان در سال ۲۰۱۲ برابر ۳/۴ میلیون تن بوده که از ۹۹ هزار هکتار سطح زیر کشت بارور حاصل گردیده است. ایران با تولید ۲۲۳ هزار تن محصول گردو، جایگاه سوم جهانی را پس از کشورهای چین و آمریکا دارد. از نظر سطح باروری این محصول، به میزان ۱۰۰ هزار هکتار است که از این نظر، ایران جایگاه چهارم جهانی را به خود اختصاص داده است. اصولاً مناطق گردو کاری در دنیا در عرض ۳۰-۵۵ درجه شمالی واقع گردیده‌اند که ایران در عرض جغرافیایی ۴۰ - ۲۵ درجه شمالی واقع شده است. به عبارتی به‌غیر از استان‌های جنوبی کشور (حاشیه خلیج فارس و دریای عمان) سایر مناطق کشور در صورت فراهم شدن سایر متغیرهای اقلیمی می‌توانند به کشت گردو اختصاص یابند (Anonymous, 2015). بر اساس آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۴، استان کرمان با ۱۳۶۰۰ هکتار مقام دوم سطح زیر کشت درختان گردو را در ایران داشته است (Khaleghizadeh, Naseri, & Sehhatiasabet, 2014). شهرستان بافت در جنوب غربی استان کرمان واقع شده است. اقتصاد غالب شهرستان در درجه اول بر کشاورزی استوار است. کاشت درخت گردو در این شهرستان به دلیل دارا بودن قابلیت‌های محیطی مساعد نظیر خاک مناسب و شرایط آب‌وهوای مطلوب، و منابع آب کافی امکان‌پذیر است. با توجه به پتانسیل این منطقه از نظر آب‌وهوا، به دلیل ارتفاع بالای این منطقه از سطح دریا محصول گردو این شهرستان از کیفیت بالایی برخوردار است. کیفیت بالای گردو و سازگاری آن با شرایط منطقه باعث رونق کاشت درخت محصول گردو و توجه گسترده بهره‌برداران به آن شده است. این شهرستان رتبه اول سطح کشت و رتبه دوم تولید این محصول را در کشور بعد از توپسکان را دارد (Mehr News Agency, 2016)

توسط وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور باغبانی، دفتر امور میوه‌های سردسیری و خشک و مطالعات انجام شده در مورد موضوع مورد پژوهش در این مطالعه (Anonymus, 2015; Putinică, 2012) ۷ عامل محیطی شامل متغیرهای فیزیوگرافیک (ارتفاع، شیب و جهت شیب توپوگرافی مستخرج از داده‌های Global DEM V2 ASTER) و متغیرهای اقلیمی (میانگین دمای سالانه، بارش سالانه، بارش در خشک‌ترین ماه، بارش در مرطوب‌ترین ماه مستخرج از بانک داده‌های WorldClim Version 2) انتخاب گردید. باغ‌های گردو از نقشه کاربری اراضی استخراج گردید. در تحلیل رگرسیون لجستیک باید بین متغیرهای مستقل هم خطی (هم‌بستگی) زیادی وجود نداشته باشد. برای بررسی میزان هم خطی متغیرهای مستقل از عامل تورم واریانس و شاخص تحمل استفاده می‌شود. هرچه این دو آماره به یک نزدیک باشند، نشان‌دهنده این است که بین متغیرهای مستقل هم خطی وجود ندارد و این متغیرها برای انجام تحلیل رگرسیون مناسب هستند. ولی اگر عامل تورم واریانس بالاتر از ۱۰ و شاخص تحمل نزدیک به صفر باشد، بین متغیرهای مستقل هم خطی وجود دارد و موجب غیرقابل اعتماد شدن ضرایب مدل رگرسیون می‌شود. از این رو از تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای کاهش تعداد متغیرهای مستقل و اثر هم چندخطی و تفسیر بهتر اطلاعات استفاده می‌شود. با اعمال این روش، متغیرهای ورودی اولیه به مؤلفه‌های جدید بدون همبستگی تبدیل می‌شوند، به طوری که مؤلفه‌های ایجاد شده، ترکیبی خطی از متغیرهای ورودی‌اند. مؤلفه‌های اصلی برای کاهش اثر هم خطی چندگانه و کاهش ابعاد داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. اجرای روش تحلیل مؤلفه اصلی مستلزم وجود شرایط است، تا امکان استفاده از این روش میسر گردد. شاخص KMO معیاری برای کفایت همبستگی‌های موجود در بین داده‌ها برای روش تحلیل مؤلفه اصلی است. مقدار KMO بین صفر تا یک تغییر می‌کند، در صورتی که فاکتور KMO بزرگ‌تر از ۰/۵ به دست آید، نشان‌دهنده امکان اجرای روش تحلیل مؤلفه اصلی بر روی متغیرهای مستقل است.

رگرسیون لجستیک باینری با مؤلفه‌های اصلی

آنالیز رگرسیون ابزاری بسیار مفید برای بررسی رابطه بین دو و یا چندمتغیر است و در مواقعی که متغیر وابسته فقط ۲ مقدار داشته باشند (دوتایی/ باینری) از برازش رگرسیون لجستیک استفاده می‌شود. به دلیل اینکه در این مدل ضرایب به صورت غیرخطی با متغیر وابسته در ارتباط‌اند، نمی‌توان از تخمین زنده‌های خطی مانند تخمین زنده‌ حدافل مربعات برای برآورد ضرایب استفاده کرد. به همین دلیل از تخمین زنده‌ حداکثر

پیشینه پژوهش و تحقیقات

استفاده از روش‌های دانش مبنا مانند روش‌های فازی، تاپسیس و تحلیل سلسله مراتبی در شناسایی نواحی مساعد کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد (Akinci, Özalp, & Turgut, 2013; Shokati et al., 2016; ; Zabih et al., 2015). در این روش کارشناسان و افراد خبره با قضاوت‌های تخصصی به وزن دهی متغیرها می‌پردازند تا در نهایت مناطق با اولویت‌هایی برای کاشت بدست آید. در این نوع روش‌ها، هر چه حجم اطلاعات مورد پردازش و دانش اولیه متخصصین دقیقتر باشد، قوانین تصمیم‌گیری بدست آمده از دقت بالاتری برخوردار خواهند بود. عدم قطعیت ناشی از کمبود یا ناقص بودن اطلاعات کارشناسان منجر به کسب نتایج ضعیف در قوانین تصمیم‌گیری می‌شود (Malczewski., 2006). اما استفاده از روش‌های آماری طبقه‌بندی مانند روش رگرسیون لجستیک جهت تخمین برآوردهای دودویی مورد توجه محققین قرار گرفته است (Huang, Cai, & Peng, 2007; Xie, Wang, & Yao, 2014). همچنین روش تحلیل ممیزی برای وضعیت‌هایی که قرار است یک مدل پیش‌بینی برای عضویت در گروه بر اساس ویژگی‌های مشاهده‌شده هر مورد شناخته شود، بسیار مفید است. این روش بر روی ارتباط بین متغیرهای مستقل و یک متغیر وابسته دوسطحی (کد صفر و کد یک) متمرکز هست. با استفاده از روش تحلیل ممیزی می‌توان یک مدل طبقه‌بندی به دست آورد (Mahalingam, Olsen, & O'Banion, 2016)، مدل طبقه‌بندی بر اساس ترکیبات خطی از متغیرهای مستقل، (یک تابع ممیزی) یا برای بیش از دو گروه است که در نتیجه یک مجموعه توابع ممیزی ایجاد می‌شود که بهترین ممیزی میان گروهی را انجام می‌دهد. تابع ممیزی یا تشخیص بر مبنای اندازه‌های حاصل از مشاهدات (در این مطالعه باغ‌های فعلی گردو) هست. مشاهده‌های جدیدی را که معلوم نیست از کدام گروه هستند به وسیله این تابع به دست آمده، می‌توان به یکی از سطوح یا گروه‌های متغیر وابسته نسبت داد. در این تحقیق از روش رگرسیونی لجستیک و تحلیل ممیزی، به منظور شناسایی نواحی با احتمال کاشت موفقیت آمیز گردو بر اساس برخی از متغیرهای مهم محیطی استفاده شده است. این امر به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی برای گسترش مناطق مناسب محیطی جهت تولید ارگانیک گردو مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش انجام تحقیق

داده‌های مورد استفاده

با توجه به دستورالعمل کاشت، داشت و برداشت گردو ارائه شده

راست نمایی^۱ برای تخمین ضرایب این روش استفاده می‌شود که مقدار برآورد شده برای احتمال وقوع متغیر وابسته (در این مطالعه حضور درختکاری گردو) در این روش در بازه ۰ تا ۱ است (Ayalew & Yamagishi, 2005).

رگرسیون لجستیک با خانواده متعددی مانند پروبیت و لجیت برای آنالیز روابط بین متغیر وابسته و چند متغیر مستقل قابل انجام است. رگرسیون پروبیت و لجیت از مدل‌های احتمال خطی به منظور برآورد پارامترهای مدل استفاده می‌کنند و حالت خاصی از مدل‌های عمومی خطی هستند. در حالتی که توزیع داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت نکند از تبدیل لجیت بجای پروبیت استفاده می‌شود، و در صورتی که توزیع داده‌ها نرمال باشد، آنالیز پروبیت به کار گرفته می‌شود. رگرسیون پروبیت نوعی رگرسیون لجستیک است که از توزیع نرمال تبعیت می‌کند (Ai & Norton, 2003). در این روش احتمال وقوع y تابعی خطی از متغیرهای توضیحی نیست بلکه این احتمال تابع توزیع لجستیک دارد (Antonogeorgos *et al.*, 2009). یکی از شرط‌های لازم برای دقت نتایج به دست آمده با روش رگرسیون لجستیک، فقدان همبستگی میان متغیرهای مستقل است.

تحلیل ممیزی چند متغیره^۲

در مواردی که متغیر وابسته اسمی و متغیرهای مستقل کمی باشند، برای پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته از روی متغیرهای مستقل، از تحلیل ممیزی یا تشخیصی استفاده می‌شود (Pardoe & Simonton, 2008). تحلیل تشخیصی از جمله روش‌های چند متغیره است که با تفکیک کردن مجموعه‌های متمایز مشاهدات (پیکسل‌های نماینده) و نیز تخصیص مشاهده‌های جدید (پیکسل‌های جدید) به گروه‌های تعریف شده که همان طبقات متغیر وابسته (کد صفر و کد یک) می‌باشند؛ سروکار دارد. با فرض اینکه متغیر وابسته از نوع اسمی دووجهی باشد و بتوان آن را با کدهای صفر و یک مشخص کرد، این متغیر مفهوم عضویت در گروه‌های دوگانه می‌دهد. در این مطالعه آنالیز تشخیصی برای طبقه‌بندی پیکسل‌ها بر اساس مقادیر (کدها) یک متغیر وابسته اسمی یا دووجهی (مناطق مساعد درختکاری گردو = کد یک، سایر مناطق = کد صفر) به کار می‌رود. در این شرایط هدف تحلیل ممیزی پیدا کردن ترکیبی خطی از متغیرهای مستقل کمی است به گونه‌ای که این ترکیب منجر به بهترین ممیزی ممکن از متغیر وابسته که با کدهای دوگانه مشخص شده گردد،

که این ترکیب خطی، تابع تشخیصی یا ممیزی نام دارد. متغیرهای تمیز دهنده همان متغیرهای مستقل هستند که به متغیرهای پیش‌بینی کننده نیز اطلاق می‌شود، و متغیر ملاک یا معیار همان متغیر وابسته است که به عنوان متغیر گروه‌بندی شده، بیان می‌شود. تابع ممیزی از ترکیب خطی وزنی بهینه از متغیرهای مستقل به دست می‌آید که ممکن است از مقادیر خام متغیرهای مستقل و یا مقادیر استاندارد شده، محاسبه شود. یکی از فرضیات جهت استفاده از آنالیز تشخیصی، عدم هم خطی کامل بین متغیرهای مستقل است. هرچه میزان همبستگی متغیرهای مستقل بیشتر باشد، تابع تشخیصی از توان ممیزی کمتری برخوردار است. برای انجام آنالیز تمایز باید تمام متغیرهای مستقل توزیع نرمال داشته باشند و ماتریس مشترک واریانس-کوواریانس همه‌ی گروه‌ها باید همگن باشد. اگر این دو شرط وجود داشته باشند، از روش آنالیز تمایز خطی^۳ و اگر شرط اول وجود داشته باشد، ولی شرط دوم وجود نداشته باشد، می‌توان یک تابع تمایز درجه‌ی دوم^۴ به جای یک تابع خطی استفاده کرد (Antonogeorgos *et al.*, 2009). روش‌هایی برای وارد نمودن متغیرهای مستقل در روش تحلیل ممیزی وجود دارد، که در این مطالعه از روش عقب‌گرد^۵ استفاده شد و معیار روش حذف برابر با $0/1$ در نظر گرفته شد. که در آن متغیرها تک تک اضافه می‌شوند و بعد از اضافه شدن، تک تک متغیرها بر اساس معیار حذف بررسی می‌شوند و معنی‌دار بودن حضور هر متغیر مستقل در معادله بررسی اگر نقش معنی‌داری در رگرسیون نداشته باشند، از آن حذف می‌شوند.

در این مطالعه تابع یا توابع ممیزی از نمونه‌ای از پیکسل‌های صفر و یک (باغ‌های گردو) ایجاد می‌شود که در شرایط فعلی مشخص است که به کدام گروه‌ها تعلق دارند. تابع یا توابع ممیزی که از این طریق به دست می‌آید، می‌توانند برای پیکسل‌های جدید که مقادیر متغیرهای مستقل آن‌ها مشخص است، که اما معلوم نیست که به کدام گروه صفر و یک تعلق دارند، بکار گرفته شود. برای محاسبه احتمال اینکه یک مشاهده داده شده به یک گروه تعلق داشته باشد، از فاصله ماهالانوبیس استفاده می‌شود. فاصله‌ی ماهالانوبیس، فاصله مشاهده از مرکز ثقل گروه تعریف شده (در این مطالعه کد صفر و کد یک) در فضای چندبعدی تعریف شده توسط متغیرهای تمیز دهنده است. فاصله ماهالانوبیس وقتی که متغیرهای فضای چندبعدی همبسته هستند؛ معیاری مناسب از فاصله هست. اگر

3. Linear Discriminant Analysis
4. Quadratic Discriminant Analysis
5. Backward Stepwise

1. Maximum Likelihood Estimation
2. Discriminant Analysis

جهت ارزیابی تابع ممیزی از آزمون ویلکس لامبدا^۴ استفاده شد که مقدار آن در محدوده صفر تا یک قرار دارد. هرچه مقدار این شاخص کمتر باشد نشان‌دهنده قدرت تفکیک‌کنندگی بیشتر تابع به‌دست‌آمده است (Nie, Bent, & Hull, 1970). هرچه قدر لامبدای ویلکس به سمت یک نزدیک شود، بیانگر برابری میانگین گروه‌ها است و هرچه قدر به صفر نزدیک شود، حاکی از اختلاف در بین میانگین گروه‌ها است. لامبدای ویلکس عبارت است از نسبتی از واریانس و کوواریانس کل در مقادیر متغیرهای مستقل، که بر اساس تفاوت بین گروه‌ها قابل تبیین نیست. هرچه میزان لاندا کوچک‌تر باشد، نشان‌دهنده وجود تفاوت بین گروه‌ها است. جهت بررسی معنی‌دار بودن میانگین نمره ممیزی دو گروه از آزمون کای دو^۵ استفاده شد، در حالت قابل‌قبول باید اختلاف معنی‌داری بین میانگین مقدار ممیزی کد یک و کد صفر وجود داشته باشد تا این تابع بتواند باغ‌های گردو را به‌طور معنی‌داری ممیزی نماید. یک فاکتور مهم در روش‌های ممیزی، پایین بودن خطاهای کلاس‌بندی اشتباه روش مربوطه هست. از آنجاکه تابع ممیزی بر اساس تفاوت بین گروه‌های موجود هست لازم است تا اختلاف واریانس بین دو گروه صفر و یک معنادار باشد، تا بتوان کلاس‌بندی بهینه را بر روی تابع ممیزی اعمال کرد. معیار کولبک^۶ جهت مقایسه‌های مربوطه در مورد اختلاف واریانس بین دو طبقه انجام شد. به دلیل اهمیت متغیرهای پیش‌بینی‌کننده ناهمبسته در روش تحلیل تمایزی، از آزمون بارتلت^۷ برای آزمون همگنی واریانس‌ها استفاده می‌شود. برای اینکه یک مدل، مفید و دارای معنا باشد لازم است متغیرها همبسته باشند. اگر سطح معنی‌داری آزمون بارتلت کوچک‌تر از ۰/۰۵ باشد، متغیرهای تمییز دهنده برای شناسایی ساختار مناسب است، زیرا فرض (یکه) واحد بودن ماتریس همبستگی بین متغیرها رد می‌شود. در تابع ممیزی، از ضریب همبستگی کانونیکال^۸ و ضرایب همبستگی متغیرهای مستقل جهت قدرت پیش‌بینی و اهمیت متغیرهای مستقل در مدل استفاده شد. هرچه میزان این همبستگی بیشتر باشد نشانه توانایی بیشتر مدل در متمایز ساختن پیکسل‌ها در دو گروه صفر و یک هست. مجذور ضریب همبستگی کانونیکال با ضریب تعیین توابع رگرسیون معمولی مشابهت دارد. مقدار ارزش ویژه در تحلیل

متغیرهای پیش‌بینی‌کننده ناهمبسته باشند؛ از فاصله اقلیدسی استفاده می‌شود (Modares, & Zakavat, 2002). تحلیل تمایزی دو محدودیت دارد، اول ضرورت نرمال بودن توزیع متغیرهای تمییز دهنده است و محدودیت دیگر ضرورت برابر بودن ماتریس واریانس/کوواریانس متغیرهای تمییز دهنده در بین دو گروه است. این مدل‌ها در مواردی که گروه‌های نادری و اندک از نظر تعداد نمونه در گروه را ممیزی می‌نماید، خطاهای عدم طبقه‌بندی بالایی دارند و از این‌رو معمولاً نمونه‌های مساوی برای هر گروه به کار می‌رود (Press & Wilson, 1978). روش‌های تحلیل ممیزی و رگرسیون لجستیک دو روش جدا از هم هستند اگرچه آن‌ها از نظر تحلیل خطی و غیرخطی باهم مرتبط هستند، اما راه‌حل‌های پیشنهادشده متفاوتی را ارائه می‌دهند (Balakrishnama & Ganapathiraju, 1998). هدف رگرسیون لجستیک پیدا کردن بهترین برازش و مطمئن‌ترین مدل برای توصیف ارتباط بین متغیر وابسته و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل است. هدف تحلیل ممیزی به دست آوردن مدل طبقه‌بندی برای پیش‌بینی عضویت گروه‌ها برای مشاهده‌ای جدید به کار می‌رود. به این معنی که مشاهده‌های جدید به کدام گروه (سطح متغیر وابسته) تخصیص یابند (Goldin, 2001; Pohar, Blas, & Turk, 2004).

ارزیابی مدل

در این پژوهش از چند معیار جهت ارزیابی توانمندی مدل باینری استفاده شد. جهت ارزیابی اعتبار مدل رگرسیون لجستیک از ضریب تعیین نگلرک^۱ استفاده شد، این معیار، شبیه معیار R^2 در رگرسیون خطی است و مقدار آن بین صفر و یک تغییر کرده و برازش مدل را اندازه‌گیری می‌نماید. هرچه این مقدار نزدیک به یک باشد، میزان تطابق مدل با واقعیت و به عبارتی نیکویی برازش بیشتر است (Ayalew & Yamagishi, 2005). همچنین جهت بررسی اعتبار مدل به‌دست‌آمده از آزمون هوسمر-لمشاو^۲ استفاده شد، در این آزمون، اگر معنی‌داری مدل به‌دست‌آمده از ۰/۰۵ بیشتر باشد، مدل معتبر است (Ai & Norton, 2003). به‌منظور تعیین میزان اثرگذاری متغیر (متغیرهای مستقل) بر متغیر وابسته و به‌طور کلی برازش کل مدل آزمون والد^۳ استفاده شد. اگر آماره والد در متغیر معنی‌دار باشد (سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ باشد)، آن متغیر در مدل انتخاب می‌شود.

4. Wilks' Lambda test

5. χ^2

6. Kullback's test

7. Bartlett's test

8. Canonical correlations

1. Nagelkerke

2. Hosmer & Lemshow

3. Wald test

بوده که در این متغیرها مقدار عدد تحمل^۳ به صفر نزدیک و مقدار آماره تورم واریانس از عدد ۱۰ بیشتر است، لذا فرض هم خطی تأیید می‌شود. عدد ایده آل برای فاکتور تورم واریانس ۱ است و مقادیر بزرگتر از ۱۰ برای تورم واریانس، موجب ناپایداری مدل رگرسیونی می‌گردد. جهت بررسی امکان اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی از آزمون کیزر-میر-اولکین^۴ استفاده شد، مقدار ۰/۷۹ امکان اجرای روش PCA را تأیید کرد. نتایج تحلیل مؤلفه اصلی برای حل مشکل هم چندخطی نشان داد که مؤلفه ۱ و ۲ با واریانس تجمعی ۸۲/۲ درصد حاوی اطلاعاتی از متغیرهای اولیه است. اولین و دومین مؤلفه، بیشترین واریانس را نشان می‌دهد، که در این مطالعه از مؤلفه‌هایی که مقادیر ویژه آن‌ها بیشتر از یک بود (مؤلفه با مقدار ویژه ۴/۷ و مؤلفه دوم با ۱/۰۱)، به عنوان مؤلفه‌های اصلی در مدل رگرسیون لجستیک^۵ استفاده شد.

جدول ۱. آزمون هم چندخطی میان متغیرهای مستقل

AMT	AP	PDM	PWM	DEM	ASPECT	SLOPE	آماره
۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۷۳	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۱۶	۰/۱۹	R ²
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۶	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۸۳	۰/۸	عدد تحمل
۵۵/۵	۶۸/۵	۳/۷	۱۹/۹	۳۸/۹	۱/۳	۱/۳	عامل تورم واریانس

*AMT میانگین دمای سالانه، AP بارش سالانه، PDM بارش خشک ترین ماه، PWM بارش مرطوب ترین ماه، DEM مدل رقمی ارتفاع، ASPECT جهت شیب توپوگرافی و SLOPE شیب توپوگرافی (درجه)

مدل‌سازی به‌وسیله رگرسیون لجستیک (نسبت احتمال) و تحلیل تمایزی چند متغیره از کل نمونه‌ها با ۹۵ پیکسل (ابعاد پیکسل ۹۰۰×۹۰۰ متری اسمی)، ۷۰ درصد از نمونه‌ها (۶۶ پیکسل) برای مدل‌سازی (آموزشی) و ۳۰ درصد (۲۷ پیکسل) از آن‌ها برای اعتبارسنجی، انجام گردید. داده‌های اعتبارسنجی بخشی از داده‌های موجود است که برای کنترل و نظارت بر یادگیری مدل استفاده می‌شود.

نتایج و بحث

شناسایی رویشگاه‌های احتمالی درخت گردو

رابطه ۱ نشان‌دهنده مدل به‌دست‌آمده از روش رگرسیون لجستیک با در نظر گرفتن مؤلفه‌های اصلی با توجه به تابع توزیع تجمعی مربوط به رویشگاه‌های احتمالی درخت گردو است.

تابع تشخیص مهم است، این مقدار نشان‌دهنده نسبت واریانس اندازه‌گیری شده از کل واریانس است. هرچقدر مقدار این دو شاخص بیشتر باشد درصد صحت طبقه‌بندی بیشتر است میزان مقدار ویژه یک تابع بیان می‌کند چه اندازه از کل واریانس توسط تابع به‌دست‌آمده تفسیر می‌شود (Pooya, & Khoban, 2009). آزمون عدم یکسانی ماتریس کوواریانس دو گروه از طریق آزمون ام باکس^۱ بررسی می‌شود. اگر ماتریس کوواریانس دو گروه برابر باشند از توابع تشخیصی خطی استفاده می‌شود ولی اگر فرض برابری رد شود، در این مورد از توابع تشخیصی درجه دوم استفاده می‌شود (Wu et al., 1996). برای مقایسه توانمندی دو روش رگرسیون لجستیک و تحلیل ممیزی از سطح زیر منحنی راک برای ارزیابی مدل نیز استفاده شد. سطح زیرمنحنی بیانگر آن است شده با روش رگرسیون لجستیک تا چه مقدار می‌تواند متغیر وابسته را پیش‌بینی کند که این مقدار بین ۰/۵ تا ۱ است. مقدار ۰/۵ نشان‌دهنده تصادفی بودن مدل، مقدار بیشتر از ۰/۷ بیانگر دقت خوب مدل و اگر سطح زیر منحنی راک بیشتر از ۰/۹ باشد نشان‌دهنده دقت بالای مدل است (Antonogeorgos et al., 2009). جهت انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزار Minitab ver 17 در این بررسی استفاده شد.

جامعه آماری و نمونه انتخابی

در این تحقیق از متغیرهای شکل فیزیکی زمین و اقلیمی به جهت تعیین پتانسیل محیطی مناسب برای توسعه کاشت گردو با استفاده از دو روش رگرسیون لجستیک و تحلیل ممیزی استفاده شد. قبل از مدل‌سازی، داده‌ها از لحاظ نرمال بودن و تورم واریانس بررسی گردید. در ابتدا تمام مقادیر عددی متغیرهای مستقل تبدیل به محدوده صفر تا یک شد، این امر به دلیل تفاوت در واحدها و دامنه اعداد در متغیرهای مستقل در مقایسه با یکدیگر است. نرمال بودن متغیرهای مستقل بر اساس آزمون اندرسن-دارلینگ^۲ مورد آزمون قرار گرفت و در سطح معناداری ۵ درصد، تمام متغیرهای مستقل مورد استفاده به‌غیر از متغیر جهت شیب (به دلیل گسسته بودن آن) از توزیع نرمال تبعیت می‌کند و از این‌رو از رگرسیون لجستیک با تابع پروبیت استفاده شد. با توجه به نتایج حاصل از آزمون هم خطی در جدول ۱، متغیرهای میانگین دمای سالانه، بارش سالانه، بارش مرطوب‌ترین ماه و ارتفاع از سطح دریا دارای اثر هم چندخطی

3. Tolerance

4 Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

5. PCR logistic regression

1. Box's M

2. Anderson-Darling test

شناسایی کند که مقدار ویژه این تابع ۶۶ درصد از کل واریانس را تبیین می‌نماید. همچنین ضریب همبستگی کانونیکال این تابع ممیزی (F1) نشان داد که پیکسل‌ها با ۶۳ درصد در دو گروه صفر و یک ممیزی شده‌اند، و با توجه به مؤلفه‌های مورد استفاده در این تحقیق، مدل با ۶۳ درصد قابل تبیین هست. از این رو بین متغیرهای مستقل و درجه تشخیص، همبستگی نسبتاً خوبی وجود دارد و نشانه توانایی مدل در ایجاد تمایز بین پیکسل‌ها هست. مقدار شاخص لامبدای ویلکس برابر با ۰/۶ و مقدار احتمال آن با ۰/۰۰۰۱ کمتر از سطح معناداری $\alpha = ۰/۰۵$ است، که نشان‌دهنده وجود تفاوت بین گروه‌ها و در نتیجه تابع تشخیص برازش شده، مدل مناسبی برای تفکیک دو گروه است. مقدار شاخص لامبدای برای عوامل بارش خشک‌ترین ماه، شیب توپوگرافی، جهت شیب توپوگرافی و ارتفاع از سطح دریا به ترتیب برابر با ۰/۹۹، ۰/۹۶، ۰/۹۲ و ۰/۸۷ به دست آمد و نشان‌دهنده مناسب بودن تابع تشخیص برای به دست آوردن تأثیر متغیرهای مستقل بر روی متغیر وابسته است. نتایج ماتریس ابهام برای دسته‌بندی تعداد پیکسل‌هایی که به اشتباه دسته‌بندی شده‌اند نشان داد که میزان خطای مدل تهیه‌شده با روش رگرسیون لجستیک و تحلیل ممیزی برای حالت آموزشی برابر با ۸۲ درصد و برای اعتبارسنجی مدل برابر با ۷۰ درصد و برای روش تحلیل ممیزی با ۸۰/۶ درصد برای حالت آموزشی و ۷۴ درصد برای اعتبارسنجی به دست آمد. ارزیابی معیار منحنی سطح زیر منحنی در هر دو روش به نقطه (۱،۰) تمایل دارند، که نشان‌دهنده میزان کارایی بالای دو مدل دسته‌بندی کننده است. معیار سطح زیر منحنی (AUC) ROC در این مطالعه برای داده‌های آموزشی در روش رگرسیون لجستیک و تحلیل ممیزی به ترتیب برابر با ۹۳ درصد و ۸۹ درصد برآورد شد، که نشان‌دهنده توانایی هر دو روش در تشخیص نواحی درختکاری گردو به صورت صحیح است. اما با توجه به منحنی راک برای داده‌های اعتبارسنجی در روش‌های مورد بررسی در شکل ۲، سطح زیر منحنی راک برای مدل‌های رگرسیون لجستیک پروبیت و تحلیل ممیزی به ترتیب ۷۵ درصد و ۸۶ درصد است. از این رو روش تحلیل ممیزی بیشترین صحت پیش‌بینی را دارد.

ویژگی‌های محیطی رویشگاه‌های احتمالی درخت گردو

مقایسه بصری هر دو نقشه ی بدست آمده از روش رگرسیون لجستیک و تحلیل ممیزی (شکل ۱) نشان می‌دهد که عمده نواحی مناسب کاشت درخت گردو در مناطق مرکزی و شمالی و شمال غربی شهرستان بافت واقع شده است، که نواحی با ارتفاع

(رابطه ۱)

$$LC = CDFNormal(-0.204 + 0.222 \times AMT - 1.023 \times AP - 1.186 \times PDM - 2.186 \times PWM - 0.472 \times DEM + 4.788 \times ASPECT - 4.512 \times SLOPE)$$

رابطه ۲ و ۳ نشان‌دهنده مدل به‌دست‌آمده از روش تحلیل تمایزی چند متغیره مربوط به رویشگاه‌های احتمالی درخت گردو است. مقدار احتمال آزمون ام باکس با ۰/۰۰۱ کمتر از سطح معناداری $\alpha = ۰/۰۵$ است، که نشان‌دهنده عدم برابری ماتریس کوواریانس دو گروه است، از این رو تابع تشخیصی مورد استفاده در این مطالعه، درجه دوم است.

(رابطه ۲)

$$(LC)Class(0) = (-26.29 - 97.1 \times PDM + 125.5 \times DEM + 13.9 \times ASPECT + 2.32 \times SLOPE)$$

(رابطه ۳)

$$(LC)Class(1) = (-33.91 + 114.3 \times PDM + 152.1 \times DEM + 10.4 \times ASPECT - 11.1 \times SLOPE)$$

که در آن LC قابلیت زمین جهت درختکاری گردو (احتمال ۰ تا ۱۰۰ درصد)، $Class(0)$ عدم امکان درختکاری، $Class(1)$ امکان درختکاری، AMT میانگین دمای سالانه، AP بارش سالانه، PDM بارش خشک‌ترین ماه، PWM بارش مرطوب‌ترین ماه، DEM مدل رقومی ارتفاع، $ASPECT$ جهت شیب توپوگرافی و $SLOPE$ شیب توپوگرافی است.

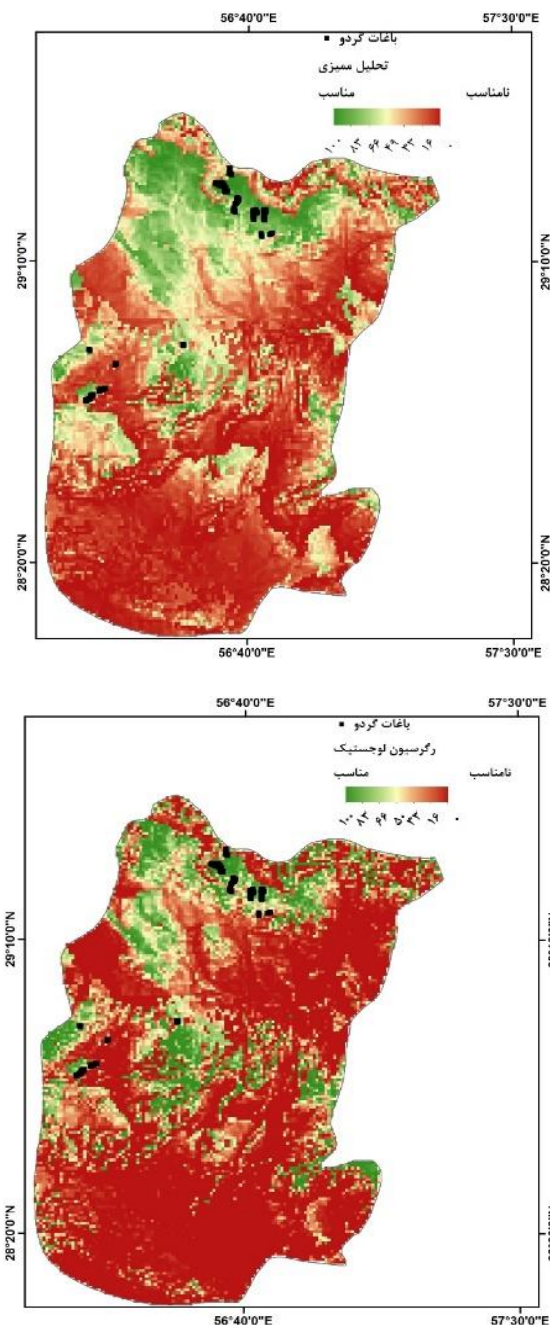
بر اساس روابط ۱ (رگرسیون لجستیک) ۲ و ۳ (تحلیل تمایزی) نقشه قابلیت درختکاری گردو برای شهرستان بافت محاسبه شد (شکل ۱).

مقایسه توانمندی مدل‌ها

مقدار ضریب تعیین نگلکرک برای مدل بدست آمده از روش رگرسیون لجستیک برابر با ۰/۶۷ به دست آمد که نشان‌دهنده آن است که ۶۷ درصد از تغییرات متغیرهای وابسته توسط متغیرهای مستقل رگرسیون لجستیک تبیین می‌شود و بیانگر قدرت پیش‌بینی مناسب مدل است. مقادیر برازش شده مورد انتظار با مقادیر واقعی در دو گروه حضور و عدم حضور درختان گردو با آماره هاسمر و لمشو مقایسه شد. مقدار احتمال آماره هاسمر و لمشو (χ^2) با ۰/۵۶ بزرگ‌تر از سطح معناداری $\alpha = ۰/۰۵$ است، که با اطمینان ۹۵ درصد انطباق مناسب مدل با مشاهدات واقعی (نیکویی برازش مدل) تأیید می‌شود. معناداری ضرایب متغیرهای مستقل در رگرسیون لاجیت توسط آزمون والد بررسی شد و با توجه به سطح معناداری برای مدل برازش شده با ۰/۰۰۹ (کمتر از ۰/۰۵)، می‌توان نتیجه گرفت که ضرایب متغیرهای مستقل در مدل معنادار است (فرضیه صفر برای تمامی ضرایب در سطح اطمینان ۹۵٪ رد می‌شود).

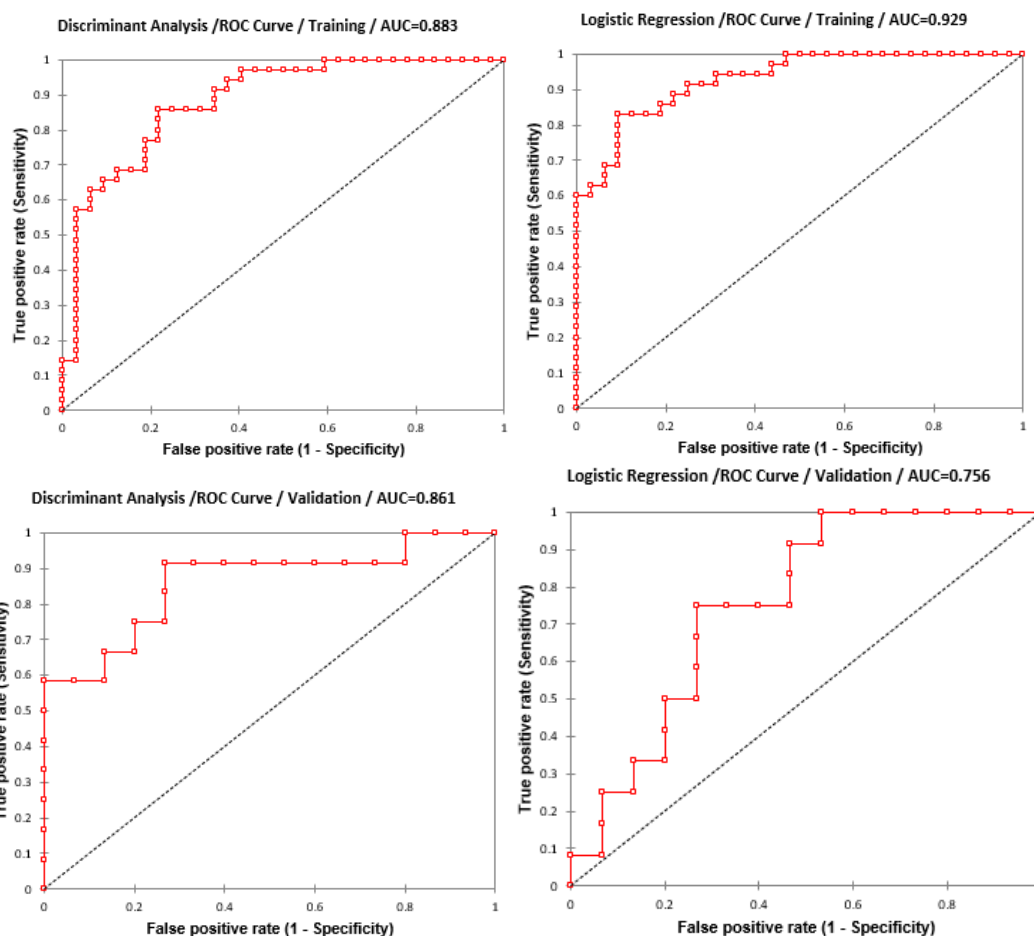
تحلیل ممیزی توانسته یک تابع ممیزی (F1) کانونی را

بالتر از سطح دریا یافت می‌شوند، اگرچه حدود ۵۰ درصد می‌تواند در ارتفاعات بین ۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر باشد، و به‌ندرت در حدود ۶۰۰ متر و بالغ بر ۳۰۰۰ متر است (Molnar *et al.*, 2011). همچنین در مطالعه‌ای، توزیع درختان گردو در منطقه همدان بین ارتفاع ۱۳۸۵ تا ۱۹۸۶ از سطح دریا گزارش شده است (Karimi, Ershadi, Vahdati, & Woeste, 2010). Mashayekhan & Salman Mahiny, (2011) همچنین که در این مطالعه دامنه ارتفاع مناسب بین ۳۸۵۲-۱۵۲۴ متر از سطح دریا به دست آمد.



شکل ۱. قابلیت زمین جهت کاشت درخت گردو در شهرستان بافت، نقاط مشکلی نشان دهنده باغ‌های (رویشگاه) بالفعل است

بالا و کوهپایه‌ای محسوب می‌شوند که تأمین‌کننده نیاز سرمایی آن است. گردو درختی است که در شرایط آب‌وهوای مدیترانه‌ای در نواحی که دارای تابستان‌های معتدل و زمستان سرد باشند به‌خوبی رشد می‌کند. از نظر عوامل توپوگرافی، در دامنه‌های جنوبی، گلدهی درخت گردو سریع‌تر اتفاق می‌افتد، اما خطر سرمازدگی بهاره را نیز افزایش می‌دهد (Anonymous, 2015). نتایج محققین نشان داد نیاز سرمایی (۳۰ روز) از بهترین شرایط مناسب است که در مناطق کوهپایه قابل تأمین است، اما نیاز سرمایی بیشتر (۳-۲ ماه) میزان جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (Hosseini Goroh, Sosarai, Soleimani, & Moghbeli, 2012). نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین دمای سالانه در مناطق مناسب (مناطق سبزرنگ در اشکال ۱) بین ۵ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد است. نتایج سایر محققین نشان داد که میانگین دمای سالانه بهینه ۱۳/۵ درجه سلسیوس است (Chirici *et al.*, 2002). مقدار بارش سالانه در مناطق مساعد کاشت درخت گردو در شهرستان بافت، بین ۳۴۲-۱۶۲ میلی‌متر است که در نتایج ارائه‌شده توسط سایرین، مقدار بارش سالانه مناسب بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر گزارش شده است (Mashayekhan & Salman Mahiny, 2011). اگرچه در منابعی مقدار متوسط آب بارش مورد نیاز بین ۴۵۰ تا ۵۵۰ میلی‌متر در سال گزارش شده است، و اگر مقدار متوسط آب بارش از ۵۵۰ میلی‌متر در سال کمتر باشد، گیاه به‌خصوص در بازه رویشی، از کم‌آبی رنج می‌برد (Putinică, 2012). به دلیل توزیع نامناسب بارش سالانه در مناطق مستعد برای درختکاری، نیاز آبی درخت گردو با کمبود روبروست و بایستی از طریق آبیاری جبران گردد. از نظر ارتفاع، جهت و شیب توپوگرافی، عمده مناطق مناسب در منطقه مورد مطالعه در ارتفاع بین ۳۸۵۲-۱۵۲۴ در شیب‌های ۱۶-۰ درجه و جهت جنوبی و جنوب غربی واقع شده‌اند که این مناطق بیشترین میزان تابش دریافتی از خورشید را دارند که مناسب برای درخت گردو است (Mashayekhan & Salman Mahiny, 2011). در مجموع، شرایط اقلیمی و ویژگی‌های سطح زمین (فیزیوگرافی) مساعد در منطقه مورد مطالعه با نتایج سایر محققین تا حدودی یکسان است، که نشان دادند درختان گردو نورپسند، نسبت به خشکی مقاوم و مناسب برای آب‌وهوای خشک کوهستانی هستند (جعفری صیادی و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین درخت گردو در دره‌های مناطق استپی و مدیترانه‌ای تا مناطق معتدله مرطوب قابلیت کاشت دارند. این درختان از نظر ارتفاع از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی دامنه بردباری وسیعی دارند (Jafari-Sayadi, Marvi-Mohajer, Mozaffari, & Sobhani, 2006). درختان گردو معمولاً بین ۹۰۰ تا ۲۰۰۰ متر



شکل ۲. سطح زیر منحنی AUC(ROC) داده‌های آموزشی (نسبت موفقیت) و اعتبارسنجی (نسبت پیش بینی) برای روش رگرسیون لجستیک و تحلیل ممیزی

نتیجه‌گیری

تولید محصول گردو و نقش مهم آن در رونق کشاورزی و اقتصادی شهرستان بافت قابل توجه است. از اینرو شناخت نواحی مساعد محیطی رویشگاه درخت گردو جهت توسعه سطح زیر کشت می‌تواند به توسعه منطقه و افزایش بازده تولید از طریق از عملکردهای اکولوژیکی طبیعی کمک نماید. در این پژوهش ویژگی‌های محیطی رویشگاه‌های فعلی درخت گردو در شهرستان بافت جهت شناسایی سایر رویشگاه‌های درخت گردو با استفاده از رگرسیون لجستیک پروبیت و تحلیل ممیزی موردبررسی قرار گرفت. نتایج داده‌های اعتبارسنجی در مطالعه حاضر نشان داد که تحلیل ممیزی با ۸۶ درصد تشخیص درست، از توانایی بیشتری نسبت به روش رگرسیون لجستیک پروبیت با

۷۵ درصد برخوردار است. نتایج به‌دست‌آمده تأکید می‌کند که استفاده از تحلیل ممیزی از توانایی بالاتری نسبت به روش رگرسیون لجستیک پروبیت برخوردار است و می‌تواند با اطمینان در سایر مناطق نیز در فرآیندهای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرد. متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت شیب و بارش در خشک‌ترین ماه سال به‌عنوان فاکتورهای اساسی در تولید پایدار گردو شناخته شدند. عمده نواحی و رویشگاه‌های مناسب جهت درختکاری گردو در مناطق مرکزی و شمالی و شمال غربی شهرستان بافت واقع شده است که شامل نواحی با مرتفع و کوهپایه‌ای است، از این‌رو توصیه می‌شود که جهت تنظیم توسعه کاشت درخت گردو، این مناطق در اولویت توسعه قرار گیرند.

REFERENCES

- Ahmadi Sani, N., Balighi, S., Javanmard, A., & Sohrabi, M. (2014). Study and Comparison of Ecological Potential and Current Uses in Lands Located in South of Urmia Based on Land Use Planning Principles. *Sustainable Agriculture and Production science*, 24, (1), 127-137. (In Farsi)
- Ai, C., & Norton, E. C. (2003). Interaction terms in logit and probit models. *Economics letters*, 80(1), 123-129.
- Akıncı, H., Özalp, A. Y., & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71-82.

- Anonymous. (2015). Instructions for planting, Growing and harvesting almond, walnut and hazelnut. Ministry of Agriculture Jihad, Cold Regions and Dried Fruits Department.73. (In Farsi)
- Antonogeorgos, G., Panagiotakos, D. B., Priftis, K. N., & Tzonou, A. (2009). Logistic regression and linear discriminant analyses in evaluating factors associated with asthma prevalence among 10-to 12-years-old children: Divergence and similarity of the two statistical methods. *International journal of pediatrics*, 2009.
- Ayalew, L., & Yamagishi, H. (2005). The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. *Geomorphology*, 65(1), 15-31.
- Balakrishnama, S., & Ganapathiraju, A. (1998). Linear discriminant analysis-a brief tutorial. Institute for Signal and information Processing, 18.
- Chirici, G., Marchetti, M., Travaglini, D., & Wolf, U. (2002). Modello di valutazione dell'attitudine fisica del territorio per la realizzazione di piantagioni di noce comune e di douglasia in Italia meridionale. *Monti E Boschi* (6), 25-31.
- Falahati, F., Alijani, B., Ghohrodi Tali, M., & Barati, M.J. (2012). Site Selection of Appropriate Locations for Development of Orchards Using GIS & RS, by Emphasizing Climatic Factors (Case study: Walnut - Tehran Province). *Geography and Sustainability of Environment*. 2, 2, 43-54. (In Farsi).
- Franklin, J. (1995) Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Prog Physical Geog* 19:474-499.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., . . . Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812-818.
- Goldin, A. (2001). Relationships between aspect and plant distribution on calcareous soils near Missoula, Montana.
- Hanjra, M. A., & Qureshi, M. E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, 35(5), 365-377.
- Hosseini Goroh, M., Sosarai, N., Soleimani, A., & Moghbeli, I., (2012). Effective Factors on Walnut embryo germination in vitro environment; Third National Conference on Agricultural Biotechnology in Iran (Plant, Animal and Industrial), Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi)
- Huang, Q.-H., Cai, Y.-L., & Peng, J. (2007). Modeling the spatial pattern of farmland using GIS and multiple logistic regression: a case study of Maotiao River Basin, Guizhou Province, China. *Environmental Modeling & Assessment*, 12(1), 55-61.
- Jafari-Sayadi, M.H., Marvi-Mohajer, M.R., Mozaffari, J., & Sobhani, H. (2006). Morphological Leaf characteristics of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in Iranian population. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 14, 1, 23, 1-19. (In Farsi)
- Karimi, R., Ershadi, A., Vahdati, K., & Woeste, K. (2010). Molecular characterization of Persian walnut populations in Iran with microsatellite markers. *HortScience*, 45(9), 1403-1406.
- Khaleghizadeh, A., Naseri, M., & Sehhatiasabet, M.E. (2014). Survey of damage rate of rodents and birds on walnut damage and its effective variables in Kerman province. *Entomology and Phytopathology* 84, 2, 103, 251-260. (In Farsi)
- Kuepper G, A. G., and Baier A. (2004). Tree fruits: organic fruit production overview. 2833.
- Mahalingam, R., Olsen, M. J., & O'Banion, M. S. (2016). Evaluation of landslide susceptibility mapping techniques using lidar-derived conditioning factors (Oregon case study). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(6), 1884-1907.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726.
- Mashayekhan, A., & Salman Mahiny, A. (2011). A Multi-Criteria Evaluation approach to Delineation of Suitable Areas for Planting Trees (Case Study: *Juglans regia* in Gharnaveh Watershed of Golestan Province). *Journal of Rangeland Science*, 1(3), 225-234.
- Mehr News Agency, (2016). Baft has the second highest walnut production in the Iran, News ID: 3766212. . (In Farsi)
- Miheretu, B. A., & Yimer, A. A. (2018). Land use/land cover changes and their environmental implications in the Gelana sub-watershed of Northern highlands of Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 6(1), 7.
- Modares, A., & Zakavat, S.M. (2002). Credit Risk Models for Bank Customers a Case Study Export Development Bank of Iran. *Journal of Auditing*. 14, (19), 54-58. (In Farsi)
- Molnar, T., Zaurov, D., Capik, J., Eisenman, S., Ford, T., Nikoloyi, L., & Funk, C. (2011). Persian walnuts (*Juglans regia* L.) in Central Asia. *Annu Rep North Nut Grow Assoc*, 101, 56-69.
- Nadali, H., Iran Pour, R., & Nadali, R. (2010). The Codex- Alimentarius-Guidelines on Organic Agriculture. Proceedings of the first National Conference on Sustainable Agriculture and the Production of Healthy Products.Esfahan Agricultural and Natural Resources Research Centre. 1-3. (In Farsi)
- Nie, N. H., Bent, D. H., & Hull, C. H. (1970). SPSS: Statistical package for the social sciences: McGraw-Hill New York.
- Pardoe, I., & Simonton, D. K. (2008). Applying discrete choice models to predict Academy Award winners. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 171(2), 375-394.

- Pohar, M., Blas, M., & Turk, S. (2004). Comparison of logistic regression and linear discriminant analysis: a simulation study. *Metodoloski zvezki*, 1(1), 143.
- Pooya, A., & Khoban, M. (2009). Designing and explaining a model based on multivariate diagnostic analysis to predict company agility. *Journal of Industrial Management Perspective*, 14, 25-29. (In Farsi)
- Press, S. J., & Wilson, S. (1978). Choosing between logistic regression and discriminant analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 73(364), 699-705.
- Pugliese, P. (2001). Organic farming and sustainable rural development: A multifaceted and promising convergence. *Sociologia ruralis*, 41(1), 112-130.
- Putinică, C. (2012). Requirements of walnut tree (*Juglans regia*) to environmental factors. Evaluation of lands for culture of walnut with examples in the curvature subcarpathians hills. *Soil Forming Factors and Processes from the Temperate Zone*, 11(1), 81-94.
- Robertson, M. P., Peter, C. I., Villet, M. H., & Ripley, B. S. (2003). Comparing models for predicting species' potential distributions: a case study using correlative and mechanistic predictive modelling techniques. *Ecological Modelling*, 164(2), 153-167.
- Rezaee, R., & Hesari, B. (2016). GIS-based Locating of Suitable Orchards for Organic Apple Production in Urmia. *Sustainable Agriculture and Production Science*, 26, 2, 153-168. (In Farsi)
- Sangawongse, S., Prabudhanitisarn, S., & Karjagthimaporn, E. (2011). Agricultural land use change and urbanization in Thailand. Paper presented at the UM conference.
- Shokati, B., Asgharipour, M., Ghanbari, A., & Feizizadeh, B. (2016). Suitability assessment of Saffron cultivation using GIS based multi-criteria decision analysis approach; study area: East-Azerbaijan province. *Desert*, 21(2), 115-131.
- Theobald, D. M. (2001). Landuse dynamics beyond the American urban fringe. *Geographical Review*, 91(3), 544-564.
- Westwood, M. N. (1988). Translator Rasoul- Zadegan, Y. (1991) *Temperate-zone pomology: Timber press*. 759. (In Farsi)
- Wu, W., Mallet, Y., Walczak, B., Penninckx, W., Massart, D. L., Heuerding, S., & Erni, F. (1996). Comparison of regularized discriminant analysis linear discriminant analysis and quadratic discriminant analysis applied to NIR data. *Analytica Chimica Acta*, 329(3), 257-265.
- Xie, H., Wang, P., & Yao, G. (2014). Exploring the dynamic mechanisms of farmland abandonment based on a spatially explicit economic model for environmental sustainability: A case study in Jiangxi Province, China. *Sustainability*, 6(3), 1260-1282.
- Zabihi, H., Ahmad, A., Vogeler, I., Said, M. N., Golmohammadi, M., Golein, B., & Nilashi, M. (2015). Land suitability procedure for sustainable citrus planning using the application of the analytical network process approach and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture*, 117, 114-126.