بررسی تناسب رویشگاهی استقرار گونه وشاء *Dorema ammoniacum* در مراتع سبز دشت بافق، استان یزد

۱- مصطفی زارع، دانشجوی دکتری علوم مراتع، گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، پژوهشگر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی یزد، یزد
۲- اردوان قربانی، دانشیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
a_ghorbani@uma.ac.ir
۳- مهدی معمری، استادیار، گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۴- حسین پیری صحراگرد، استادیارگروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۵- رئوف مصطفی‌زاده، استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۳
پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۱۳

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی کارآیی روش رگرسیون لجستیک در تعیین عوامل محیطی مؤثر بر حضور گونه *Dorema ammoniacum* D. DON. و شناسایی شرایط رویشگاهی این گونه انجام شد. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش سیستماتیک-تصادفی از طریق پلات‌گذاری در امتداد ۹ ترانسکت در منطقه حضور و ۹ ترانسکت در منطقه عدم حضور انجام شد. سطح پلات‌ها با توجه به نوع گونه‌های موجود به روش سطح حداقل و تعداد آن با توجه به روش آماری ۱۰ پلات در امتداد هر ترانسکت تعیین شد. داده‌های مربوط به حضور و عدم حضور گونه (۱۸۰ پلات نمونه از هر کدام) جمع‌آوری و عوامل محیطی محل نمونه‌برداری شامل پستی و بلندی، اقلیم و خاک بررسی شد. برای نمونه‌برداری خاک اقدام به حفر پروفیل در ابتدا، انتها و وسط هر ترانسکت، از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتری شد، سپس نمونه‌های هر عمق با هم مخلوط و به عنوان یک نمونه مرکب آماده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه بر اساس روش‌های معمول اندازه‌گیری شد. مدل‌سازی پیش بینی رویشگاهی به روش رگرسیون لجستیک انجام گرفت و نقشه پیش‌بینی رویشگاه گونه وشاء *D. ammoniacum* با استفاده از مدل پیش‌بینی تهیه شد. بر اساس نتایج مدل پیش‌بینی، شیب رویشگاه، آهک و رس عمق دوم خاک بیشترین تأثیر در پراکنش گونه را دارند. بعد از تعیین آستانه بهینه حضور، میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی با استفاده از ضریب کاپا اندازه‌گیری شد. با توجه به آستانه بهینه حضور (۰/۵) و ضریب کاپای به دست آمده (۰/۵) نتایج نشان دهنده توافق خوب ارزیابی است. نتایج نشان داد که روش رگرسیون لجستیک قادر است رویشگاه گونه *D. ammoniacum* را پیش‌بینی کند، بنابراین پراکنش این گونه مهم و با ارزش به همراه اطلاعات استخراج شده از این تحقیق می‌تواند در مکان‌یابی مناطق برای جهت احیای رویشگاه آن در منطقه مورد مطالعه و مناطق اکولوژیکی مشابه کمک نماید.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی گسترش گونه؛ تناسب رویشگاهی؛ رگرسیون لجستیک؛ عوامل محیطی؛ وشاء.

مقدمه

تأثیر عوامل محیطی بر پراکنش گونه‌های گیاهی نتیجه نیازهای اکولوژیکی هریک از گونه‌های گیاهی در مناطق مورد مطالعه است. پیش‌بینی گسترش گونه‌های گیاهی بر اساس رابطه بین توزیع پوشش گیاهی و متغیرهای مؤثر محیطی صورت می‌گیرد [۱، ۳]. وجود رابطه معنی‌دار بین عوامل محیطی و پوشش گیاهی موجب می‌شود که استقرار یک جامعه گیاهی خاص در آن منطقه محدود یا گسترش یابد [۳]. شناخت ویژگی‌های محیطی رویشگاه با استفاده از روش‌های مدل‌سازی می‌تواند بر مدیریت بهینه پوشش گیاهی کمک کند [۱۳،۳،۱].

هدف از تهیه نقشه پیش‌بینی رویشگاهی گونه‌های گیاهی استخراج روابط بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی است. برای تعیین تناسب رویشگاه برای استقرار گونه‌های گیاهی و جانوری از مدل‌های پیش‌بینی استفاده

می‌کنند [۱۳، ۱۵]. به منظور بررسی روابط بین عوامل محیطی و گونه‌های گیاهی از روش‌های آماری مختلفی مانند رگرسیون و رسته‌بندی استفاده می‌شود [۱۳،۳،۱]. مدل‌های رگرسیونی در بوم‌شناسی به طور عمده برای اهداف تخمین مقدار بهینه و دامنه گسترش اکولوژیکی گونه‌ها، پیش‌بینی پاسخ گونه‌ها (حضور، عدم‌حضور و فراوانی) نسبت به عوامل محیطی استفاده می‌شوند [۹، ۱۸].

یکی از مدل‌های آنالیز چند متغیره که برای پیش‌بینی حضور و عدم‌حضور یک گونه گیاهی بر اساس متغیرهای پیش‌بینی‌کننده استفاده می‌کند، رگرسیون چند متغیره است[۵، ۱۸]. در روش رگرسیون لوجستیک امکان برقراری ارتباط رگرسیونی چند متغیره بین چندین متغیر مستقل و یک متغیر وابسته وجود دارد. از مهم‌ترین مزیت‌های روش رگرسیون لجستیک استفاده از داده‌های حضور و عدم‌حضور برای مدل‌سازی است که اندازه‌گیری آن بر خلاف سایر عوامل گیاهی (تراکم، تاج پوشش و تولید) بسیار ساده است [۱۳، ۱۶، ۳۴]. وقتی متغیرهای پاسخ دوتایی هستند، رگرسیون لجستیک، که از یک تابع لوجیت برای توضیح رابطه بین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و پاسخ استفاده می‌کند، مناسب‌ترین روش است [۶، ۷، ۳۰، ۳۳]. مدل رگرسیون لوجستیک توسط محققین مختلف برای مدل‌سازی رویشگاه استفاده شده است [۳، ۴، ۲۴، ۲۶، ۳، ۳۴].

به طور مثال، در بررسی توصیف مکانی گونه مهاجم *Eragrostis curvula* در نیوجرسی (ایالات متحده) با استفاده از رگرسیون لجستیک، پیش‌بینی موفقیت‌آمیز حضور این گونه را ۸۲/۳۵ درصد و صحت پیش‌بینی کلی مدل را ۸۰/۱ درصد برآورد نمودند [۲۰]. هم‌چنین در تحقیقی در پیش‌بینی پراکنش گونه جاشیر *Prangos ulopetra* با استفاده از روش رگرسیون لجستیک و آنتروپی حداکثر در مراتع جنوبی استان اردبیل، نتیجه‌گیری کردند که بارندگی بیش‌ترین تأثیر را در پراکنش گونه مذکور داشته و صحت روش پیش‌بینی بر اساس شاخص کاپا، ۰/۶۵بوده است. آنها همچنین نتیجه‌گیری کردند که صحت روش رگرسیون لجستیک در مقایسه با روش آنتروپی حداکثر قابل اطمینان‌تر بوده است [۷]. در پژوهشی دیگر که مدل‌سازی پراکنش گیاهان دارویی *Thymus kotschyanus* Boiss و *Achilla millefoliu* را با روش تحلیل آشیان بوم‌شناختی و رگرسیون لجستیک در منطقه چهارباغ استان گلستان انجام گرفت نتیجه‌گیری شد که بر اساس رگرسیون لجستیک، حضور گونه آویشن با ارتفاع دارای رابطه مستقیم و با هدایت الکتریکی رابطه عکس داشته است، لیکن گونه بومادران با ارتفاع رابطه عکس و با درصد رطوبت اشباع رابطه مستقیم نشان داد [۳].

پیش بینی توزیع گونه *Leucanthemum Vulgare* Lam. در رویشگاه فندقلوی استان اردبیل با استفاده از روش رگرسیون لجستیک انجام و نتایج آنها نشان داد که وجود گیاه *L. vulgare* با دما و عوامل محتوای آب حجمی خاک رابطه مثبت و با هدایت الکتریکی، سدیم و عوامل رس قابل انتشار رابطه منفی داشته است. همچنین ارزیابی مدل نشان داد که رگرسیون لجستیک قادر به پیش‌بینی توزیع زیستگاه‌های گونه مورد مطالعه بوده است (K=0.55) [۱۳].

در پژوهشی دیگر که مدل‌سازی پراکنش مکانی رویشگاه‌های *Agropyron intermedium* و *Stipa barbata* با روش رگرسیون لجستیک در مراتع طالقان میانی انجام گرفت، نتیجه‌گیری شد که در ظهور و پراکنش گونه *S. barbata* جهت جغرافیایی و افزایش آهک خاک تاثیر مستقیم داشته است؛ همچنین در استقرار و توزیع گونه *A. intermedium* افزایش ارتفاع (تا ۲۵۵۱ متر) بیش‌ترین تأثیر را داشته است. ارزیابی میزان تطابق مدل پیش‌بینی با نقشه واقعی تیپ‌های گیاهی با استفاده از شاخص کاپا نشان داد که مدل رگرسیون لجستیک قادر به پیش‌بینی رویشگاه هر دو گونه در سطح بسیار خوب بوده است [۳۶].

در پژوهشی دیگر پراکنش مکانی رویشگاه گونه‌های مراتع جنوب استان گلستان با استفاده از روش رگرسیون لجستیک بررسی و نقشه پیش‌بینی پراکنش هر گونه گیاهی تهیه شد. آنها برای ارزیابی میزان تطابق نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی از شاخص کاپا استفاده کردند، بطوری‌که رویشگاه *Festuca ovina-Astragalus gossipinus* با کاپای ۰/۹۸ دارای بیشترین صحت و

تیپ *Bromus tomentellus-Festuca ovina* با کاپای ۰/۵۷ دارای کمترین صحت در تولید نقشه رویشگاه را داشته است [۵].

در تحقیقی که پیش‌بینی پراکنش رویشگاهی گونه‌های گیاهی مراتع غرب تفتان با استفاده از روش رگرسیون لجستیک انجام شد، میزان تطابق نقشه‌های حاصل با نقشه واقعی با استفاده از ضریب کاپا بررسی و نتایج آنها نشان داد که روش رگرسیون لجستیک برای گونه‌های *Artemisia aucheri* و *Amygdalus scoparia* که دارای شرایط رویشگاهی منحصر به فردی است مدل پیش‌بینی مناسب‌تری فراهم می‌کند [۲۸]. علاوه بر پژوهش‌های فوق، محققین دیگری نیز از روش رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی گونه‌های گیاهی استفاده کرده‌اند و به نتایج مشابه دست یافته‌اند [۳، ۴، ۱۹، ۲۵، ۲۷، ۲۹، ۳۲، ۳۴، ۳۷، ۳۹].

گیاهان دارویی جزء ذخایر منابع طبیعی هستند. نوع، تعداد و تنوع گونه‌های گیاهی بر اساس شرایط و موقعیت جغرافیایی هر منطقه متفاوت است. برداشت بی‌رویه از رویشگاه‌های گیاهان دارویی و صنعتی، باعث تخریب این رویشگاه‌ها شده است؛ به‌طوری که بسیاری از گیاهان دارویی در معرض انقراض قرار گرفته‌اند [۳].

گونه گیاهی وشاء با نام علمی *Dorema ammoniacum* D. DON. از خانواده چتریان (Apiaceae)، گیاهی علفی چندساله و مونوکارپیک است. این گیاه با نام‌های فارسی وشاء، اشتک، اشترک، کما، کماکندل و وشق نیز شناخته می‌شود. این گونه انحصاری ایران بوده و در استان‌های واقع در مرکز، شرق و جنوب شرق ایران رویش دارد [۲۳]. از گیاهان با ارزش علوفه‌ای، صنعتی و دارویی است در مجاری ترشحی ساقه دمبرگ و ریشه این گیاه شیره شیری رنگی جریان دارد که حاوی مواد مؤثره گام آمونیاک (گُم آمونیاک) است که مصارف دارویی، صنعتی و علوفه‌ای دارد [۲۳، ۴۰].

گونه *D. ammoniacum* از گونه‌های مقاوم به خشکی است و با شرایط خاکی متنوع، خاک‌های تکامل نیافته تا تکامل یافته، نسبتا عمیق تا عمیق، بافت خاک سبک و لومی شنی، دارای سنگ و سنگ‌ریزه با نفوذپذیری کند تا سریع، و اسیدیته (pH) ۳/۸ تا ۸/۷ می‌تواند به عنوان رویشگاه مناسب این گونه محسوب شود [۴۰]. این تحقیق با توجه به اهمیت گونه وشاء، با هدف بررسی و شناخت مهم‌ترین و اثرگذارترین عوامل اکولوژیکی در پراکنش این گونه انجام شده است.

با انجام این تحقیق شناخت کاملی از رویشگاه‌های آن در مراتع سبز دشت بافق استان یزد بدست خواهد آمد و رویشگاه‌های مناسب بر اساس مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک با تهیه نقشه پتانسیل مشخص خواهد شد. با توجه به کمبود اطلاعات در ارتباط با این گونه از لحاظ امکان استفاده از آن در احیاء مراتع تخریب یافته و همچنین بهره‌برداری از آن، تهیه نقشه پیش‌بینی می‌تواند در احیاء رویشگاه‌های تخریب یافته مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در غرب استان یزد در ۵۰ کیلومتری جنوب غربی شهرستان بافق در محدوده جغرافیایی °۵۵ و ′۴۲ و ″۳۰ تا °۵۶ و ′۲ طول شرقی و °۳۱ و ′۲۶ و ″۳۰ تا °۳۱ و ′۴۷ و ″۳۰ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). منطقه از نظر ژئومورفولوژی عمدتا دشتی با ارتفاع متوسط ۲۱۰۰ متر از سطح دریا و مساحت آن حدود ۶۴۰۰۰ هکتار می‌باشد که در حدود ۲۴۰۰۰ هکتار از منطقه گونه مورد مطالعه حضور دارد. متوسط بارندگی سالانه ۱۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد که عمدتاً به صورت باران و برف در زمستان اتفاق می‌افتد. میانگین درجه حرارت سالانه ۱۵/۵°C و اقلیم منطقه نیمه خشک سرد می‌باشد. خاک عرصه مورد مطالعه شنی و لومی است. دامداری به روش رمه گردانی می‌باشد که دام‌ها توسط چوپان هدایت می‌شوند.

پوشش گیاهی منطقه از گونه‌های دائمی و چندساله تشکیل شده است. گیاهان یک‌ساله سهم کمی در پوشش دارند. این گیاهان با بارندگی‌های بهاره رویش پیدا کرده و عمدتاً علفی و گندمی‌ها بوده و در اوایل بهار مورد چرای شدید دام قرار می‌گیرند. گیاه *D. ammoniacum* به عنوان گیاه همراه و شاخص در عرصه مورد مطالعه حضور دارد. شکل رویشی این گیاه علفی چندساله، که در ابتدای

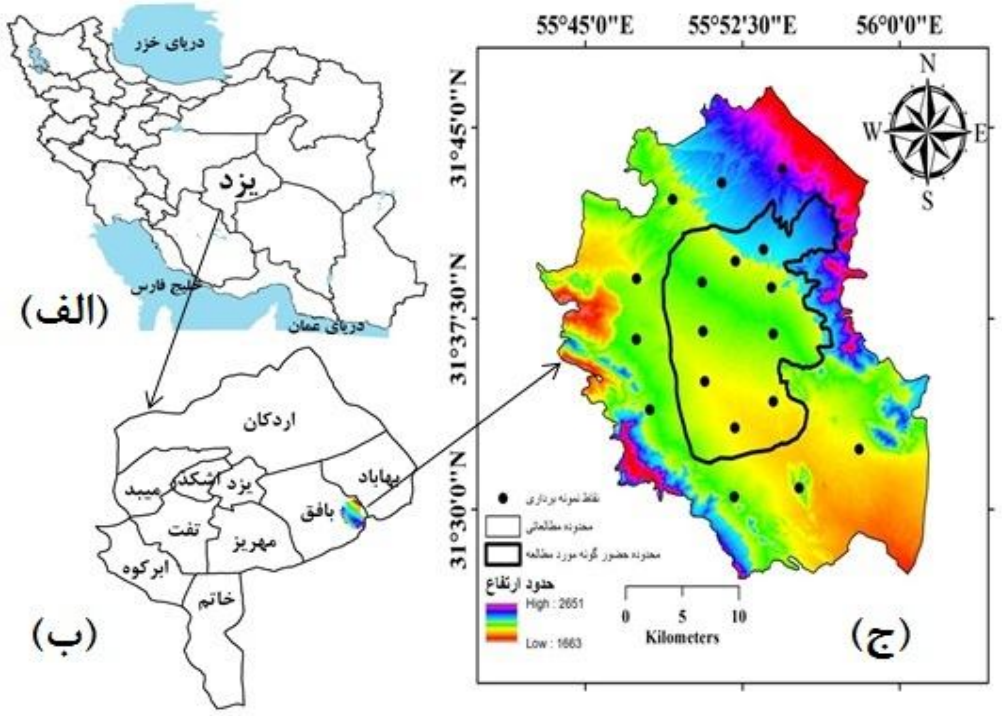
فصل بهار رویش دارد و در اواسط تابستان اندام هـوایی زرد و سپس خشک می شود. بـر اسـاس نقشـه پوشـش‌گیاهی تهیه شده (بر مبنای روش فلورستیک)، در محدوده منطقه مطالعاتی ۱۲ تیپ گیاهی به شرح زیر گسترش دارد [۲]:

Ar. Aucheri- Eurotia ceratoides,
Ar. Sieberi-Scariola orientalis,
Ar. sieberi-Cousinia desertii,
Hammada salicornia,
Ar. Sieberi-Zygophyllum eurypterum-Eu. Ceratoides,
Co. desertii,
Eu. Seratoides,
Ar. Seiberi-Petropyrum aucheri,
Ar. Sieberi-Salsola tomentosa,
Ar. Sieberi- Convulvulus leiocalycinus,
Ar. Sieberi-Zy. Eurypterum-Aellenia subaphylla,
Ar.sieberi-Astragalus spp.

تهیه داده‌های پایه

در رویشـگاه مـورد مطالعـه، پـراکنش فعلـی گونـه *D. ammoniacum* به عنوان منطقه حضور و مناطق مجـاور و اطراف آن با همان شرایط اکولـوژیکی بـه عنـوان منطقـه عدم حضور گونه با بازدیدهای میدانی در نظر گرفتـه شـد. در هرکدام از مناطق حضور و عدم حضور سه مکان در نظر گرفتـه شـد. نمونـه‌بـرداری از پوشـش گیـاهی بـه روش سیستماتیک-تصادفی از طریق پـلات‌گـذاری در امتـداد ۹ ترانسکت در منطقه حضور و ۹ ترانسکت در منطقـه عـدم-حضور انجام شد. به‌طوری‌که سه ترانسکت در هر سایت بـه عنوان تکرار در نظر گرفته شد.

طول خطوط نمونه‌برداری با توجه به شـرایط منطقـه و تراکم پوشش گیاهی ۳۰۰ متر تعیین شد. سـطح قطعـات نمونه‌برداری با توجه به نوع گونه‌های گیاهی موجود، تراکم پوشش آنها و خصوصیات مورد نظر برای اندازه‌گیـری بـین ۲ تا ۱۶ مترمربع مشخص شد. انـدازه نمونـه بـا توجـه بـه تغییرات پوشش گیاهی و روش آماری (معادله ۱)، ده پلات در امتداد هر ترانسکت تعیین شد [۲۰، ۳۵] و برای نمونـه برداری از خاک، در امتداد هر ترانسکت سـه پروفیـل حفـر شد. سپس نمونه‌های هـر عمـق جداگانـه از پروفیـل‌هـای ابتدا، وسط و انتهای هر ترانسکت، با هـم مخلـوط و نمونـه مرکب تهیه شد.



شکل۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه الف) در ایران، ب)استان یزد و ج)شهرستان بافق

عمق پروفیل‌ها با توجه به عمق مؤثر ریشه‌دوانی گونه مورد مطالعه به طور متوسط ۶۰ سانتی‌متر انتخاب شد و از آن جایی که بیشترین فعالیت ریشه گونه مورد مطالعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر است [۲۸] به عنوان عمق اول و لایه ۶۰-۳۰ سانتی‌متر به عنوان عمق دوم انتخاب شد.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده خاک در آزمایشگاه شامل: سنگ و سنگریزه[1]، بافت (روش آب سنج بویکوس[2])، درصد رطوبت اشباع (SP)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC / روش استخراج اشباع شده[3])، اسیدیته خاک (pH / روش پتانسیومتری[4])، درصدآهک (TNV/ روش تیتراسیون[5])، گچ، درصد کربن آلی خاک (OC)، درصد مواد آلی (OM / روش والکی و بلاک، ۱۹۷۹[6])، املاح محلول شامل: سدیم (Na) و پتاسیم (K / روش نورسنج شعله[7])، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، کلر (Cl)، کربنات (CO_3^{2-})، بی‌کربنات (HCO_3^- / روش تیتراسیون) و سولفات (SO_4^{2-} / روش اسپکتروفتومتر[8]) اندازه‌گیری شدند.

موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری نیز بوسیله سیستم موقعیت‌یاب جهانی[9] ثبت شد. نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه و اطلاعات هر یک از پارامترهای فوق برای نقاط نمونه‌بردای استخراج شد.

$$n = \left(\frac{t\alpha CV}{d}\right)^2 \qquad (۱)$$

که در آن: t_α: مقدار t‌ی استیودنت با n-۱ درجه آزادی در سطح ۵ درصد، CV: ضریب تغییرات و برابر $CV = \left(\frac{s}{\bar{x}}\right)100$، که درآن S: انحراف معیار و $\bar{x}$: میانگین مقادیر نمونه‌گیری اولیه و d: درصد صحت مدنظر است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور شناسایی عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه و ارائه یک مدل مناسب برای گونه از مدل پارامتریک رگرسیون لوجستیک استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل خصوصیات خاک، توپوگرافی و اقلیمی (درجه حرارت و بارندگی) و حضور و عدم حضور گونه به عنوان متغیر پاسخ در نظر گرفته شدند (جدول ۱). برای استفاده از داده‌های محیطی، نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از روش کلموگروف-اسمیرنوف[10] (KS) و اندرسون دارلینگ[11] (AD) در سطح احتمال ۹۵ درصد در نرم افزار R انجام شد. در صورت غیرنرمال بودن با استفاده از روش‌های تبدیل لگاریتم، جذر و باکس-کاکس[12] نرمال و در نهایت درصورتی که امکان نرمال سازی وجود نداشت از روش‌های غیر پارامتریک در زمین آمار مانند IDW[13] (وزن دهی معکوس فاصله) استفاده شد. مدل رگرسیون لوجستیک، تعمیمی از مدل خطی عمومی (GLM[14]) است. در سیستم‌های خطی همچون رگرسیون چندگانه خطی، از روش‌های حداقل مربعات خطا یا حداقل درست‌نمایی برای تخمین ضرایب رگرسیونی استفاده می‌شود. اما به دلیل ماهیت طبقه‌بندی متغیرهای پاسخ در مدل‌های رگرسیون لوجستیک استفاده مستقیم از این روش‌ها برای تخمین پارامترهای معادله امکان‌پذیر نیست. بنابراین، برای تبدیل روابط غیرخطی به خطی از تبدیل لگاریتمی استفاه شد، که مدل حاصل مدل لگاریتم طبیعی یا لوجیت است [۳۲]. معادله کلی رگرسیون لوجستیک به‌صورت معادله ۲ می‌باشد [۳۶].

$$Y=Exp(b_0+b_1x_1+\ldots+bnxn)/1+Exp(b_0+b_1x_1+\ldots+b_nx_n) \qquad (۲)$$

که در آن، Y احتمال رخداد گونه مورد نظر و $(b_0+b_1x_1+\ldots+b_nx_n)$ ضرایب مدل رگرسیون و xها متغیرهای پیش‌بینی‌کننده هستند. برای اجرای رگرسیون لوجستیک از نرم‌افزار SPSS16.0 استفاده شد.

[1] - Stone
[2] - Bouyoucos hydrometer method
[3] - Saturated extraction method
[4] - Potentiometric method
[5] - Litration method
[6] - Walky and Block
[7] - Flame photometer method
[8] - Spectrophotometer method
[9] - Global Position System
[10] - Kolmogrov-smirnov
[11] - Anderson-darling
[12] - Cox & Box
[13] - Inverse Distance Weighting
[14] - Generalized Linear Model

جدول۱. متغیرهای محیطی استفاده شده در فرآیند مدل‌سازی

نام متغیر	علامت اختصاری	واحد	نام متغیر	علامت اختصاری	واحد
سنگ و سنگریزه	Stone	درصد	منیزیم	Mg	درصد
شن	Sand	درصد	پتاسیم	K	درصد
سیلت	Silt	درصد	کلر	Cl^-	درصد
رس	Clay	درصد	کربنات	Co_3^{2-}	درصد
رطوبت اشباع	Sp	درصد	بی‌کربنات	Hco_3^-	درصد
هدایت الکتریکی	EC	دسی زیمنس بر متر	سولفات	So_4^{2-}	درصد
اسیدیته خاک	pH	-	میانگین بارش سالانه	A.m.p	میلی متر
آهک	TNV	درصد	میانگین دمای سالانه	A.m.t	درجه سانتی‌گراد
کربن آلی خاک	OC	درصد	شیب	Slope	درصد
مواد آلی	OM	درصد	جهت	Aspect	درجه
سدیم	Na	درصد	مدل رقومی ارتفاع	DEM	متر
کلسیم	Ca	درصد			

قبل از انجام رگرسیون لجستیک عدم وجود هم‌خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل از طریق محاسبه عامل تورم واریانس (VIF)[1] بررسی شد و متغیرهای با VIF بیشتر از ۱۰ از تجزیه و تحلیل حذف شدند[۱۳]. به منظور تهیه نقشه خصوصیات خاک و شیب مورد استفاده، در ابتدا وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده‌ها با استفاده از اجزاء مدل تغییرنما (واریوگرام) در نرم افزار GS+ Ver. 5.1.1 بررسی شد.

از بین مدل‌های مختلف واریوگرام شامل گوسی، کروی، نمایی و خطی، بهترین مدل بر اساس شاخص خطای مجذور میانگین ($RMSE^2$) بررسی شد. هرچه مقدار خطای مجذور میانگین به مقدار ایده آل (صفر) نزدیک‌تر باشد، مدل برازش شده بهتر است. خطای مجذور میانگین بیانگر میزان انحراف مقادیر پیش بینی شده از مقادیر مشاهده شده (واقعی) می‌باشد.

پس از ترسیم مدل واریوگرام و انتخاب بهترین مدل، بر اساس اجزای واریوگرام یعنی حد آستانه و اثر قطعه‌ای ساختار مکانی داده‌ها بررسی شد. بنابراین با تعیین اثر قطعه‌ای (C_0) به حد آستانه ($C+C_0$) میزان وابستگی مکانی متغیرها بر اساس جدول ۲ تعیین شد [۲۸، ۳۲].

جدول۲. تعیین وابستگی مکانی متغیرها

وابستگی مکانی	نسبت (درصد) $C/C+C_0$
ضعیف	X<۲۵
متوسط	۲۵<X<۷۵
قوی	X>۷۵

به منظور انتخاب بهترین روش میان‌یابی از شاخص‌های میانگین قدر مطلق خطا (MAE^3)، میانگین انحراف خطا (MBE^4) و همچنین جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد (معادلات ۳، ۴ و ۵). با استفاده از روش کریجینگ و وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) به عنوان کم خطاترین روش‌ها، نقشه ویژگی‌های خاک، با استفاده از نرم افزار ArcGIS10.4.1 تولید شدند [۱۴، ۳۷].

(۳) خطای مجذور میانگین

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}\right]^{\frac{1}{2}} \times \frac{100}{\bar{O}}$$

(۴) میانگین قدر مطلق خطا

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|P_i - O_i|}{n}$$

[1] - Variation Inflation Factors
[2] - Root Mean Square Error
[3] - Mean Absolute Error
[4] - Mean Bias Error

(۵) میانگین انحراف خطا

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)}{n}$$

P_i: مقادیر پیش بینی شده، O_i: مقادیر واقعی و n تعداد نقاط است. بر اساس این سه تابع، روشی دارای بالاترین صحت است که MBE به صفر نزدیک باشد و میزان RMSE و MAE در کمترین مقدار مابین این روش‌ها باشد.

با استفاده از رابطه ۲ و اعمال ضرایب مربوط به هر متغیر در هر لایه اطلاعاتی مربوطه در سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه پیش‌بینی گونه *D. ammoniacum* تهیه شد. پس از تهیه نقشه پیش‌بینی، اقدام به تعیین آستانه بهینه حضور شد، که نشان دهنده مقادیر پیش بینی شده به عنوان حضور یا عدم حضور گونه‌ها و در تفسیر نتایج مدل‌سازی استفاده شد [۲۲، ۲۷، ۲۷]. در تعیین آستانه بهینه حضور از روش‌های حد آستانه ثابت و ضریب کاپا و رویکرد فراوانی گونه استفاده شد [۲۸،۲۷].

با توجه به کیفیت مدل حاصل، آستانه بهینه حضور برای گونه مورد مطالعه، با استفاده از رویکرد حساسیت[1] و اختصاصیت[2] و روش پیشنهادی میلر تعیین شد. بر اساس این روش، در مرحله اول نقشه احتمال حضور در سطوح احتمال ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ و ۱ تهیه شد؛ سپس تطابق این نقشه‌ها با نقشه واقعی با استفاده از نرم‌افزار TerrSet Ver.18.31 مقایسه شد. با استفاده از نسبت‌های حاصل برای هرکدام از مؤلفه‌های مربوط به حساسیت، اختصاصیت و صحت کلی[3] مدل، نموداری تهیه شد که بر اساس این نمودار، آستانه بهینه حضور مشخص شد. براساس این نمودار آستانه بهینه نقطه‌ای است که در آن نقطه، این سه خط همدیگر را قطع کنند [۲۷، ۲۸].

سپس برای ارزیابی میزان تطابق نقشه پیش بینی و نقشه واقعی از آماره کاپا برای بررسی میزان توافق بین مقادیر مشاهدات و مقادیر پیش‌بینی‌ها بر اساس معادله ۶ استفاده شد [۱۳، ۲۸].

(۶)

$$K = \frac{\left(\frac{a+d}{n}\right) - \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}}{1 - \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(d+b)}{n^2}}$$

که در آن: a: نشان دهنده مقادیری است که هم در واقعیت و هم در مدل وجود دارد و مدل آن را به عنوان حضور ثبت می‌کند، b: مقادیری که فقط در مدل دیده می شود، اما در دنیای واقعی دیده نمی‌شود، c: مقادیری است که در واقعیت وجود دارد اما در مدل دیده نمی‌شود. مقادیر b و c به عنوان خطای مدل ثبت می‌باشد و d مقادیری که نه در واقعیت دیده می‌شود و نه در مدل وجود دارد و مدل آنرا به عنوان عدم حضور گونه ثبت می‌کند. طبقه‌بندی شاخص کاپا که بر اساس آن میزان توافق بین نقشه‌های پیش‌بینی و واقعی مشخص می‌شود در جدول۳ آمده است [۲۸].

نتایج

نتایج بررسی مکانی متغیرهایی از خاک به عنوان نمونه و آماره‌های مربوط به آن و با توجه به ساختار مکانی داده‌ها و مدل نیم‌تغییرنما (واریوگرام) و مدل‌های استفاده شده با در نظر گرفتن کمترین خطا برای متغیرهای درصد رس مربوط به عمق اول و دوم و درصد آهک عمق دوم در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان دادکه متغیرهای مورد بررسی از نظر وابستگی مکانی در دامنه قوی و متوسط قرار دارند. همچنین بهترین مدل واریوگرام هریک از متغیرهای محیطی انتخاب شده برای درصد آهک عمق دوم و رس عمق اول خاک، مدل گوسی و رس عمق دوم خاک مدل نمایی، به عنوان بهترین مدل انتخاب شدند. در شکل ۲ مدل تغییرنمای مربوط به متغیرهای درصد شیب، درصد رس و درصد آهک عمق دوم خاک ارائه شده است.

در جدول ۵ نتایج مربوط به ارزیابی میزان خطا و انحراف روش‌های میان‌یابی با استفاده از روش اعتبارسنجی متقابل و پارامترهای MAE، MBE و RMSE ارایه شده است و متغیرهای درصد رس و درصد آهک مربوط به عمق دوم خاک و شیب از بین ۳۹ متغیر مورد بررسی را نشان می‌دهد.

[1] - Sensitivity
[2] - Specificity
[3] - Overall accuracy

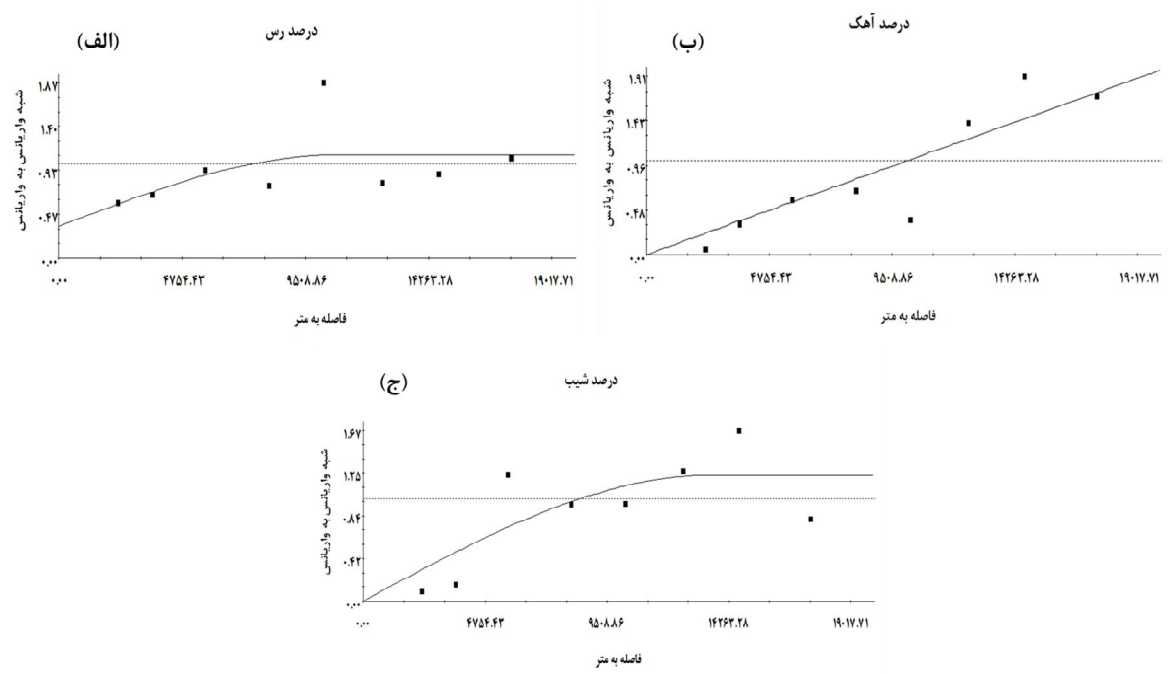
روش وزن‌دهی معکوس فاصله به عنوان روش مناسب برای درون‌یابی انتخاب شد. هم‌چنین در شکل ۳ نقشه درصد رس میان‌یابی شده بعنوان نمونه ارائه شده است.

جدول ۳. طبقه بندی مقادیر ضریب کاپا

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مقدار کاپا	۰/۰۵>	۰/۲ -۰/۰۵	۰/۴ – ۰/۲	۰/۵۵ – ۰/۴	۰/۷ – ۰/۵۵	۰/۸۵ – ۰/۷	۰/۹۹ – ۰/۸۵	۱ - ۰/۹۹
توافق بین مقادیر پیش بینی و واقعی	عدم توافق	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب	عالی	کامل

جدول۴. اجزای مربوط به واریوگرام خصوصیات خاک، منطقه مورد مطالعه

ردیف	متغیر	مدل تغییر نما	اثر قطعه‌ای	آستانه	نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه	ضریب همبستگی	وابستگی مکانی
۱	آهک۲*(TNV2)	گوسی	۸/۶	۲۱۸	۰/۹۶	۰/۸۳	قوی
۲	شیب(Slope)	گوسی	۰/۱	۵۹	۰/۹۹۸	۰/۶۵۸	قوی
۳	رس۲(Clay2)	نمایی	۰/۳۳	۱	۰/۷	۰/۳	متوسط



شکل۲. مدل تغییرنمای خط برازش شده بر مدل تغییرنمای تجربی برای متغیرهای درصد رس (الف) و آهک (ب) مربوط به عمق دوم خاک (۶۰-۳۰ سانتیمتر) و شیب (ج)

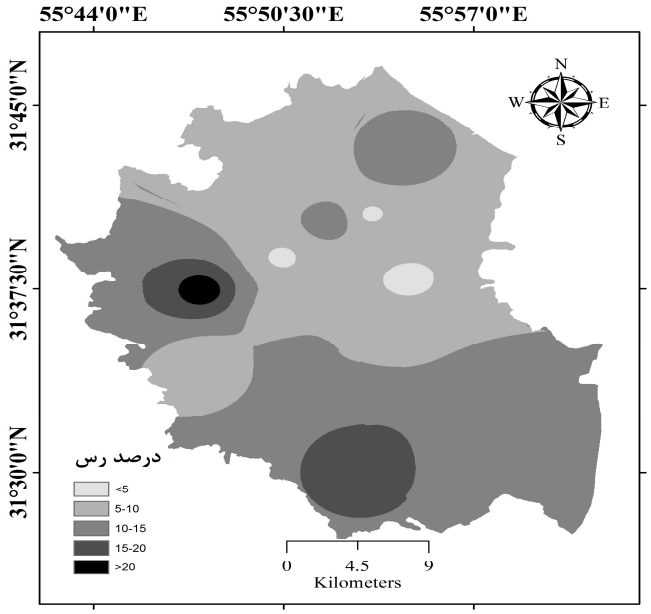
نتایج متغیرهای مستقل و وابسته و بهترین مدل برازش شده در تخمین احتمال رخداد گونه *D. ammoniacum* در منطقه استخراج شد (معادله ۶). با توجه به این معادله، حضور گونه *D. ammoniacum* با شیب، TNV (درصد آهک) و Clay (درصد رس) در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متر رابطه مستقیم دارد. نقشه رویشگاه *D. ammoniacum* با استفاده از رابطه ۷ در شکل ۳ ارایه شده است.

$$P(D.am)=\frac{\exp\left((-۲۹/۷۷۷\times slope)+(-۳/۳۶۳\times TNV2)+(-۵/۱۴۳\times CLAY2))+۲۸۵/۰۷۰\right)}{۱+\exp\left((-۲۹/۷۷۷\times slope)+(-۳/۳۶۳\times TNV2)+(-۵/۱۴۳\times CLAY2)+۲۸۵/۰۷۰\right)} \quad (۷)$$

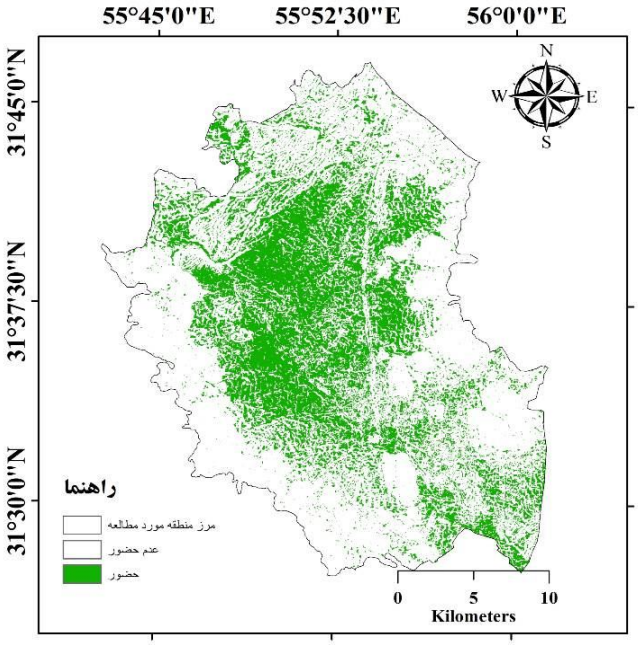
جدول ۵. ارزیابی میزان خطا و انحراف روش‌های مورد استفاده برای درون یابی خصوصیات خاک وارد شده به مدل رگرسیون لوجستیک

ویژگی	خطا	روش			
		کریجینگ بلوکی (BlockKriging)	کریجینگ نقطه‌ای (Point Kriging)	وزن دهی معکوس فاصله (IDW)	وزن دهی نرمال فاصله (NDW)
آهک۲* (TNV2)	MAE	۵۹	۵۹	۶/۳	۹/۵
	MBE	۵۰	۵۰	-۰/۶	۰/۸۷
	RSME	۲۱۸	۲۱۸	۷/۷۵	۱۰/۶
شیب (Slope)	MAE	۴/۴	۴/۴	۴/۴	۵/۱
	MBE	-۰/۵۷	-۰/۵۷	-۰/۵۱	۰/۲۶
	RSME	۷/۲	۷/۲	۷/۱۴	۷/۳
رس۲(Clay2)	MAE	۵/۱۲	۵/۱۲	۴/۷	۴/۹
	MBE	-۰/۲۵	-۰/۲۵	-۰/۰۴۹	۰/۲۵
	RSME	۶/۲۳	۶/۲۳	۵/۷	۵/۹

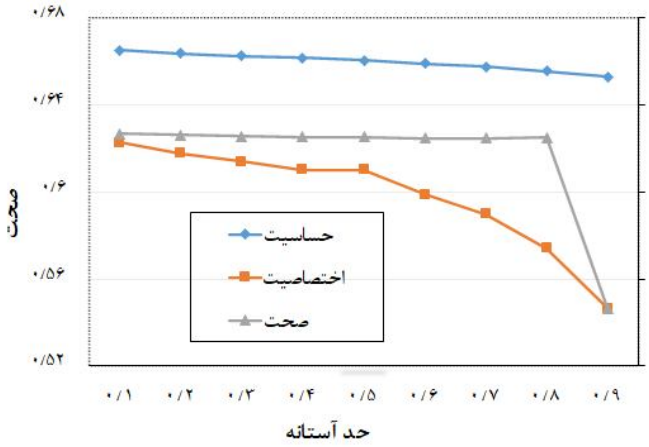
شکل ۵ تعیین آستانه بهینه حضور را بر اساس حساسیت، اختصاصیت و صحت نشان می‌دهد. در این شکل، با توجه به اینکه منحنی‌ها همدیگر را قطع نمی‌کنند، همچنین حداکثر حساسیت نیز در تعیین آستانه کمک مؤثری نمی‌کند، لذا با توجه به روند منحنی‌ها آستانه بهینه حضور نتیجه‌گیری شد. با در نظر گرفتن مقدار ۰/۵ برای تفسیر نتایج حد آستانه بهینه حضور و مطابقت نقشه پیش‌بینی طبقه‌بندی شده با نقشه واقعی، ضریب کاپا (۰/۵) که نشان‌دهنده تطابق خوب نقشه پیش‌بینی با نقشه واقعی می‌باشد (جدول ۶).



شکل ۳. نقشه درصد رس میان‌یابی شده با روش وزن دهی معکوس فاصله



شکل۴. نقشه پیش‌بینی و پتانسیل رویشگاه گونه *D. ammoniacum* حاصل از روش رگرسیون لجستیک



شکل۵. نمودار حساسیّت، اختصاصیّت و صحت کلی در احتمالات مختلف برای گونه *D. ammoniacum*

همچنین دامنه بردباری گونه *D. ammoniacum* نسبت به عوامل تأثیرگذار در جدول ۶ ارایه شده است. بر این اساس، بیشترین حضور گونه در شیب ۲۰-۱ درصد، با مقدار آهک بین ۳۷-۲۰ درصد و رس خاک بین ۱۴-۳ درصد بیشترین حضور را دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

آگاهی از ویژگی‌های رویشگاه هر گونه گیاهی در پیشنهاد گونه‌های سازگار با شرایط محیط مشابه نقش مؤثری دارد. روش رگرسیون لجستیک به عنوان یکی از روش‌های رایج مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است که این روش را برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها مناسب می‌سازد.

در این روش، متغیرهای غیر معنادار با روش گام به گام از مدل حذف می‌شوند. علاوه بر این در روش رگرسیون لجستیک همانند ضریب همبستگی در رگرسیون خطی، ضرایبی وجود دارد که مقدار این ضرایب می‌تواند بر خلاف رگرسیون خطی به نسبت کم باشد، اما این امر ارزش مدل را کاهش نمی‌دهد[۱۷، ۲۶].

همچنین شکل تابع مربوط به رگرسیون لجستیک، به صورت منحنی سیگموئیدی است؛ با توجه به غیرخطی بودن رابطه‌ی بین گونه‌ها با عوامل محیطی، استفاده از این مدل برای این نوع پژوهش مناسب است. همچنین مدل رگرسیون لجستیک جزء مدل‌های جهانی طبقه‌بندی می‌باشد، رخداد گونه *D. ammoniacum* در سراسر منطقه‌ی مطالعاتی بر اساس یک معادله‌ی احتمالی بین صفر تا یک بیان می‌شود. این مدل از نظر کیفیت داده‌ها، به علت بهره‌گیری از داده‌های عدم‌حضور توان تفسیر اکولوژیکی بیشتری دارد [۳۲، ۳۷].

جدول۶. آستانه بهینه حضور و توافق بین مقادیر پیش بینی و واقعی با استفاده از ضریب کاپا

گونه	آستانه بهینه حضور	ضریب کاپا	توافق بین مقدار پیش‌بینی و واقعی
D. ammoniacum	۰/۵	۰/۵	خوب

جدول ۷. دامنه بردباری بر اساس مهم‌ترین متغیرهای محیطی مؤثر بر گونه *D. ammoniacum*

نام متغیر	حداقل دامنه تحمل	حداکثر دامنه تحمل	حالت بهینه
شیب (Slope)	۱/۲۲	۲۱/۱۸	۱-۲۰
رس۲ (Clay2)	۳	۱۴	۳-۱۴
آهک۲ (TNV2)	۲۰/۴۸	۳۷/۸	۲۰-۳۷

بررسی نتایج روش رگرسیون لجستیک بیان‌گر این است که از میان ویژگی‌های محیطی مورد بررسی (اقلیم، خاک و توپوگرافی)، ویژگی‌های درصد شیب، درصد آهک خاک و رس خاک بیشترین نقش را در مدل‌سازی پیش‌بینی حضور گونه مورد مطالعه دارند. با توجه به سه عامل وارد شده در مدل پیش بینی می‌توان گفت افزایش در مقادیر این متغیرها شرایط رویشگاه را برای استقرار این گونه فراهم می‌کند. از عوامل توپوگرافی، عامل درصد شیب بر پراکنش این گونه تأثیر داشته است.

گونه مورد مطالعه بین شیب ۲۰-۱ درصد حضور دارد. اثر شیب بر روی عمق خاک ظاهر می‌شود به نحوی که کاهش و افزایش درجه‌ی شیب، باعث افزایش و کاهش عمق خاک می‌شود. گیاه *D. ammoniacum* با داشتن ریشه اصلی به طول تا ۱/۵ متر نیاز به خاک عمیق دارد، با کاهش عمق خاک عمق نفوذ ریشه کاهش می‌یابد و در نتیجه پراکنش گیاه نیز محدودتر شده است. علاوه بر این با کم شدن عمق نفوذ ریشه شیرابه حاصل (گم آمونیاک) از این گیاه که متأثر از میزان ریشه دوانی است چنانچه گیاه نتواند ریشه اصلی خود را به لایه‌های عمیق خاک نفوذ دهد، باعث کاهش تولید محصول می‌شود [۳۴، ۴۰]. با توجه به اهمیت عامل درصد شیب در عمق خاک و نگهداری رطوبت مورد نیاز گیاهان [۳۳]، درصد شیب از عوامل مهم در توزیع و پراکنش گیاه مورد مطالعه است. همانطور که در مطالعه مراتع فریدون‌شهر اصفهان گزارش شده است، درصد شیب در تعیین رویشگاه پتانسیل گونه گون پیش بینی‌کننده مناسبی بوده است [۳۲]، که تایید کننده نتایج حاضر است. همچنین در در مراتع دنبلید طالقان نیز شیب عامل اثرگذار در رویشگاه گونه *Agropyron intermedium* گزارش شده که همراستا با تحقیق ما است [۳۶].

به علاوه شیب در انتشار تیپ *Artemisia aucheri* در استان گلستان نیز بعنوان عامل تعیین کننده گزارش شده است [۵]، که تایید کننده نتایج حاضر است. همچنین شیب یکی از عوامل تأثیرگذار در پراکنش و استقرار گونه *Amygdalus scoparia* بوده است [۲۷]. در مطالعات مدل‌سازی رویشگاهی گونه گیاهی گون مولد کتیرا با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در منطقه فریدون شهر اصفهان نتیجه گیری کردند که درجه شیب بر استقرار و پراکنش *Astragalus verus* تأثیر چشمگیری دارد (۳۲)، که تأیید کننده نتایج حاضر است.

با توجه به نتایج رگرسیون لجستیک درصد رس خاک به عنوان جزئی از بافت خاک، نیز از عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه مورد مطالعه بوده است و دامنه بهینه آن ۱۴-۳ درصد برای رشد گونه *D. ammoniacum* در

منطقه مورد مطالعه بوده است. به عبارت دیگر بین عامل بافت خاک (درصد رس، شن و سیلت) و انتشار گونه مورد مطالعه ارتباط وجود دارد. در واقع ویژگی‌های فیزیکی خاک از عوامل مهم در استقرار گیاه است و بافت خاک به عنوان مهم‌ترین خصوصیات خاک تأثیر زیادی در کنترل مقدار رطوبت و مواد غذایی در دسترس برای گیاهان دارد [۳].

در یک منطقه آب و هوایی مشخص، بافت خاک در مقایسه با عوامل شیمیایی خاک تأثیر بیشتری روی رشد و تجدید حیات موفقیت آمیز یک گونه گیاهی دارد و یکی از عوامل رشد و استقرار گونه‌های گیاهی بافت خاک است [۹، ۳۲]. میزان رس خاک یکی از ویژگی‌های مهمی است که با توجه به آن پیش‌بینی فرسایش خاک و شسته شدن کلوئیدهای خاک مورد توجه قرار می‌گیرد [۱۳]. با توجه به رابطه منفی درصد رس با پراکنش گونه مورد مطالعه، با افزایش بیش از حد میزان رس، حضور گونه در منطقه از گسترش کمتری برخوردار شده است، همان‌گونه که در مطالعه تعیین عوامل مؤثر بر پراکنش گونه *Artemisia aucheri* در دامنه‌های جنوب شرقی سبلان گزارش شده، میزان رس به عنوان یکی از عوامل مؤثر در پراکنش گونه مورد مطالعه آنها بوده است و مقدار عددی این متغیر در مکان‌های حضور کمتر از مکان‌های عدم حضور بوده است [۲۳]، که تایید کننده نتایج حاضر است. همچنین با مطالعه انجام گرفته در مراتع فندوقلوی استان اردبیل، رس قابل نفوذ از عوامل مهم و مؤثر در توزیع گونه *Leucathemum vulgare* معرفی شد که با افزایش مقدار این عامل احتمال حضور این گونه کاهش داشته است [۱۳] که تأیید کننده نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

در پژوهشی دیگر جهت مدل‌سازی رویشگاهی در منطقه چهارباغ استان گلستان، عوامل رس، سیلت و ماسه از عوامل تأثیرگذار در تفکیک رویشگاههای دو گونه *Thymus kotschyanus* و *Achilra millefolia* بوده‌اند که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد [۳]. در منطقه مورد مطالعه رویشگاه‌هایی که درصد رس بیشتری دارند، گونه *D. ammoniacum* از فراوانی کمتری برخوردار بوده است. بنابراین، این گونه در خاک‌های با بافت سبک تا لومی سازگاری بیشتری دارد و خاک‌های با بافت سبک، آب قابل دسترس را براحتی و به مقدار مناسب در اختیار گیاه قرار می‌دهد و شرایط مناسب رشد را برای این گیاه فراهم می‌کنند. مطالعات اوتاکولوژیکی بر روی گونه *D. ammoniacum* در استان یزد نیز خاک لومی-شنی و شنی-لومی را برای رویشگاه این گونه گزارش کرده‌اند [۳۰، ۴۰].

همچنین نتایج حاصل از پیش بینی رویشگاهی نشان داد که میزان آهک نیز از عوامل معرف رویشگاه گونه مورد مطالعه می‌باشد و تأثیر منفی بر گسترش گونه *D. ammoniacum* داشته است. دامنه بردباری گونه در منطقه مورد مطالعه ۳۰-۲۰ درصد است. آهک ($Caco_3$) یکی از عوامل خاکی اثرگذار در پراکنش گیاهان می‌باشد. وجود آهک به اندازه مناسب، در ایجاد ساختمان خوب خاک نقش اساسی دارد. ولی اگر آهک بیش از حد افزایش یابد با ایجاد سخت لایه در خاک و افزایش اسیدیته و در نتیجه نامساعد شدن شرایط برای جذب بعضی از عناصر توسط گیاه، باعث ایجاد مشکلاتی در گیاهان می‌شود (۳۰).

با توجه به این‌که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آهک معمولاً به حدی است که دیگر صفات را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اهمیت آن از نظر تأثیر بر بافت و حاصل‌خیزی مورد توجه می باشد. آهک از نمک‌هایی است که دارای حلالیت کم در آب است و زمانی که به صورت محلول درآید تولید قلیای قوی می‌کند و رشد برخی گیاهان را با مشکل روبرو می‌کند. همچنین با کاهش آهک، رطوبت اشباع و سنگریزه خاک ظرفیت نگهداری آب خاک را کاهش می‌دهد، بنابراین با یک بارندگی در منطقه، خاک‌های این رویشگاه آب کمتری را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد. از طرف دیگر گونه *D. ammoniacum* گیاهی است با فرم رویشی فورب چندساله (مونوکارپیک)، که در مدت کوتاهی حدود یک ماه دوره رویشی خود را به پایان می‌رساند. بنابراین، رفتار این گونه نوعی سازش بوم‌شناختی به حساب می‌آید.

با مطالعه‌ای که برای مراتع پشتکوه استان یزد انجام گرفته، رویشگاه درمنه دشتی با این گونه همراه بوده است که رابطه حضور این گونه با آهک خاک ارتباط معکوس داشته است [۳۴]، که تایید کننده نتایج تحقیق حاضر

است. همچنین در مطالعه‌ای که جهت پیش‌بینی رویشگاهی گونه‌های گیاهی در مراتع غرب تفتان شهرستان خاش صورت گرفته، دو عامل آهک و اسیدیته خاک به‌عنوان عوامل معرف رویشگاه گونه *Artemisa sieberi* ذکر شده است [۲۷]. در مطالعه تعیین ارتباط بین پراکنش گونه‌های گیاهی با برخی عوامل خاک، آهک از عواملی بوده است که بیشترین تأثیر را بر پراکنش گونه‌های گیاهی *Rheum ribes* و *D. ammniacum* داشته است [۳۰]، که مطابق با نتیجه‌گیری تحقیق حاضر می‌باشد.

با توجه به ضریب کاپای به دست آمده، میزان تطابق نقشه واقعی و پیش‌بینی برای گونه *D. ammoniacum* خوب برآورد شد. استفاده از این روش در محاسبه مطلوبیت زیستگاه بر اساس اطلاعات حضور و عدم حضور بوده که نیاز به صرف زمان و هزینه دارد. برای موفقیت بیشتر در زمینه پیش‌بینی توزیع گیاهان در عرصه‌های منابع طبیعی، آزمون روش‌های مختلف مدل‌سازی در مناطق مختلف آب و هوایی کشور بسیار اثرگذار بوده و می‌توان با شناخت شرایط ویژه هر روش، بهترین آن را برای کاهش هزینه‌ها و افزایش صحت، انتخاب نمود.

با انجام این تحقیق مستند سازی عرصه انتشار گونه با ارزش گونه *D.ammoniacum* در منطقه سبز دشت بافق انجام و نقشه رویشگاهی آن تهیه شد تا در سنوات آینده تغییرات احتمالی را مشخص نماید. همچنین عوامل تاثیرگذار اکولوژیکی شناسایی که این نتایج می‌تواند در اصلاح رویشگاه و احیاء گونه در عرصه‌های تخریب یافته نقش موثری داشته باشد.

References

[1]. Bagheri, H., Ghorbani, A., Zare Chahouki, M.A., Jafari, A.A., and Sefidi, K. (2017). Halophyte species distribution modeling with MaxEnt model in the surrounding rangelands of Meighan playa, Iran. *Journal of Applied Ecology and Environmental Research*, 15(3), 1473-1484.

[2]. Baghestani Maybodi, N., and Dashtakian, K. (2015). Ecological regions of Iran, vegetation types of Yazd province. *Research Institute of Forests and Rangelands*, 245P. (in Farsi)

[3]. Behmanesh, B., E. Tabasi, E., Fakgireh, A., and Kgalasi Ahvazi, L. (2019). Modeling the distribution of medicinal plants *Thymus kotschyanus* Boiss and *Achilla millefolium* by ecological nest analysis and logistic regression. *Journal of Plant Ecology*, 13(6): 91-120. (in Farsi)

[4]. Borna, F., Tamartash, R., Tatian, M. R., and GHolami, V. (2017). Habitat potential modeling of *Astragalus gossypinus* using ecological niche factor analysis and logistic regression (Case study: summer rangelands of Baladeh, Nour). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 7(4): 45-61.

[5]. Esfanjani, J., Zare Chahouki, M.A., Esmaeeli, M.M., & Behmanesh, B. (2015). Habitat distribution modeling species ranges southern of Golestan province with Logistic regression. *Journal of Watershed Management Reasearch*, 108: 53-61. (in Farsi).

[6]. Esfanjani, J., Ghorbani, A., and Zare Chahouki, M.A. (2018). MaxEnt modeling for predicting impacts of environmental factors on the potential distribution of *Artemisia aucheri* and *Bromus tomentellus-Festuca ovina* in Iran, *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(3): 1041-1047.

[7]. Esfanjani, J., Ghorbani, A., Moameri, M., Zare Chahouki, M.A., and Esmali Ouri, A. (2020). Prediction of distribution of *Prangos Uloptera* DC. Using two modeling techniques in the southern rangelands of Ardabil Province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 10(2): 137-148.

[8]. Ghafar, S., Ghorbani, A., Moameri, M., Mostafazadeh, R., and Bidarlord, M. (2018). Composition and structure of species along altitude gradient in Moghan-Sabalan rangelands, Iran. *Journal of Mountain Science*, 15(6): 1209-1228.

[9]. Ghorbani, A., Moghaddam, S.M., Hashemi Majd, K., and Dadgar, N. (2018). Spatial variation analysis of soil properties using spatial statistics: a case study in the region of Sabalan Mountain, Iran. *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management*, 10: 70-80.

[10]. Ghorbani, A., Hassanzadeh Kuhsareh, E., Moameri, M., and Hashemi Majd, K. (2019). Effects of soil parameters on aboveground net primary production in meadow rangelands in Fandoghlou region of Namin county, Ardabil

Province. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*, 30: 95-107.

[11]. Ghorbani, A., Dadjou, F., Moameri, M., Bidar Lord, M., and Hashemi Majd, K. (2019). Effective topographic and climate factors on aboveground net primary production in Hir and Neur rangelands of Ardabil province. *Iranian Journal of Range and Watershed Management,* 71(4): 1055–1071.

[12]. Ghorbani, A., Moameri, M., Dadjou, F., Seyedi Kaleybar, S.A., Pournemati, A., and Asghari, S.H. (2020a). Determinization of environmental factors effects on plants production in QezelOzan-Kosar rangelands, Ardabil province factors effect on rangelands production. *ECOPERSIA*, 8(1): 47–56.

[13]. Ghorbani, A., Samadi Khanghah, S., and Esfanjani, J. (2020b). Predicting the distribution of *Leucanthemum vulgare* Lam. using logistic regression in Fandoghlou rangelands of Ardabil province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 10(1): 98-111.

[14]. Hirzel, A.H., Hausser, J., Chessel, D., and Perrin. N. (2002). Ecological niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*, 73: 2027-2036.

[15]. Hosseini, S.Z., Kappas, M., Zare Chahouki, M.A., Gerold, G., Erasmi, S., and Rafiei Emam, A. (2013). Modelling potential habitats for *Artemisia sieberi* and *Artemisia aucheri* in Poshtkouh area, central Iran using the maximum entropy model and geostatistics. *Journal of Ecological Informatics*, 18: 61-68.

[16]. Hosseini, S.H., Heshmati, Heshmati, Gh., Mieza, M., & Karami, P. (2019). Effects of altitude gradient and physical and chemical soil factors on functional and distribution characteristics of *Ferula haussknechtii* (Case study: Bayenchob Rangelands, Saral of Kurdistan). *Journal of Range and Desert Research*, 26(2): 447-458.

[17]. Jafarian, G., Arzani, H., Jafari, M., and Azarnivand, H. (2011). Preparation spatial prediction map of species using logistic regression. *Natural Geography Research*, 79: 1-18.

[18]. Jannat Babaei, M., Moradi, G.H., and Feghhei, J. (2019). The effect of environmental factors on the distribution of ecological habitat groups *Paliurus spina-christi* Mill. (Case study: Chalus MarzanAbad), *Journal of Plant Ecology*, 7(14), 345-359. (in Farsi).

[19]. Khalasi Ahvazi, L., Zare Chahouki, M.A., and Ghorbannezhad, F. (2012). Comparing discriminant analysis, ecological niche factor analysis and logistic regression methods for geographic distribution modelling of *Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey. *Journal of Rangeland Science*, 3(1): 45-57.

[20]. Krebs, C.J. (1999). Ecological methodology. Addison Wesly Hongman, Menlopark, California, USA, 620p.

[21]. Ilunga Nguy, K., and Shebitz, D. (2019). Characterizing the spatial distribution of *Eragrostis Curvula* (Weeping Lovegrass) in New Jersey (United States of America) using logistic regression. *Journal of Environments*, 125(6): 1-14.

[22]. Miller, J. (2005). Incorporating spatial dependence in predictive vegetation models: Residual Interpolation Methods, *The Professional Geographer*, 57(2): 169 -184.

[23]. Molaei Sham Asbi, M., Ghorbani, A., Sefidi, K., Bahrami, B., and Hashemi Majd, K. (2017). Effects of ecological factors on distribution of Artemisia aucheri Boiss.in southeast faced slopes of Sabalan. *Iranian Journal of Rangeland*, 11(2): 139-151. (in Farsi).

[24]. Mozaffarian, V. and Mirvakili, S.M. (2007). Flora of Iran, Umbelliferae Family, *Research Institute of Forests and Rangelands*, 569p. (in Farsi).

[25]. Piri Sahragard, H., Zare Chahouki, M.A., and Azarnivand, H. (2013). Modeling distribution of plant species in western rangelands of Hoze Soltan in Qom province by logistic regression method. *Journal of Range Management*, 1(1): 94-113. (in Farsi).

[26]. Piri Sahragard, H., and Zare Chahouki, M. A. (2015). An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze Soltan rangelands of Qom province. *Journal of Ecological Modeling*, 310: 64-71.

[27]. Piri Sahragard, H. (2017a). Predictive modeling of plant species habitat distribution using logistic regression (A case study in western Taftan, Khash City). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 30(4): 16-29.(in Farsi)

[28]. Piri Sahragard, H., Zare Chahouki, M. A., Ajorlou, M., & Nahtani, M. (2017b). Habitat distribution prediction modeling of *Amygdalus scoparia* Spach in Moshkoieh Rangelands in Qum province. Forests and wood products, *Journal of Natural Resources*, 69(4): 725-734. (in Farsi).

[29]. Piri Sahragard, H., and Ajorlo, M. (2018). A comparison of logistic regression and maximum entropy for distribution modeling of range plant species (a case study in rangelands of western Taftan, southeastern Iran). *Turkish Journal of Botany*, 42: 28-37.

[30]. Rezaeipourbaghdar, A., Sadeghinia, M., Nouhagar, A., and Hakimi, M. H. (2014). Determining of relationship distribution between *Dorema ammoniacum* and *Rheum ribes* by some soil factors (Case study: Rangelands Bafgh Baghdar). *Journal of Desert Ecosystem Engineering*, 3(4): 69-78. (in Farsi).

[31]. Rezaipoorbaghedar, A., Hakimi, M.H., Sadeghinia, M., and Azimzadeh, H.R. (2012). Effect of some soil properties on distribution of *Eurotia ceratoides* and *Stipa barbata* in Baghedar summer region of Bafgh, *Journal of Rangeland Science*, 5: 417- 424. (in Farsi).

[32]. Safaee M., Tarkesh M., Basiri, M., and Bashari, H. (2013). Determining the potential habitat of *Astragalus verus* Olivier using the geostatistical and logistic regression methods. *Arid* Biome, 1(3): 42- 55. (in Farsi).

[33]. Sepahvand, M., Khomali, F., Kiani, F., and Eftekhari, K., 2017. Modeling soil depth and topographic attributes relationship for predicting soil depth in Rimeleh Catchment, Lorestan Province, *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 31(4): 601-612. (in Farsi).

[34]. Zare Chahouki, M.A., and Khalasi Ahvazi, L. (2012). Predicting potential distributions of *Zygophyllum eurypterum* by three modeling techniques (ENFA ANN and logistic in North East of Semnan Iran, *Range management and agroforestry*, 2(33): 68-82. (in Farsi).

[35]. Zare Chahouki, M. A., Khojasteh, F., Yousefi, M., Fasodan, A., and Shafizadeh, M. (2012). Evaluation of different plot shape, size, and number for sampling in middle Taleghan rangelands, *Journal of Watershed Management Research*, 99, 127-138.

[36]. Zare Chahouki, M. A., Abbaasi, M., & Azarnivand, H. (2014a). Spatial Distribution Modeling of *Agropyron intermedium* and *Stipa barbata* habitats Logistic Regression (Case Study: Middle Talegan Rangelands). *Journal of Plant Ecosystem Conservation*. 2(4): 47-60. (in Farsi).

[37]. Zare Chahouki, M. A., Kgalasi Ahvazi, L., & Azarnivand, H. (2014b). Modeling of plant species distribution based on soil and topographic factors using logistic regression method in eastern Kerman rangelands. *Journal of Range and Watershed Management*, 67(1): 45-59. (in Farsi).

[38]. Zare Chahouki, M.A., & Esfanjani, J. (2015). Predicting potential distribution of plant species by modeling techniques in southern rangelands of Golestan, Iran. *Journal of Range Management and Agroforestry*, 36(1): 66-71. (in Farsi).

[39]. Zare Chahouki, M. A., & Naseri Hesar, N. (2018). Habitat distribution modeling of some plant species using logistic regression in the semi-arid rangelands (Case study: Eshtehard Rangelands). *Journal of Plants Research*, 31(1): 29-44. (in Farsi).

[40]. Zarei, Gh., Baghestani Meybodi, N., & Zamani Bagegani, A. (2016). Study Autecology of plant *D. ammoniacum* D. DON. in Bafgh city, Yazd province, Iran, *Journal of Plant Ecophysiology*, 25(8): 226-235. (in Farsi).

Study of habitat suitability for *Dorema ammoniacum* establishment in Sabz Dasht rangelands of Bafgh, Yazd province

1- Mostafa Zare, Ph.D. Candidate of Range Management, Department of Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, & Researcher at Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Yazd, Iran.
2- Ardavan Ghorbani, Associate Professor, Department of Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
a_ghorbani@uma.ac.ir
3- Mehdi Moameri, Assistant Professor, Department of Plant Sciences and Medicinal Plants, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
4- Hossain Piri Sahragard, Rangeland and Watershed Department, Water and Soil, Faculty, University of Zabol, Zabol, Iran.
5- Raoof Mostafazadeh, Assistant Professor, Department of Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received: 12 May 2020
Accepted: 03 Dec 2020

Abstract

The aim of this study was to evaluate the efficiency of logistic regression method in determining of the environmental factors effecting on the presence of *Dorema ammoniacum* D. DON, and to identify the habitat conditions of this species. Vegetation sampling was conducted random-systematically with establishment of plots along 9 transects in the presence region and 9 transects in the absence region. The size of plots was determined according to the type of existing species and using minimum area method and the number of plots (10 plots along each transect) was determined using statistical method. Data related to the presence and absence of the selected species (180 plot samples of each) was collected and environmental factors of the sampling sites including: topography, climate and soil were investigated. For soil sampling, profiles were drilled at the beginning, middle and end of each transect from two depths of 0-30 and 30-60 cm, then samples of each depth were mixed together and prepared as a composite sample, and the physical and chemical properties of the soil were measured at the laboratory according to the usual methods. Habitat prediction modeling was performed using logistic regression method and *D. ammoniacum* habitat predicted map was derived using the prediction model. According to the prediction model, slope of habitat, lime and clay of the second soil depth have the highest effect on the species distribution. After determining the threshold of optimal presence, the accuracy of the predicted map with the actual map was measured using the kappa coefficient. According to the optimal presence threshold (0.5), and the amount of kappa coefficient (0.5), the result of model evaluation was concluded as a good agreement. Results show that the logistic regression method is able to predict the habitat of *D. ammoniacum*, thus the distribution of this important and valuable species, and derived information from this study can be used in the locating of the areas prone to restoration of this species at the study area and the areas with the same ecological conditions

Keywords: Modeling species distribution; Habitat suitability; logistic regression, environmental factors, *D. ammoniacum*.