کاربرد مدل رگرسیون لجستیک درختی در تعیین رویشگاه بالقوه گونه گیاهی گون زرد *Astragalus verus*

مرجان ساکی*، مصطفی ترکش، مهدی بصیری و محمدرضا وهابی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۱۶)

چکیده

رابطه بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی همواره یک موضوع اساسی در اکولوژی گیاهی بوده است. با افزایش توان تکنیک‌های آماری، زمین آمار و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، توسعه مدل‌های پیش‌بینی پراکنش موجودات زنده به سرعت در اکولوژی درحال افزایش است. هدف از این مطالعه بررسی توانایی مدل آماری رگرسیون لجستیک درختی در تهیه نقشه رویشگاه بالقوه گونه گیاهی Astragalus verus می‌باشد. این گونه مولد کتیرای زرد بوده و از ارزش اقتصادی برخوردار است. به این منظور داده‌های حضور و غیاب گونه تحت مطالعه از ۱۰۰ سایت شامل(۵۰ سایت حضور و ۵۰ سایت غیاب) جمع‌آوری گردید و نقشه فاکتورهای محیطی از قبیل فیزیوگرافی(شیب، جهت، ارتفاع)، اقلیم (دما، بارش و...) و خاک (اسیدیته، هدایت الکتریکی و...) در مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ با استفاده از روش‌های کریجینگ و وزن دهی معکوس فاصله برای کل منطقه مورد مطالعه تهیه شد. سپس ارتباط بین داده‌های حضور و غیاب گونه و داده‌های محیطی با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک درختی (LRT) تعیین گردید و به کل منطقه مورد مطالعه تعمیم یافت. نتایج نشان داد که حضور گونه با فاکتورهای محیطی میانگین درجه حرارت و۳ فاکتور خاک(رس، هدایت الکتریکی، کربن آلی) بیشترین میزان همبستگی را دارا می‌باشد، به‌طوری‌که حضور گونه با میزان رس وکربن آلی همبستگی مستقیم و با میزان هدایت الکتریکی همبستگی معکوس دارد. ارزیابی مدل با استفاده از مجموعه داده‌های مستقل، ضریب کاپای ۰/۷۸ و با استفاده از سطح زیر منحنی پلات‌های ROC مقدار ۰/۹۳ را نشان داد که بیانگر توان بالای مدل رگرسیون لجستیک درختی در تولید نقشه پراکنش گونه *Astragalus verus* در مقیاس محلی می‌باشد. مدل تولید شده می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای استفاده مدیران و کارشناسان بخش مرتع به منظور شناسایی مناطق مستعد جهت عملیات اصلاحی همچون بذرکاری و بوته کاری مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون لجستیک درختی، رویشگاه بالقوه، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، گون زرد، فریدون‌شهر

۱. گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: marjan.saki@yahoo.com

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]

مقدمه

بررسی ارتباط بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی همواره از موضوع‌های اساسی در اکولوژی گیاهی بوده است. تهیه نقشه‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی که بر پایه مدل‌سازی آشیان اکولوژیک است، همگام با توسعه روش‌های آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) وارد عرصه علم اکولوژی گیاهی شده است (۱۸). در این روش پراکنش مکانی گونه‌ها براساس توزیع مکانی متغیرهای محیط،که با پوشش گیاهی همبستگی دارند به‌صورت مدل (نقشه، جدول یا نمودار) ارایه می‌شوند. این مدل‌ها می‌توانند نقش برجسته‌ای درنظارت، ارزیابی، احیا، حفاظت و توسعه پایدار اکوسیستم‌های مرتعی ایفا کنند (۱۸). هم‌چنین از ابزارهای بالقوه به منظور کسب اطلاعات درباره علل پراکنش گونه‌ها و تناسب رویشگاه برای گونه‌های گیاهی محسوب می‌شوند.

از آنجا که حضور هرگونه گیاهی تحت تأثیر عوامل محیطی و روابط بین گونه ای است و یک یا چند عامل محیطی بیشترین اثر را در حضور یک گونه گیاهی خاص دارند، اگر به طریقی بتوان عوامل محیطی اثرگذار در پراکنش هرگونه گیاهی را تعیین کرد و رفتار گونه را نسبت به متغیرهای محیطی بررسی نمود می‌توان به مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ای دست یافت (۳). در مدل‌سازی پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی، به نقشه‌های رقومی متغیرهای محیطی واطلاعات مکانی پراکنش گونه‌های گیاهی به‌عنوان ورودی مدل نیاز است. به دنبال آن از مدل های آماری (مدل همبستگی(*Correlative model*)) برای بیان ارتباط بین حضور گونه‌ها و عوامل محیطی استفاده می‌شود (۸). در این مدل‌ها، متغیر پاسخ یا وابسته به‌طور عمده حضور و غیاب گونه مورد نظر و متغیر پیشگو یا مستقل پارامترهای محیطی می باشد و روابط بین متغیرها به‌صورت توابع ریاضی (آماری) ارایه می‌شود. از روش‌های مختلف آماری همچون رگرسیون و رج‌بندی به منظور تعریف روابط بین متغیر پاسخ و متغیرهای پیشگو استفاده می‌شود. در روش‌های رج‌بندی می‌توان رابطه بین کلیه گونه های گیاهی و عوامل محیطی را همزمان تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی کرد درحالی‌که در آنالیز رگرسیون، رابطه هرگونه گیاهی به تفکیک بررسی و به‌صورت یک مدل ارایه می‌شود. در اکولوژی گیاهی مدل‌های رگرسیون به منظورتخمین مقادیر بهینه، تعیین دامنه اکولوژیک گونه های گیاهی و پیش‌بینی عکس‌العمل گونه‌ها (وفور، حضور و عدم حضور) نسبت به عوامل محیطی استفاده می شود (۱۹). مدل های رگرسیون به دو گروه پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می شوند. در روش های پارامتری معمولاً رابطه بین متغیر پاسخ با عوامل محیطی از قبل تعیین شده است (به‌صورت خطی، سیگموئید یا گوسن) درحالی‌که در روش های غیرپارامتری هیچ‌گونه پیش فرضی در رابطه با شکل منحنی عکس‌العمل وجود ندارد. از جمله تحقیقاتی که از مدل‌های رگرسیون پارامتری استفاده کرده اند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

کارتر و همکاران(۲۰۰۶) رابطه بین حضور و غیاب گونه گیاهی *Aphelocoma coerulescens* و عوامل رویشگاهی را با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک ارایه کردند. ارزیابی مدل با استفاده از ضریب کاپا و ماتریس خطا انجام گرفت و نتایج نشان داد مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی رخداد گونه از دقت بالایی برخوردار است (۱۲). لاژوئر و راندین (۲۰۰۶) در جنوب سویس اطلاعات مربوط به ۱۱۷ گونه گیاهی را در ۱۲۵ سایت جمع‌آوری کردند. در هر سایت عوامل ارتفاع، شیب و جهت مطالعه شد. سپس با استفاده از روش رگرسیون لجستیک احتمال رخداد هرگونه گیاهی پیش‌بینی گردید. نتایج حاصله نشان داد که پارامترهای شیب و جهت بیشترین همبستگی را با رخداد گونه‌های گیاهی دارا می‌باشند (۲۱). برخی محققین ارتباط ۷۱ گونه گیاهی با ۱۱ متغیر محیطی (ارتفاع، نور و متغیرهای اقلیمی) را در کوه‌های آلپ با استفاده از روش‌های رگرسیون پارامتری بررسی کردند. نتایج نشان داد که حضور کلیه گونه ها به‌طور ویژه به فاکتورهای محیطی وابسته است (۱۵). زارع چاهوکی و همکاران (۱۳۸۶) در مراتع پشت کوه یزد به منظور تعیین رابطه بین حضور گونه های گیاهی و عوامل محیطی از مدل رگرسیون لجستیک استفاده نمودند. نتایج حاصل

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]

از این تحقیق نشان داد که خصوصیات خاک همچون آهک، سنگریزه، رطوبت اشباع، گچ و هدایت الکتریکی مؤثرترین عوامل تفکیک‌کننده تیپ‌های رویشی است. هم‌چنین نقشه پراکنش تولیدی آنها از ضریب کاپای ۰/۹۸ برخوردار بود (۳). از آنجا که اکثر اکولوژیست‌ها پذیرفته‌اند که رابطه بین حضور گونه‌های گیاهی با عوامل محیطی می تواند به‌صورت غیرخطی باشد، بنابراین بهتر است از مدل‌های غیرپارامتریک در تعیین روابط گونه با عوامل محیطی استفاده شود (۱۸و۲۲). از جمله مدل‌های رگرسیون غیرپارامتری می‌توان به مدل‌های GAM، NPMR ، MARS، LRT اشاره نمود. به‌عنوان مثال در مطالعه‌ای سه روش رگرسیون غیرپارامتری

(NPMR) *Non ParametricMultiplicative Regression* ،

(MARS) *Multivariate Adaptive Regression Spline*) ، (LRT

Logistic RegressionTree

در مقیاس محلی در شرق آلمان بررسی شد و به این نتیجه رسیدند که اگرچه مدل MARS از توان آماری بهتری جهت تولید نقشه‌های پراکنش گونه‌ای برخوردار بود ولی هر سه مدل قابلیت مناسبی از لحاظ تفسیر اکولوژیکی و تولید منحنی های عکس‌العمل گونه دارا هستند (۲۴).

براون (۱۹۹۴) در مطالعه‌ای رابطه بین متغیرهای توپوگرافی، شیب، نور، برف و پتانسیل اشباع خاک را با چهار گونه گیاهی در منطقه پارک در شرق گلاسیر با استفاده از مدل‌های (GLM , *Generalized Linear Models*), (GAM , *Generalized Additive Models*) بررسی نمود. او اظهار کرد که مؤثرترین عامل بر توزیع گونه‌های مورد مطالعه متغیر توپوگرافی می‌باشد (۱۰). کشور ایران خاستگاه اصلی و یکی از مراکز مهم گونه گون زرد است، که علاوه بر نقش حفاظتی، استفاده از صمغ آن (کتیرا) نیز دارای سابقه‌ای بس طولانی است. به منظور جلوگیری از نابودی و شناخت مناطق مستعد رویش این گیاه لازم است ارتباط بین عوامل محیطی با این گیاه بررسی شود و نقشه پراکنش این گونه تهیه گردد (۷). به همین دلیل مطالعه حاضر به منظور معرفی و بررسی توان مدل رگرسیون لجستیک درختی در پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گونه گون زرد در یک مقیاس محلی (مراتع شهرستان فریدونشهر) واقع در استان اصفهان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه درقسمتی از مراتع فریدونشهر استان اصفهان به مساحت ۹۸۰۰۰ هکتار، بین طول جغرافیایی ۳۲ ´۳۸ °۴۹و ″۳۶ ´۱۵ °۵۰ و عرض جغرافیایی ″ ۱۸ ´42 °۳۲ و ″۴۸ ´۶ °۳۳ واقع شده است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع منطقه از سطح دریا ۴۰۰۰ متر و حداقل آن ۱۵۰۰ متر می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه منطقه حدود۴۷۰ میلی‌متر است. به منظور تعیین رویشگاه بالقوه گونه گون زرد، از داده های حضور و عدم حضور گونه مورد نظر در ۱۰۰ سایت مطالعاتی شامل ۵۰ سایت حضور و ۵۰ سایت عدم حضور استفاده شد(۱). بدین منظور از روش تصادفی طبقه‌بندی شده استفاده گردید. ابتدا تیپ‌هایی که در آن گونه مورد مطالعه به‌صورت غالب حضور داشت مشخص گردید و سپس در هر تیپ به‌صورت تصادفی سایت‌ها انتخاب و نمونه‌برداری صورت گرفت. هم‌چنین نقشه مکانی هر یک از عوامل محیطی به شرح جدول ۱ با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰در محیط نرم‌افزار Arc GIS تهیه شد. نقشه‌های خاک و پارامترهای اقلیمی از طریق روش‌های میانیابی (انواع کریجینگ و معکوس فاصله وزنی) تولید شده و لایه‌های فیزیوگرافی (شیب و جهت) با استفاده از نقشه رقومی ارتفاع (*Digital Elevation Model*)(DEM)تهیه گردید. بدین منظور اطلاعات خاک از مطالعات قبلی که در این منطقه صورت گرفته بود جمع‌آوری شد (۷۰ پروفیل خاک) و اطلاعات پارامترهای اقلیمی از ۱۰ ایستگاه معرف منطقه استخراج گردید. به منظور بررسی کفایت داده‌ها و کاربرد روش‌های میانیابی در مدل سازی، ابتدا داده‌ها از نظر نرمال بودن با استفاده از روش کلموگروف-اسمیر نوف (*Kolmogrov - smirnov*) در نرم‌افزار SPSS مورد ارزیابی قرار گرفتند، در صورت عدم نرمال بودن با استفاده از

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]

جدول ۱. متغیرهای محیطی مورد استفاده جهت پیش‌بینی رویشگاه بالقوه گونه گون زرد

خاک	درصد رس، درصد اشباع آب خاک، میزان آهک، درصدکربن آلی، درصد موادآلی، درصد شن، درصد سیلت، هدایت الکتریکی، میزان قلیائیت.
اقلیم	میانگین درجه حرارت روزانه، میانگین درجه حرارت سردترین فصل سال، مینیمم درجه حرارت سردترین ماه سال، درجه حرارت فصلی، میانگین درجه حرارت سالیانه، میانگین درجه حرارت مرطوب‌ترین فصل سال، میانگین درجه حرارت گرم‌ترین فصل سال، ماکزیمم درجه حرارت گرم‌ترین ماه، دامنه درجه حرارت سالیانه، میانگین درجه حرارت خشک‌ترین فصل سال، بارندگی خشک‌ترین فصل، بارندگی سالیانه، بارندگی مرطوب‌ترین فصل سال، بارندگی سردترین فصل سال، بارندگی فصلی، بارندگی مرطوب‌ترین ماه، بارندگی گرم‌ترین فصل، بارندگی خشک‌ترین ماه، هم دمایی
فیزیوگرافی	ارتفاع، جهت، شیب

روش‌های تبدیل لگاریتم و کاکس باکس(*Cox & Box*) نرمال شدند. پس از تبدیل داده ها، آنالیز همبستگی مکانی پارامترهای محیطی با استفاده از مدل های مختلف واریوگرام(گوسن، نمایی، کروی، خطی) بررسی گردید و بهترین مدل واریوگرام با استفاده از مجذور میانگین مربعات خطا (*Root Mean Squar Error*) انتخاب گردید و اثر قطعه‌ای(*Nugget effect*)، دامنه(*Range*) و آستانه (*Sill*) بهترین مدل واریوگرام برای هر یک از پارامترهای خاک استخراج شد. هم‌چنین از نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه ($c_0/(c+c_0)$) به‌عنوان معیاری برای ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها استفاده گردید، وقتی این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد، متغیر مورد نظر دارای ساختار مکانی قوی است.

هرگاه این نسبت بین ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ باشد، ساختار مکانی متوسط و هنگامی‌که بزرگ‌تر از ۰/۷۵ باشد، دارای ساختار مکانی ضعیف است (۱۱). در مرحله بعد نقشه فاکتورهای خاک با استفاده از روش‌های مختلف میان‌یابی(*interpolation method*) (انواع کریجینگ و معکوس فاصله وزنی) تولید گردید و اندازه سلول نقشه‌های خروجی ۹۰ × ۹۰ متر انتخاب گردید لازم به ذکر است که بهترین روش میان‌یابی براساس خطای قدرمطلق میانگین(*Mean Absolute Error*) (MAE) و خطای انحراف از میانگین (*Mean Bias Error*) (MBE) تعیین شد (مقادیر کمتر این شاخص‌ها بیانگر مدل بهتر میانیابی است). رابطه بین حضور و عدم حضور گونه گیاهی با فاکتورهای محیطی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک درختی در محیط نرم‌افزار lotus تعیین گردید. این روش توسط چان و لوح در سال ۲۰۰۴ پیشنهاد شده است (۱۳). رگرسیون لجستیک درختی روشی برای تعیین احتمال رخداد یک پدیده معین (y) با استفاده از چندین متغیر پیشگو (x) است. در این روش فضای داده‌ها به نحوی شکسته می‌شود که ایجاد گروه‌های یکنواخت و همگن نماید به نحوی که واریانس داخل گروه‌ها حداقل و بین گروه‌ها حداکثر گردد. این گروه‌های همگن به نام گره‌های انتهایی(*Terminal nodes*) نامیده می‌شوند و تشکیل یک ساختار درختی می‌دهد. در هر گره نهایی یک معادله رگرسیون لجستیک برازش می‌شود. در مرحله آخر مدل آماری تعریف شده با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS به فضای جغرافیایی تعمیم‌یافته و نقشه احتمال رخداد گونه مورد نظر تولید گردید. معادلات رگرسیون لجستیک که در هر گره نهایی برازش می‌شود به‌صورت کلی زیر است (۱۶):

$$Y = \frac{\left(\mathrm{Exp}\left(b_0 + b_1x_1 + \ldots + b_nx_n\right)\right)}{\left(1 + \mathrm{Exp}\left(b_0 + b_1x_1 + \ldots + b_nx_n\right)\right)} \qquad [1]$$

در این معادله y احتمال رخداد گونه و (b_1و b_2و.....،b_n) ضرایب مدل رگرسیون و xها متغیرهای پیش بینی کننده (عوامل محیطی) می باشد. برای ارزیابی پیش بینی مدل نسبت به واقعیت زمینی از ۴۰ داده مستقل (شامل ۲۰ داده حضور و ۲۰ داده غیاب) استفاده شد و جدول ماتریس خطا(*confusion matrix*) تشکیل گردید و مقادیرشاخص کاپا (k) و سطح زیر منحنی پلات‌های ROC (*AUC of ROC Plot*) با استفاده از

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]

برنامه ارزیابی مدل MEP تولید شده توسط ترکش و همکاران تعیین شد(۲۴).

نتایج

۱. تهیه نقشه‌های محیطی

۱.۱. تولید مدل‌های واریو گرام

با در نظر گرفتن مقدار مجذور میانگین مربعات خطا حاصل از آنالیزهای مدل های واریوگرام (خطی، کروی،گوسی، نمایی) مدل نمایی به‌عنوان بهترین مدل واریوگرام انتخاب گردید (جدول ۲). مقادیر اثر قطعه‌ای، دامنه و سقف بهترین مدل وایوگرام در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به مدل واریوگرام‌ها و نتایج جدول ۲ متغیر کربن آلی خاک دارای ساختار مکانی قوی و متغیرهای رس و هدایت الکتریکی داری ساختار مکانی متوسط می باشند شکل ۲ به‌عنوان نماینده‌ای از مدل های واریو گرام تولید شده برای سه فاکتور محیطی (رس،کربن آلی، هدایت الکتریکی) می‌باشد.

۱.۲. نقشه های محیطی تولید شده با استفاده از روش کریجینگ و معکوس فاصله وزنی

نتایج ارزیابی روش های میانیابی مختلف براساس روش‌های اعتبارسنجی متقابل(*Cross Validation*) و پارامترهای آماری (*Root Mean Squre Erorr*)RMSE، MAE و MBE نشان داد که از بین روش های کریجینگ (معمولی، جهانی، ساده) روش کریجینگ معمولی(*Ordinary Kriging*) برای رس و کربن آلی و کریجینگ جهانی(*Universal Kriging*) برای هدایت الکتریکی نسبت به سایر روش ها دارای کمترین میزان خطا ست، بنابراین از این روش ها برای تهیه نقشه عوامل مورد نظر(کربن آلی، رس و هدایت الکتریکی) استفاده شد (جدول۳). به‌عنوان مثال شکل ۳ چگونگی پراکنش کربن آلی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این نقشه به‌وسیله روش کریجینگ معمولی تولید شده است.

۲. برازش مدل آماری

بهترین مدل رگرسیون لجستیک درختی (LRT) برای پیش بینی احتمال حضور گونه گون زرد با توجه به فاکتورهای محیطی در شکل ۴ نشان داده شده است. تقسیم اولیه داده‌ها در گره‌های اولیه توسط فاکتور اقلیمی میانگین درجه حرارت روزانه صورت گرفت. به این ترتیب که اگر میانگین درجه حرارت روزانه از ۱۴/۳ کوچک‌تر باشد وارد گره ۲ و اگر بزرگ‌تر باشد وارد گره ۳ می شود و در مرحله بعدی اگر فاکتور مذکور از ۱۳/۹ کوچک‌تر باشد گره ۴ و در غیر این‌صورت به گره ۵ منتقل می شود. بدین ترتیب در گره های حاصل شده مقدار واریانس به حداقل رسیده و واریانس بین گره ها حداکثر می باشد. برای هر یک از گره‌های انتهایی یک معادله رگرسیون لجستیک به‌صورت زیر محاسبه گردید.

$$Y=\frac{\left(\mathrm{Exp}\left(-۲۱/۱۰۷+۱۵/۴۵۲(\mathrm{OC})\right)\right)}{\left(۱+\mathrm{Exp}\left(-۲۱/۱۰۷+۱۵/۴۵۲(\mathrm{OC})\right)\right)}$$ (احتمال رخداد =۰/۶۳)

گره ۴

[۲]

$$Y=\frac{\left(\mathrm{Exp}\left(۸/۶۱۹۸-۲۴/۱۱۸(\mathrm{EC})\right)\right)}{\left(۱+\mathrm{Exp}\left(۸/۶۱۹۸-۲۴/۱۱۸(\mathrm{EC})\right)\right)}$$ (احتمال رخداد =۰/۱۹)

گره ۵

[۳]

$$Y=\frac{\left(\mathrm{Exp}\left(-۳۵/۸۸۰+۰/۸۴۴۳۴(\mathrm{Clay})\right)\right)}{\left(۱+\mathrm{Exp}\left(-۳۵/۸۸۰+۰/۸۴۴۳۴(\mathrm{Clay})\right)\right)}$$ (احتمال رخداد =۰/۱۹)

گره ۳

[۴]

در این معادلات:

Y: احتمال حضور گونه گون زرد، OC : درصد کربن آلی خاک، EC : میزان هدایت الکتریکی خاک، Clay : درصد رس خاک

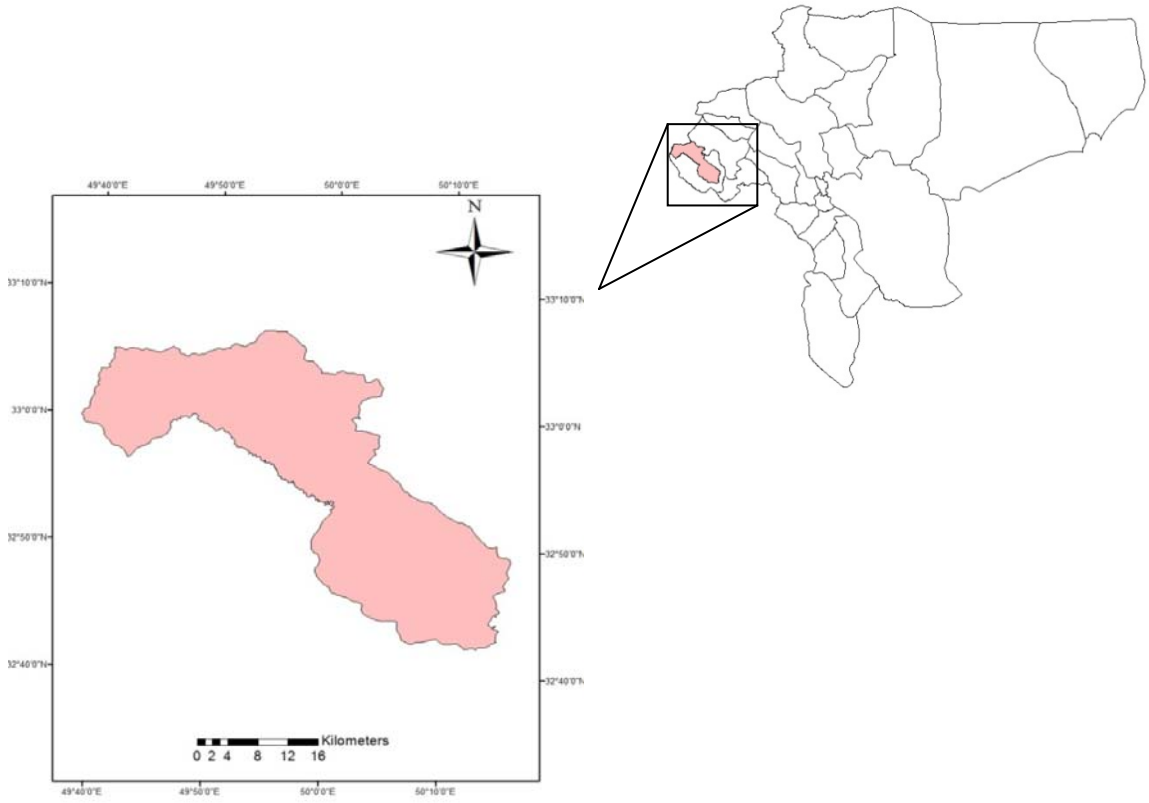
از بین ۳۱ عامل محیطی یک پارامتر اقلیمی (دما) و سه فاکتور خاک (کربن آلی، رس و هدایت الکتریکی) وارد مدل نهایی گردید (شکل۴) و با تعمیم معادلهٔ رگرسیون لجستیک و ساختار درختی آنها در محیط نرم‌افزار Arc GIS نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه گون زرد با اندازه پیکسل ۹۰×۹۰ متر تهیه گردید (شکل ۵). نتایج حاصل از ارزیابی مدل با استفاده از روش ماتریس خطا (شکل۶) نشان داد که مدل پیش‌بینی شده با مقدار ضریب کاپای ۰/۷۸، دارای تطابق عالی می‌باشد (۲۰) و میزان

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]

جدول ۲. اجزای مربوط به تغییرنمای (واریوگرام) خصوصیات خاک انتخاب شده برای تولید نقشه

پارامتر	مدل تغییرنما	اثر قطعه‌ای (c_0)	آستانه($c+c_0$)	$c_0/ (c+c_0)$
هدایت الکتریکی	نمایی	۰/۱۸	۰/۵۳	۰/۳۴
کربن آلی	نمایی	۰/۱۳	۰/۵۱	۰/۲۴
رس	نمایی	۵۲	۱۵۲	۰/۳۴



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان

سطح زیر منحنی پلات‌های ROC برابر ۰/۹۳، نشان‌دهنده تطابق خیلی خوب مدل است (۲۳). هم‌چنین با توجه به ماتریس خطا، صحت کلی مدل ۰/۸۹ و بهترین حد آستانه برای ترسیم نقشه تناسب رویشگاه به‌صورت حضور و عدم حضور ۰/۳۱ می‌باشد.

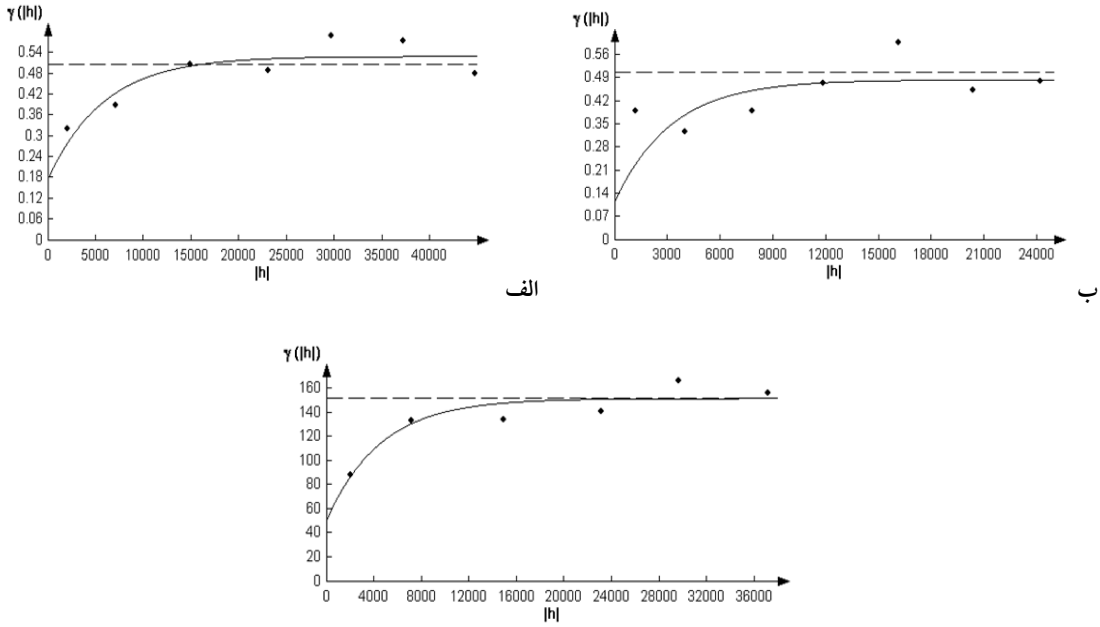
بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که مهم‌ترین عامل محیطی اثرگذار در پراکنش گونه گون زرد، میانگین درجه حرارت روزانه می‌باشد. بیشترین احتمال حضور گونه گون زرد (احتمال رخداد= ۰/۷۵) در میانگین درجه حرارت روزانه بالاتر از ۱۴/۳۱ سانتی‌گراد می‌باشد. به‌طوری‌که در دمای پایین‌تر (کمتر از ۱۴/۳۱ درجه سانتی‌گراد) احتمال رخداد گونه کاهش می‌یابد. در گره های انتهایی درخت سه فاکتور خاک شامل میزان رس، هدایت

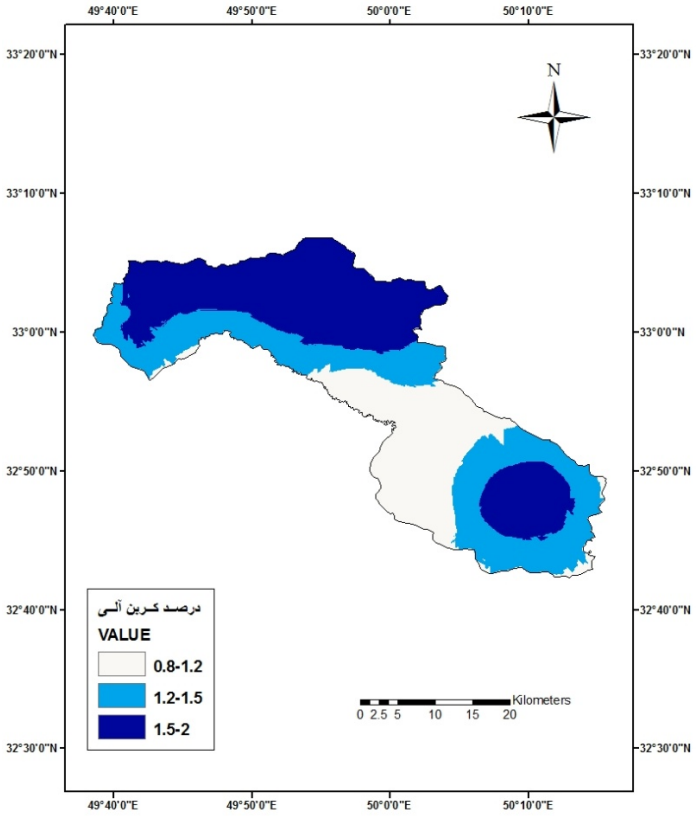
[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]

الکتریکی و میزان کربن آلی وجود دارند که در حضور گونه



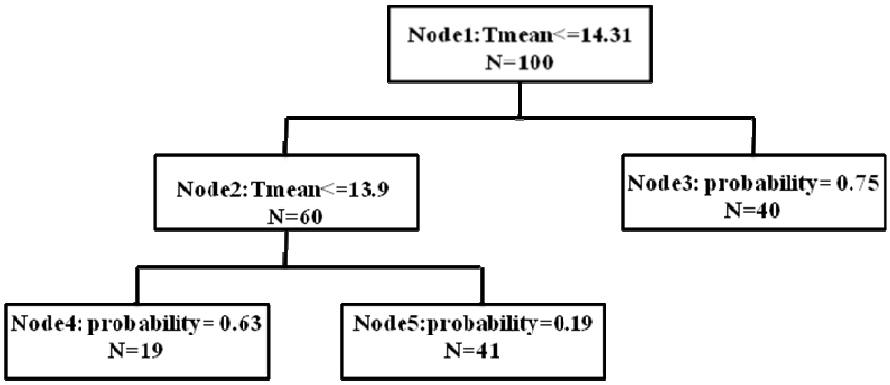
شکل۲. مدل تغییرنمای برازش داده شده بر مدل تغییرنمای تجربی الف) هدایت الکتریکی ب)کربن آلی ج) رس در این شکل Ɣ(h) بیانگر مقدار واریوگرام و(h) فاصله به متر می‌باشد



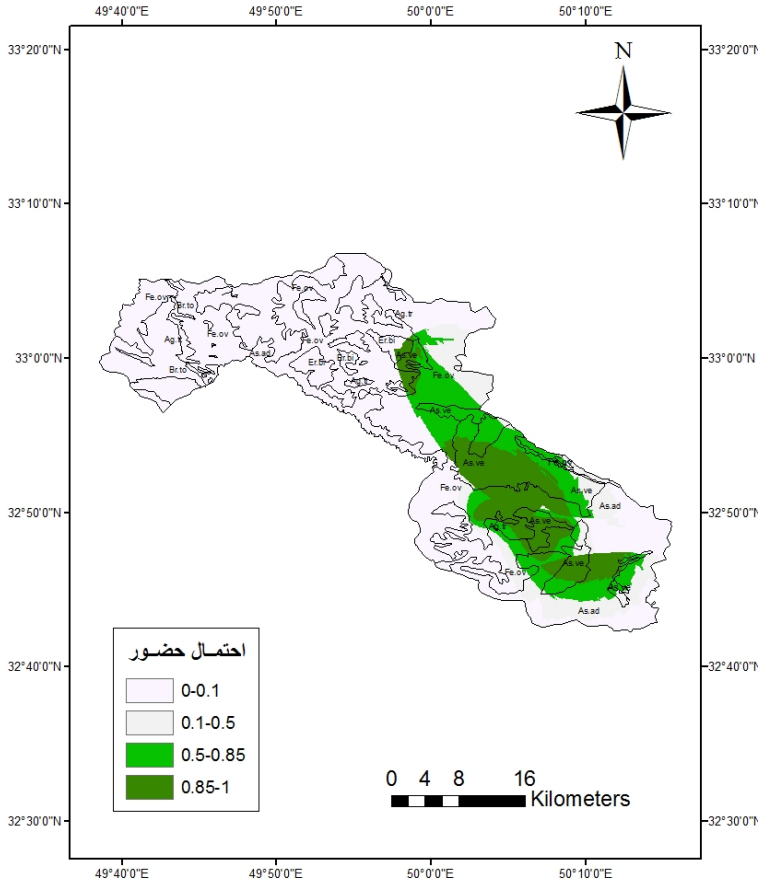
[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]

شکل ۳. نقشه درصد کربن آلی خاک منطقه مورد مطالعه تولید شده با استفاده از روش کریجینگ



شکل ۴. ساختار مدل رگرسیون لجستیک درختی



شکل۵. نقشه پیش‌بینی پراکنش رویشگاه ***Astragalus verus***

پیش‌بینی	واقعیت زمینی		
	−	+	
	۱۱	۵۰	+
	۳۹	۰	−

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]

شکل۶. ارزیابی مدل با استفاده ازماتریس ۲×۲(علامت + بیانگرحضور گونه و علامت- غیاب گونه می‌باشد.)

جدول۳. مقایسه دقت روش‌های مختلف زمین آمار با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل

متغیرها	پارامتر آماری	روش‌های آمار مکانی	
		کریجینگ	وزن‌دهی معکوس فاصله
رس	MAE	۷/۵۶۱	۷/۵۹
	MBE	۰/ ۲۸۲	۰/۲۹
هدایت الکتریکی	MAE	۰/۱۶۶	۰/۱۶۹
	MBE	-۰/۰۲۱۷	-۰/۰۴۷
کربن آلی	MAE	۰/۴۳۹	۰/۴۸۹
	MBE	۰/۰۳۴۷	۰/۱۳۵

گون زرد مهم به نظر می‌آید. با توجه به معادله رگرسیون (۲) و (۴) حضور گونه گون زرد با میزان کربن آلی و با میزان رس رابطه مستقیم و براساس معادله رگرسیون (۳) با میزان هدایت الکتریکی رابطه معکوس دارد. بیشترین احتمال حضور گونه گون زرد در محدوده هدایت الکتریکی ۰/۱ تا ۰/۵ درصد و از لحاظ میزان درصد کربن آلی مقادیر یک تا ۱/۳ درصد و از نظر میزان رس موجود در خاک ۴۲ تا ۵۰ درصد می‌باشد. همان‌طورکه نتایج اغلب پژوهش‌ها نشان می دهد در مطالعات با مقیاس کوچک معمولاً عوامل خاک نسبت به دیگر فاکتورهای محیطی بیشتر تأثیرگذارند (۱۸). رس، کربن آلی و هدایت الکتریکی در تأمین رطوبت خاک و مواد غذایی برای گیاه نقش عمده ای دارند. تغییرات بافت خاک افزون بر تأثیر در جذب مواد غذایی و تهویه بر میزان رطوبت قابل دسترس نیز مؤثر است.

بعضی از محققین همچون فیشر و همکاران معتقدند که میزان رطوبت قابل دسترس از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر استقرار گیاهان است (۱۷). حضور گونه گون با میزان هدایت الکتریکی خاک رابطه معکوس دارد، یعنی با افزایش مقدار این عامل احتمال حضور گونه کاهش می‌یابد. برخی پژوهشگران دیگر نیز نشان دادند که عامل هدایت الکتریکی خاک از مهم‌ترین عوامل خاکی مؤثر در استقرار گیاهان است(۲،۱۴،۳،۴،۵،۶و۱۲). هدایت الکتریکی خاک و یا به‌طورکلی غلظت املاح درخاک یا محیط اطراف ریشه علاوه بر کاهش آب قابل استفاده برای گیاه، موجب به‌هم خوردن تعادل و مقدار یون‌ها می‌شود. از طرف دیگر قلیائیت یا مقدار بالای سدیم نیز باعث تخریب خاکدانه‌ها و کاهش نفوذپذیری در خاک می‌گردد. به‌دلیل غلظت بالای یون‌های سدیم و کلر در محلول خاک‌های شور از جذب بسیاری از عناصر غذایی نظیر پتاسیم، کلسیم و منیزیم کاسته می‌شود. این امر به‌دلیل تأثیر این دو یون بر فعالیت برخی از آنزیم‌ها و نیز جذب انتخابی سلول‌های ریشه است (۹). مواد آلی و هوموس عامل اصلی ایجاد و تشکیل ساختمان خاک بوده و در نتیجه باعث افزایش تخلخل و نفوذپذیری خاک می‌شود. هم‌چنین مواد آلی از ازت غنی هستند و به‌دلیل داشتن صفات جذب سطحی در حد قابل توجهی در نگه‌داری عناصر تبادلی و در اختیار گذاشتن عناصر نقش مهمی ایفا می‌کنند. هدایت الکتریکی، اسیدیته، کلسیم و کربن آلی از ویژگی‌های شیمیایی خاک هستند که بر ترکیب پوشش گیاهی در مناطق خشک تأثیر می گذارند (۵). نقشه پراکنش گونه گون زرد استخراج شده از مدل رگرسیون لجستیک درختی، با توجه به مقادیر کاپا، سطح زیر منحنی پلات ROC و ضریب صحت محاسبه شده با استفاده از ۴۰ داده مستقل، تطابق عالی تا خیلی خوب را براساس طبقه‌بندی برخی از محققین نشان می‌دهد. سطح رویشگاه مناسب این گونه با توجه به نقشه پیش‌بینی منطقه ۲۹۰۰۰ هکتار می‌باشد که حدود ۳۰ درصد از سطح منطقه

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]

مورد مطالعه را می‌پوشاند. ترکش و همکاران (۲۰۱۲) نیز درمطالعه‌ای نشان دادند که LRT از توان بالایی جهت تهیه نقشه‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ها برخوردار است و نقشه‌هایی با ضریب کاپای ۰/۶۱ و سطح زیر منحنی پلات ROC برابر ۰/۸۹ تولید نمودند که طبق طبقه‌بندی برخی از محققین جزء تطابق عالی وخیلی خوب محسوب می‌شود (۲۰ و۲۳). از مزیت‌های مدل رگرسیون لجستیک درختی نسبت به مدل‌های پارامتریک این است که نیازی به نرمال بودن داده‌ها نبوده و قادر است ارتباط بین متغیر پاسخ و متغیرهای پیش‌بینی کننده را بدون هیچ پیش فرضی (خطی بودن، گوسی بودن و ...) استخراج نماید. از جمله مزیت‌های دیگر روش رگرسیون لجستیک درختی استفاده از داده‌های حضور و غیاب جهت مدل‌سازی است که برخلاف سایر فاکتورهای گیاهی (تراکم، تاج پوشش و تولید) اندازه‌گیری آن بسیار ساده است.

آگاهی از ویژگی‌های محیطی رویشگاه هر گونه گیاهی نقش مؤثری در پیشنهاد گونه‌های سازگار با شرایط منطقه دارد (۳). در این تحقیق با استفاده ازتلفیق تکنیک‌های آماری، زمین آمار و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مکان‌های مناسب رویشگاه گونه گون زرد *Astragalus verus* در منطقه تعیین شد و به‌صورت نقشه ارایه گردید. از مدل پیشنهادی LRT می‌توان برای تهیه نقشه‌های پتانسیل پراکنش پوشش گیاهی و معرفی گونه های مناسب در برنامه های اصلاحی مرتع نظیر بذرکاری، بوته کاری وتعیین مناطقی با پتانسیل رویش گونه‌های با ارزش دارویی _صنعتی و یا تعیین مناطق با گونه‌های نادر و در حال انقراض استفاده نمود. هم‌چنین استفاده از نقشه پیش‌بینی برای حفاظت، تنوع زیستی، احیاء اکولوژیک و ارزیابی اثرات تغییرات محیطی همچون تغییر اقلیم در حال افزایش است (۱۸).

منابع مورد استفاده

۱. بصیری، م.، ا. جلالیان و م.ر. وهابی. ۱۳۶۸. طرح تکثیر و مطالعه رویشگاه گیاهان بومی مرتعی منطقه فریدن جلد۲، گزارش‌های پوشش گیاهی، مرتع و خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. جعفری، م. ۱۳۶۸. بررسی رابطه عوامل شوری و پوشش گیاهی و اثرات شوری در ترکیبات معدنی گیاهان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۳. زارع‌چاهوکی، م .ع. ۱۳۸۶. کاربرد روش رگرسیون لجستیک در بررسی رابطه بین حضور گونه‌های گیاهی با عوامل محیطی در مراتع پشتکوه استان یزد. نشریه پژوهش و سازندگی ۷۶ (۱) :۱۳۶-۱۴۳.

۴. عصری، ی. ۱۳۷۲. بررسی برخی از ویژگی های اکولوژیک جوامع گیاهی هالوفیت حاشیه غربی دریاچه ارومیه. نشریه پژوهش و سازندگی ۸ (۱) :۲۱-۲۵.

۵. مقیمی، ج. ۱۳۶۸. بررسی روابط پراکنش پوشش گیاهی با میزان شوری و رطوبت خاک در منطقه اشتهارد کرج. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران .

۶. هویزه، ح.۱۳۷۶. بررسی پوشش گیاهی و خصوصیات اکولوژیک رویشگاه‌های شور حاشیه هور شادگان. نشریه پژوهش و سازندگی ۳۴ (۱) :۲۷-۳۱.

۷. وهابی، م. ر. ۱۳۶۵. بررسی و مقایسه تغییرات پوشش گیاهی، ترکیب و تولید مراتع در وضعیت‌های قرق و چرا در منطقه فریدن. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد،دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

8. Austin, M.P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling* 157 :101-118.

9. Bohera, J.S. and K. Dorffing. 1993. Nutrition of rice varieties under NaCl salinity. *Journal of Plant and Soil* 152: 299-303.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]

10. Brown, G.1994. Predicting Vegetation types at treeline using topography and biophysical disturbance variables. *Journal of Vegetation Science* 5:641-656.
11. Cambardella, C.A, T.B Moorman, J.M. Novak, T.B.Parkin, D.L. Karlen, R.F. Turco and A.E Konopka. 1994. Field –scale variability of soil properties in Central lowa soils. *Soil Science Society. American Journal* 58: 1501-1511.
12. Carter, G. M,. E.D Stolen and D.R Breininger. 2006. A rapid approach to modeling species–habitat relationships. *Journal of Biological Conservation* 127: 237–244.
13. Chan, K. and W. Loh. 2004. LOTUS: An algorithm for building accurate and comprehensible logistic regression trees. *Journal of Computational and Graphical Statistics.* 13:826-852.
14. Corneval, N.J. and P.S. Torres.1990. The relevance of physical factors on species distribution in inland salt marshes (Argentina). *Coenoses* 5(2):113-120.
15. Dirnbock, T. and S. Dullinger. 2004. Habitat distribution models, spatial autocorrelation, functional traits and dispersal capacity of alpine plant species . *Journal of Vegetation Science* 15(1):77-84.
16. Durey, R.S. and M. Pessarakli. 1995. Phsiological mechanism of nitrogen absorption and assimilation in plants under stress conditions. PP.605-625. *In*: Pessarakli, M.(Ed.), Handbook of Plant and Crop Physiology. Macel Dekker Inc., NewYork.
17. Fisher, F.M., J.C. Zak and G. Cunniw. 1987. Water and nitrogen effect pattern of creosote bush in northern Chin. *Range Management* 41:384-391.
18. Guisan, A. and N. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147–186
19. Jongman, R.H.G. C.J.F Break and O.F.R.Tongeren.1987. Data Analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, Wageningen, 299 pp.
20. Landis, J.R. and G.G. Koch. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33: 159–174.
21. Lassueur, T.S. and Randin, C. F. 2006,Very high resolution digital elevation models: Do they improve models of plant species distribution?, *Journal of Ecological Modeling*198: 139-153.
22. Latimer, A.M. A.E Gelfand and J.A.Silander. 2005. Building statistical models to analyse species distributions. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut, 52pp.
23. Swets, J.A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240:1285-1293.
24. Tarkesh, M. and G. Jetshcke. 2012. Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale, Environmental and Ecological statistics, DOI: 10. 1007/s10651-012-0194-3.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1391.1.2.3.7]