

مدل سازی پراکنش راش در جنگل های کران رودی با استفاده از مدل HOF

محمدنقی عادل^{۱*}، حسن پوربائنی^۲، سیدجلیل علوی^۳ و علی صالحی^۴

*^۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری علوم جنگل (اکولوژی)، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

پست الکترونیک: mn.adel87@gmail.com

^۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

^۳- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

^۴- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۱/۲۹

چکیده

هدف پژوهش پیش رو مدل سازی پراکنش راش و تعیین مقدار بهینه و دامنه بردباری آن در جنگل های کران رودی حاشیه رودخانه صفارود رامسر بود. بدین منظور، از خط نمونه های عمود بر جریان آب در هر دو طرف رودخانه برای جمع آوری داده ها استفاده شد. طول هر خط نمونه ۲۰۰ متر و فاصله بین خط نمونه ها نیز ۲۰۰ متر انتخاب شد. در هر خط نمونه از پنج کوادرات ۴۰۰ مترمربعی با فواصل ۵۰ متری در پنج نقطه صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متر استفاده شد و در آن ها تعداد درختان راش با قطر برابر سینه بیشتر از ۷/۵ سانتی متر اندازه گیری شد. در هر قطعه نمونه از سه نقطه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر نمونه خاک برداشت شد و برای تعیین خصوصیات آن به آزمایشگاه منتقل شد. در مجموع، از ۴۴ خط نمونه و ۲۲۰ کوادرات برای جمع آوری داده ها استفاده شد. برای بررسی پاسخ راش به عوامل خاکی از مدل HOF توسعه یافته و تعیین بهترین مدل از معیار اطلاعات آکائیک تصحیح شده (AICc) استفاده شد. در هر یک از پنج فاصله، مدلی که کمترین مقدار AICc را در میان مدل های هفت گانه داشت، به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. محاسبات با استفاده از بسته eHOF در نرم افزار R ver. 3.1.3 انجام شد. نتایج نشان داد که تنها ۲۷/۵ درصد از مدل های به دست آمده دارای توزیع نرمال بودند، در حالی که ۷۲/۵ درصد از مدل های به دست آمده از مدل های خطی یا نامتقارن تبعیت می کردند. مدل های VI و VII در هیچ یک از پاسخ ها مشاهده نشد. پیشنهاد می شود در آینده مطالعات بیشتری در مورد جنگل های کران رودی و همچنین استفاده از مدل HOF انجام شود.

واژه های کلیدی: دامنه بردباری، صفارود رامسر، مدل توسعه یافته eHOF، مدل سازی، مقدار بهینه.

مقدمه

پیش بینی مکانی پراکنش گونه ها با استفاده از پیمایش زمینی داده ها در سال های اخیر به عنوان بخش مهمی از برنامه ریزی حفاظت، شناخته شده است (Austin, 2002)

(Scott et al., 2002). سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور و همچنین روش های آماری مختلفی مانند مدل های خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Model = GLM)، مدل های جمعی تعمیم یافته (Generalized

2009). واکنش موجودات در مکان و یا زمان ممکن است حاصل محدودیت‌های فیزیولوژیکی، فعل و انفعال با موجودات دیگر، دخالت انسان و غیره باشد. دلیل آن هرچه باشد نیاز است از طریق مدل‌های ریاضی، روابط مشاهده شده را تشریح کرد (Huisman *et al.*, 1993). بسیاری از گونه‌ها تغییرات قابل توجهی نسبت به پاسخ مشاهده شده خواهند داشت. نوسانات ترکیب گونه‌ای جوامع گیاهی بیشتر به علت نوسان شرایط غیرزیستی است (Cramer & Hytteborn, 1987).

ریپاریوس (Riparius) واژه‌ای لاتین و به معنای ساحل رودخانه است که بعدها واژه ریپارین (Riparian) جایگزین آن شد و به جوامع زیستی در حاشیه رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها اشاره دارد. مناطق پوشیده از درختان و گیاهان مختلف در حاشیه رودخانه‌ها را جنگل‌های کران‌رودی می‌گویند (Naiman *et al.*, 2005). دشت‌های سیلابی (Floodplain) که از درختان و گیاهان رطوبت‌پسند تشکیل شده‌اند نیز به‌عنوان جنگل‌های کران‌رودی شناخته می‌شوند (Naiman *et al.*, 2005). جنگل‌های کران‌رودی در ناحیه انتقالی اکوسیستم‌های زمینی به آبی قرار دارند که مسیرهای سیل‌خیز کوهستانی، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها یا باتلاق‌ها را شامل می‌شوند. کف دره‌ها در مسیر رودخانه‌ها به‌طور معمول زیستگاه ناپایداری است و به‌طور مکرر توسط سیل و جریانات خردی که حاصل طوفان و بارش‌های سنگین است آشفته می‌شود (Sakio & Tamura, 2008).

پژوهش‌های مختلفی در مورد مدل‌سازی پراکنش مکانی و پاسخ گونه‌ها به متغیرهای محیطی در دنیا صورت گرفته است. Lawesson و Oksanen (۲۰۰۲) آشیان اکولوژیک دوازده گونه چوبی در دانمارک را با استفاده از مدل HOF بررسی کردند. در پژوهشی دیگر Uğurlu و Oldeland (۲۰۱۲) در ترکیه پاسخ گونه‌های جنس بلوط به متغیرهای اقلیمی را با استفاده از مدل HOF بررسی کردند. Pakeman و همکاران (۲۰۰۹) مقدار بهینه متغیرهای محیطی را با استفاده از مدل HOF در انگلیس ارزیابی کردند. Mäkipää (۱۹۹۹) در مطالعه‌ای پاسخ گونه *Vaccinium myrtillus*

(Additive Model = GAM)، درخت رگرسیون و طبقه‌بندی و تابع بتا به‌عنوان مدل‌های آماری به‌منظور بررسی روابط بین گونه‌های مختلف و عوامل محیطی (اقلیمی و خاکی) به‌طور قابل توجهی مورد علاقه پژوهشگران قرار گرفته است (Austin, 2002; Franklin *et al.*, 2000; Guisan & Zimmermann, 2000; Jansen & Oksanen, 2013). مدل‌های مناسب زیستگاه گونه‌ها مبتنی بر مجموعه‌ای از عوامل محیطی است که اطلاعات قابل توجهی از مدیریت گونه‌ها را ارائه می‌کند (Engler *et al.*, 2004). این مدل‌ها همچنین می‌توانند در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و کاربری زمین بر پراکنش گونه‌ها استفاده شوند (Dirnbock *et al.*, 2003).

فرضیه‌ها در مورد شکل پاسخ گونه‌ها به متغیرهای محیطی در تلاش برای مدل‌سازی پیش‌گویانه است. بیشتر منابع اکولوژیکی، پاسخ را به‌صورت منحنی متقارن و تک‌نمایی زنگوله‌ای شکل معرفی می‌کنند. Austin (۱۹۹۹) این فرضیه را رد نموده و بیان می‌دارد مقدار بهینه گونه‌ها ممکن است در اثر رقابت جابجا شود و آشیان بوم‌شناختی گونه‌ها دارای عرض‌های متغیر و چوله به سمت چپ یا راست شود.

وقوع گونه‌ها در یک محدوده مشخص، توسط پاسخ گونه‌ها به عوامل محیطی تعیین می‌شود. نظریه آشیان بوم‌شناختی که هم در مورد گیاهان و هم جانوران کاربرد دارد، فرض می‌کند که شکل منحنی پاسخ، متقارن و زنگوله‌ای شکل است و دارای یک مقدار بیشینه مرکزی با کاهش مقدار به سمت سطوح بالاتر و پایین‌تر است (Santika & Hutchinson, 2009). با این حال، عواملی مانند رقابت، شکار و اختلالات بر گونه‌ها فشار می‌آورند و باعث تغییر شکل منحنی پاسخ از متقارن به پاسخ‌های چوله‌دار یا دونمایی در آشیان واقعی می‌شوند (Olden & Jackson, 2002). علاوه بر این، پاسخ گونه‌ها به هر عامل محیطی به روش‌های مختلفی ارزیابی می‌شود و قابلیت اطمینان از روش مدل‌سازی در پیش‌بینی پراکنش مکانی گونه‌ها به توانایی آن روش بستگی دارد (Santika & Hutchinson, 2009).

برداشت انجام نشده و از ورود دام به طور کامل جلوگیری شده است (Jokar Sarhangi *et al.*, 2007).

جمع‌آوری داده‌ها

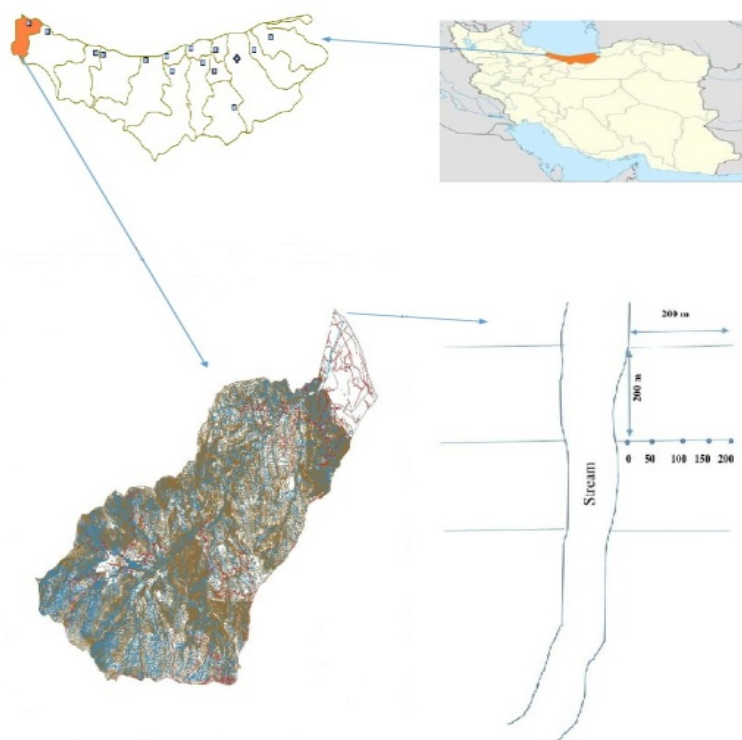
برای جمع‌آوری داده‌ها، از خط‌نمونه‌های عمود بر جریان آب در هر دو طرف رودخانه استفاده شد. طول هر خط‌نمونه و فاصله بین خط‌نمونه‌ها ۲۰۰ متر انتخاب شد. روی هر خط‌نمونه از پنج کوادرات ۴۰۰ متر مربعی (۲۰×۲۰ متر) با فواصل ۵۰ متری در پنج نقطه صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متر استفاده شد و در آن‌ها تعداد درختان راش با قطر برابر سینه بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. در هر قطعه‌نمونه از سه نقطه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه خاک برداشت شد و یک نمونه ترکیبی برای شناسایی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. در مجموع، از داده‌های ۴۴ خط‌نمونه و ۲۲۰ کوادرات استفاده شد. فسفر قابل جذب (ppm) به روش اولسن (Olsen *et al.*, 1954) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، ازت خاک (درصد) با روش کج‌لدال (Bremner, 1996)، پتاسیم (ppm) قابل جذب با روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم (Anonymous, 1984) و به کمک دستگاه فلیم‌فتومتر و بافت خاک با روش هیدرومتری بایکاس (Ali Ehyaei & Behbehani Zade, 1993) تعیین شد. به منظور تعیین درصد رطوبت اشباع هریک از نمونه‌ها، ابتدا حدود ۵۰ گرم از هر نمونه برداشت شد و تا رسیدن به حد اشباع به آن آب مقطر اضافه شد و پس از ساخت گل اشباع، مقدار مشخصی از آنها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از توزین نمونه‌های خشک شده و تقسیم اختلاف وزن به دست آمده بر وزن اولیه گل اشباع، درصد رطوبت اشباع هر یک از نمونه‌ها به دست آمد (Ali Ehyaei & Behbehani Zade, 1993). اسیدیته خاک با استفاده از دستگاه pH متر الکتریکی با مخلوط خاک و آب مقطر و به نسبت یک به ۲/۵ تعیین شد (Ali Ehyaei & Behbehani Zade, 1993).

عناصر غذایی را با استفاده از مدل GLM در فنلاند بررسی کردند. در ایران Alavi و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱۳) با استفاده از مدل‌های GLM و تابع بتا واکنش راش را به متغیرهای فیزیکی خاک در خیرودکنار نوشهر مورد بررسی قرار دادند. در همه این مطالعات مشخص شده است که گونه‌ها دارای دامنه بوم‌شناختی مشخصی هستند و همیشه توزیع نرمال نمی‌تواند پاسخ گونه‌ها را پیش‌بینی کند. هدف از پژوهش پیش‌رو بررسی پراکنش راش در حاشیه رودخانه صفارود رامسر و تعیین دامنه بردباری و مقدار بهینه این گونه نسبت به عوامل خاکی با استفاده از مدل HOF توسعه یافته و مقایسه آن با بخش‌های داخلی جنگل بود.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حوضه آبخیز صفارود رامسر و در حاشیه رودخانه صفارود قرار دارد. این منطقه در غرب استان مازندران قرار گرفته و از نظر موقعیت جغرافیایی در فاصله بین عرض جغرافیایی ۳۶° ۵۱' ۴۵" و ۳۶° ۵۱' ۷" شمالی و طول جغرافیایی ۵۰° ۴۱' ۱۹" تا ۵۰° ۴۲' ۳۴" شرقی قرار دارد (شکل ۱). حوضه صفارود دارای تپ خاک قهوه‌ای جنگلی و آبرفتی در حال تکامل با بافت‌های لومی و لومی-رسی-شنی است. محدوده ارتفاعی جنگل صفارود ۳۵۰ تا ۱۹۵۰ متر است. براساس آمار نزدیکترین ایستگاه هواشناسی (رامسر)، میانگین درجه حرارت سالانه ۱۵/۹ درجه سانتی‌گراد، مجموع بارش سالانه ۱۲۱۵/۸ میلی‌متر و میانگین رطوبت نسبی سالانه ۸۴/۷ درصد است. حداقل درجه حرارت در ماه دی ۳/۸ درجه سانتی‌گراد و حداکثر در ماه‌های تیر و مرداد ۲۸/۶ درجه سانتی‌گراد است. با توجه به طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، اقلیم منطقه مرطوب سرد می باشد (Anonymous, 2010). آبراه اصلی صفارود با جهت کلی جنوب‌غربی-شمال‌شرقی پس از طی مسیر ۲۱ کیلومتری به دریای خزر می‌ریزد. صفارود با دبی متوسط ۲/۲ مترمکعب در ثانیه از رژیم برفی بارانی برخوردار است. در منطقه مورد مطالعه دخالت‌های مدیریتی و عملیات



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه در حوضه آبخیز صفارود رامسر

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای بررسی پاسخ راش به عوامل خاکی از مدل HOF توسعه یافته (eHOF) استفاده شد (Jansen & Oksanen, 2013). مدل اصلی و اولیه، مدل Huisman-Olff-Fresco (HOF) بود (Huisman *et al.*, 1993). مدل اصلی از پنج مدل پاسخ تشکیل شده است که می‌تواند پاسخ گونه‌ها در طول گرادیان اکولوژیکی را ارزیابی کند. مدل I، عدم پاسخ گونه‌ها در طول گرادیان مطالعه شده را نشان می‌دهد؛ مدل II، روند یکنواخت افزایشی یا کاهش‌ی را و مدل III، افزایش یا کاهش قبل یا پس از یک مقدار مشخص در قالب یک سطح مسطح (فلات) را نشان می‌دهند. مدل IV مدل تک‌نمایی متقارن (توزیع نرمال) است و مدل V، پاسخ تک‌نمایی نامتقارن (چولگی به چپ یا راست) را توصیف می‌کند. در مدل توسعه یافته HOF (=eHOF extended HOF) دو مدل جدید به آن اضافه شده است. مدل VI، یک

مدل دونمایی متقارن با دو مقدار بهینه است و مدل VII، مدل دونمایی چوله‌دار است که همانند مدل VI دارای دو مقدار بهینه است. چارچوب مدل‌ها با افزایش پیچیدگی موجب انتخاب بهترین مدل که به‌طور کافی الگوی مشاهده شده را توضیح دهد، می‌شود. به‌رغم اثبات سودمند بودن مدل HOF اصلی، فاقد برخی از انواع پیش‌بینی‌ها، به ویژه مدل‌های دونمایی است. بنابراین، مدل‌های HOF دوباره اجرا و مدل‌های دونمایی به آن اضافه شد (Jansen and Oksanen, 2013). برای تعیین بهترین مدل از معیار اطلاعات آکائیک تصحیح شده (AICc) استفاده شد. در هر یک از پنج فاصله، مدلی که کمترین مقدار AICc را در میان مدل‌های هفت‌گانه داشته باشد بهترین مدل خواهد بود. تمامی محاسبات با استفاده از بسته eHOF (Jansen & Oksanen, 2015) توسط نرم‌افزار R ver. 3.1.3 (Anonymous, 2015) انجام شد.

نتایج

مدل انتخاب شده از مدل‌سازی پراکنش راش نسبت به درصد شن در حاشیه رودخانه و فاصله ۱۰۰ متر مدل II است. دامنه اکولوژیک راش نسبت به درصد شن در حاشیه رودخانه از ۴۳ تا ۶۲ درصد و در فاصله ۱۰۰ متر از ۵۴ تا ۶۶/۲۳ درصد و مقدار بهینه آن در این دو فاصله به ترتیب ۴۳ و ۵۴ درصد است. مدل انتخاب شده در فاصله ۵۰ متر مدل IV با دامنه اکولوژیک ۵۲ تا ۷۰/۶۲ درصد و مقدار بهینه ۶۴/۳۱ درصد است. در فاصله ۱۵۰ متر، بهترین مدل انتخاب شده مدل III با دامنه اکولوژیک ۵۴ تا ۷۰/۳۳ درصد و مقدار بهینه ۵۴ درصد است. در فاصله ۲۰۰ متر، مدل انتخاب شده مدل V با چولگی به سمت راست است که دامنه اکولوژیک آن ۵۸/۹ تا ۷۱ درصد و مقدار بهینه آن ۶۲/۹ درصد است (جدول ۱ و شکل ۲).

مدل به‌دست آمده از بررسی رابطه بین گونه راش و سیلت در حاشیه رودخانه و فواصل ۱۰۰ و ۱۵۰ متر، مدل III را نشان می‌دهد. دامنه اکولوژیک این گونه در حاشیه رودخانه از ۲۶/۸ تا ۳۷ درصد، در فاصله ۱۰۰ متر از ۱۷/۱۷ تا ۳۳ درصد و در فاصله ۱۵۰ متر ۱۷/۷۷ تا ۳۶ درصد و مقدار بهینه در این سه فاصله به ترتیب ۳۷، ۱۸/۱ و ۲۸/۲۹ درصد است. در فاصله ۵۰ متر، بهترین مدل انتخاب شده مدل V با چولگی به سمت راست است که دامنه اکولوژیک آن ۲۱/۵۶ تا ۳۰ درصد و مقدار بهینه آن ۲۳/۶۲ درصد است. در فاصله ۲۰۰ متر، مدل به‌دست آمده مدل V با چولگی به سمت چپ است. دامنه اکولوژیک راش در این فاصله ۱۲/۴۶ تا ۳۰ درصد و مقدار بهینه آن نیز ۲۹/۳۵ درصد است.

براساس نتایج به‌دست آمده از مدل HOF، دامنه اکولوژیک گونه راش نسبت به رس در حاشیه رودخانه از مدل II تبعیت می‌کند. دامنه بردباری آن بین ۱۳ تا ۲۷ درصد و مقدار بهینه آن نیز ۲۷ درصد می‌باشد. در فاصله

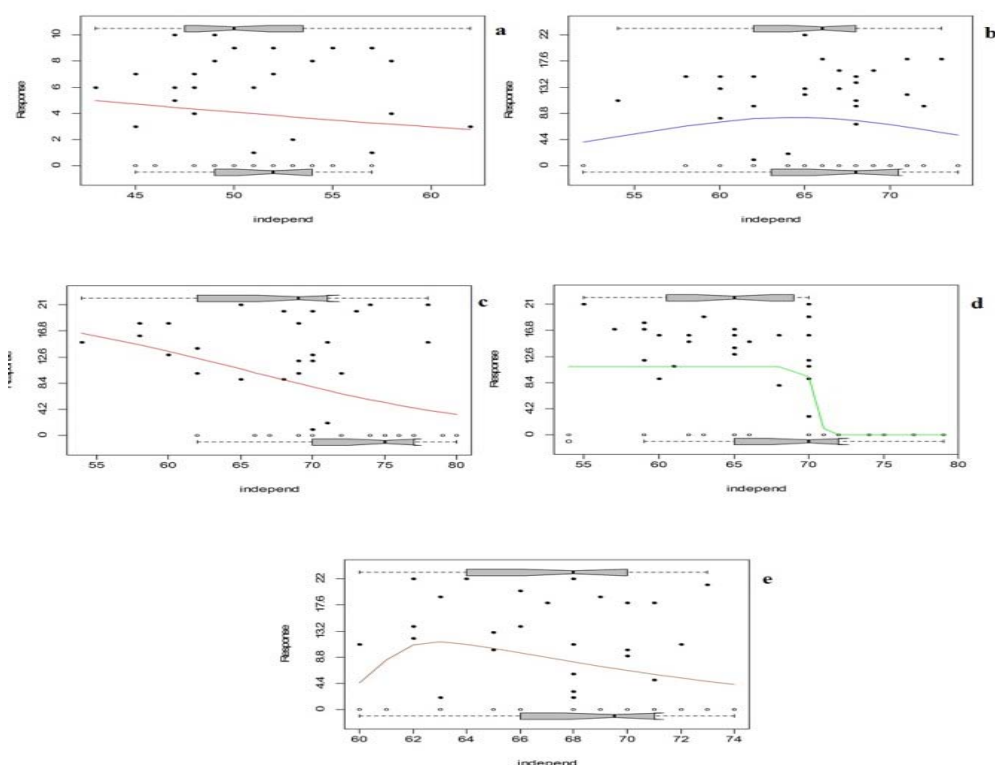
۵۰ متر، مدل انتخاب شده مدل III است که دامنه بردباری آن ۶ تا ۱۱/۴ درصد و مقدار بهینه آن نیز شش درصد است. در فاصله ۱۰۰ متر، مدل انتخاب شده مدل IV است که دامنه بردباری آن ۴/۲۲ تا ۱۱ درصد و مقدار بهینه آن ۷/۶۱ درصد است. در فاصله ۱۵۰ متر، مدل به‌دست آمده مدل V با چولگی به سمت راست است که دامنه اکولوژیک آن ۵/۵۳ تا ۱۶ درصد و مقدار بهینه آن ۸/۲۸ درصد به‌دست آمد. در فاصله ۲۰۰ متر، مدل به‌دست آمده مدل I است که دامنه اکولوژیک راش بین ۵ تا ۱۴ درصد و فاقد مقدار بهینه است.

بهترین مدل انتخاب شده از رابطه بین راش و درصد رطوبت اشباع در حاشیه رودخانه و فواصل ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر، مدل III است. دامنه بردباری راش نسبت به درصد رطوبت اشباع در حاشیه رودخانه بین ۷۲ تا ۸۸ درصد، در فاصله ۵۰ متر بین ۲۹ تا ۳۹/۲۹ درصد، در فاصله ۱۰۰ متر بین ۱۸/۶۲ تا ۵۲ درصد و در فاصله ۱۵۰ متر بین ۲۵/۸۴ تا ۵۲ درصد است. مقدار بهینه در این چهار فاصله به ترتیب ۷۲، ۲۹، ۲۰ و ۳۱/۵۳ درصد است. در فاصله ۲۰۰ متر، مدل انتخاب شده مدل V است که دامنه بردباری آن بین ۱۵/۵۱ تا ۴۸/۷۳ درصد و مقدار بهینه آن ۳۲/۱۲ درصد است.

بررسی پاسخ راش به وضعیت اسیدیته در حاشیه رودخانه، مدل IV و در فواصل ۵۰ و ۲۰۰، مدل III را نشان می‌دهد. دامنه بردباری راش نسبت به اسیدیته در حاشیه رودخانه بین ۵/۳۶ تا ۶/۱، در فاصله ۵۰ متر بین ۶ تا ۷/۳۹ و در فاصله ۲۰۰ متر بین ۵/۹۶ تا ۷/۳۶ و مقدار بهینه آن به ترتیب ۵/۴۴، ۶ و ۶/۳۸ است. در فواصل ۱۰۰ و ۱۵۰ متر، بهترین مدل انتخاب شده مدل V با چولگی به سمت راست است. دامنه اکولوژیک آن در فاصله ۱۰۰ متر، ۶/۰۵ تا ۷/۳۹ و در فاصله ۱۵۰ متر، ۵/۸۴ تا ۷/۵۵ و مقدار بهینه آن به ترتیب ۶/۱۶ و ۵/۹۶ است.

جدول ۱- مقادیر معیار آکائیک به دست آمده از پاسخ گونه راش به درصد شن. مدل انتخاب شده با حرف a مشخص شده است.

مدل VII	مدل VI	مدل V	مدل IV	مدل III	مدل II	مدل I	
۲۱۲/۶۷	۲۱۰/۲۸	۲۱۳/۹۱	۲۱۱/۴۹	۲۱۱/۴۹	۲۰۹/۱۸ ^a	۲۰۹/۸۳	حاشیه رودخانه
۴۱۳/۱۲	۴۱۳/۲۶	۴۱۳/۱۸	۴۱۱/۰۳ ^a	۴۱۷/۲۷	۴۱۴/۹۷	۴۱۲/۷۷	فاصله ۵۰ متر
۴۱۸/۳	۴۱۵/۷۵	۴۱۳/۸۳	۴۱۳/۳۲	۴۱۳/۲۵	۴۱۱/۰۴ ^a	۴۶۶/۲۸	فاصله ۱۰۰ متر
۳۲۲/۷	۳۳۰/۴	۳۳۸/۷	۳۵۲/۶	۲۹۱/۶ ^a	۳۶۵/۹	۴۲۰/۴	فاصله ۱۵۰ متر
۴۳۳/۳۲	۴۳۷/۶۷	۴۳۱/۴۷ ^a	۴۳۵/۳۲	۴۳۸/۵۶	۴۴۰/۷۱	۴۵۱/۵۳	فاصله ۲۰۰ متر



شکل ۲- پراکنش گونه راش نسبت به درصد شن: (a) حاشیه رودخانه، (b) فاصله ۵۰ متر، (c) فاصله ۱۰۰ متر، (d) فاصله ۱۵۰ متر و (e) فاصله ۲۰۰ متر

بررسی پاسخ راش به عامل ازت در حاشیه رودخانه و فواصل ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متر نشان می‌دهد که بهترین مدل انتخاب شده در این فواصل مدل تک‌نمایی و متقارن IV است. دامنه بردباری راش نسبت به ازت در حاشیه رودخانه ۱۵ تا ۲۹ درصد و مقدار بهینه آن ۰/۲۲ درصد است. دامنه بردباری در فاصله ۱۰۰ متر ۳۶ تا ۵۲ درصد، در فاصله ۱۵۰ متر ۳۵ تا ۷۲ درصد، در فاصله ۲۰۰ متر ۳۵ تا ۵۲ درصد و مقدار بهینه آنها به ترتیب ۰/۴۴، ۰/۵۳ و ۰/۴۳ درصد می‌باشد. بررسی پاسخ راش به عامل ازت در فاصله ۵۰ متر نشان می‌دهد که بهترین مدل انتخاب شده مدل II است. دامنه بوم‌شناختی آن بین ۰/۲۵ تا ۰/۴۹ درصد و مقدار بهینه آن ۰/۴۹ درصد است. مدل به دست آمده از بررسی پاسخ راش به عنصر فسفر در حاشیه رودخانه و فاصله ۵۰ و ۲۰۰ متر مدل IV است.

بررسی پاسخ راش به عامل ازت در حاشیه رودخانه و فواصل ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ متر نشان می‌دهد که بهترین مدل انتخاب شده در این فواصل مدل تک‌نمایی و متقارن IV است. دامنه بردباری راش نسبت به ازت در حاشیه رودخانه ۱۵ تا ۲۹ درصد و مقدار بهینه آن ۰/۲۲ درصد است. دامنه بردباری در فاصله ۱۰۰ متر ۳۶ تا ۵۲ درصد، در فاصله ۱۵۰ متر ۳۵ تا ۷۲ درصد، در فاصله ۲۰۰ متر ۳۵ تا ۵۲ درصد و مقدار بهینه آنها به ترتیب ۰/۴۴، ۰/۵۳ و ۰/۴۳ درصد می‌باشد. بررسی پاسخ راش به عامل ازت در فاصله ۵۰ متر نشان می‌دهد که بهترین مدل انتخاب شده مدل II است. دامنه بوم‌شناختی آن بین ۰/۲۵ تا ۰/۴۹ درصد و مقدار بهینه آن ۰/۴۹ درصد است. مدل به دست آمده از بررسی پاسخ راش به عنصر فسفر در حاشیه رودخانه و فاصله ۵۰ و ۲۰۰ متر مدل IV است.

فاصله ۱۵۰ متر، ابتدا گونه راش روندی افزایشی داشت ولی بعد با افزایش درصد رس به بیش از ۹ درصد روندی کاهشی در پیش گرفت. در فاصله ۲۰۰ متر، حضور راش روند ثابتی نسبت به درصد رس داشت و تا ۱۴ درصد رس را توانست تحمل کند. در واقع رس یک عامل مهم و تأثیرگذار در حاشیه رودخانه بود که توانست تأثیری مثبت بر رشد راش داشته باشد. ولی در بخش‌های درونی جنگل، رس درصد کمتری داشته و افزایش آن از مقداری مشخص (۱۱ تا ۱۴ درصد در فواصل مختلف) مانع پراکنش بیشتر راش در منطقه شده است.

در هر پنج فاصله، درصد اصلی بافت منطقه را شن تشکیل داده است. در شرایطی که در حاشیه رودخانه مقدار بهینه آن ۴۳ درصد است با افزایش درصد شن، تراکم راش کاهش می‌یابد و از این لحاظ در نقطه مخالف رس قرار می‌گیرد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در چهار فاصله از رودخانه، راش توانسته است در ۵۴ تا ۶۴ درصد شن بیشترین رشد را داشته باشد و آن را تحمل کند ولی پس از آن دیگر شرایط سخت شده و راش نمی‌تواند درصد شن بیشتر را تحمل کند. از آنجا که ذرات شن درشت می‌باشند، منافذ خالی بین آنها نیز به نسبت درشت بوده و امکان زهکشی آزاد آب و ورود هوا را به داخل خاک افزایش می‌دهد (Shahoei, 2006). با افزایش درصد شن نفوذپذیری زیاد و ظرفیت نگهداری آب کم می‌شود. از طرفی با افزایش درصد شن، خاک در معرض خشک‌سالی قرار می‌گیرد و از نظر عناصر غذایی فقیر می‌شود. به همین جهت است که با افزایش درصد شن از مقدار دامنه آن در این فواصل، روند کاهشی تراکم و حضور راش مشاهده می‌شود.

پاسخ راش به افزایش سیلت تا ۳۷ درصد افزایش تراکم است و تأثیری مثبت بر پراکنش گونه راش دارد. در واقع ترکیب سیلت با درصد شن و رس در حاشیه رودخانه باعث می‌شود تا بافت لومی تشکیل شود این در شرایطی است که در فواصل دیگر درصد اصلی بافت را شن تشکیل دهد. Zarrinkafsh (۲۰۰۲) بافت لومی را بهترین بافت برای رشد ریشه گیاهان معرفی کرده است. در فواصل دیگر راش نسبت

دامنه اکولوژیک راش در حاشیه رودخانه ۳/۶۹ تا ۵/۵۴ و مقدار بهینه آن ۴/۶۲ و در فاصله ۵۰ متر دامنه اکولوژیک آن ۱۰/۱۳ تا ۱۲/۲۱ و مقدار بهینه آن ۱۱/۷۹ است. این مقدار در فاصله ۲۰۰ متر بین ۸/۶۷ تا ۱۰/۹۱ با مقدار بهینه ۹/۷۹ است. در فاصله ۱۰۰ متر مدل به دست آمده مدل V با دامنه بردباری ۹/۵۵ تا ۱۲/۸۸ و مقدار بهینه ۱۱/۸۵ است. در فاصله ۱۵۰ متر، مدل به دست آمده مدل III است که دامنه بوم‌شناختی آن ۸/۲۲ تا ۱۳/۷۸ و مقدار بهینه آن ۱۰/۰۷ است.

پاسخ گونه راش نسبت به عنصر پتاسیم در حاشیه رودخانه و فاصله ۱۰۰ متر مدل V است. دامنه بردباری در حاشیه رودخانه ۱۶۷/۰۷ تا ۲۲۳/۰۹ و مقدار بهینه آن ۱۷۳/۲۷ است. در فاصله ۱۰۰ متر دامنه بردباری ۳۰۳/۹۶ تا ۴۴۹/۳ و مقدار بهینه آن ۴۲۱/۸۴ می‌باشد. در فواصل ۵۰ و ۲۰۰ متر، مدل III به دست آمد. دامنه پراکنش راش در فاصله ۵۰ متر بین ۳۴۵ تا ۴۵۷ و مقدار بهینه آن ۳۴۵ است. در فاصله ۲۰۰ متر، مقدار این دامنه از ۳۶۰ تا ۴۰۸ بوده و بهینه آن نیز ۳۶۰ است. در فاصله ۱۵۰ متر، مدل انتخاب شده مدل IV است که دامنه اکولوژیک آن ۳۸۱/۴۵ تا ۴۴۰/۴۴ و مقدار بهینه آن ۴۱۰/۹۴ است.

بحث

حضور گونه راش در حاشیه رودخانه نسبت به درصد رس روند افزایشی داشت. در واقع با افزایش درصد رس، تراکم راش نیز افزایش یافت و با توجه به اینکه مقدار بهینه رس ۲۷ درصد بود افزایش درصد رس تا این مقدار شرایط مناسب‌تری را برای راش فراهم کرده بود. Habibi Kaseb (۱۹۶۴) و Alavi و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند که راش از حضور در خاک‌هایی با مقدار رس خیلی زیاد اجتناب می‌کند. در فاصله ۵۰ متر، حضور راش تا ۱۱ درصد رس روند ثابتی داشت ولی پس از آن با افزایش درصد رس، حضور راش روند کاهشی داشته است. در فاصله ۱۰۰ متر، راش نسبت به درصد رس دارای یک توزیع متقارن و بهترین حالت تراکم آن بین ۸ تا ۱۱ درصد رس بود. در

خنثی راش روندی افزایشی داشته است ولی پس از آن با رسیدن به مقدار قلیایی رشد راش متوقف می‌شود. در واقع یک عامل محدودکننده دیگر در جنگل‌های کران‌رودی را می‌توان اسیدی بودن خاک عنوان کرد.

در حاشیه رودخانه رابطه راش با پتاسیم روندی کاهش‌ی داشت و این عنصر غذایی نتوانست تأثیری مثبت بر حضور راش داشته باشد. در واقع راش در جنگل‌های کران‌رودی از پتاسیم زیاد گریزان است. درحالی‌که در سایر نقاط و به ویژه در فواصل دورتر از رودخانه تمایل راش به پتاسیم بیشتر است و راش از حضور عنصر پتاسیم بهره‌مند شده و این امر باعث افزایش تراکم راش می‌شود. در شرایطی که مقدار بهینه پتاسیم در حاشیه رودخانه کم و حدود ۱۷۳ است این مقدار در بخش‌های داخلی جنگل به مراتب بیشتر و بین ۳۴۵ تا ۴۳۰ به‌دست آمد. در فاصله ۱۰۰ متر مشاهده شد که اگر مقدار پتاسیم از حدی بیشتر شود رشد راش را تحت الشعاع قرار داده و سبب کاهش رشد می‌شود، زیرا افزایش پتاسیم خاصیت سمی در گیاه ایجاد می‌کند.

حضور بهینه راش نسبت به ازت در بخش‌های داخلی جنگل به مراتب بیشتر از حاشیه رودخانه بود و در فاصله ۱۵۰ متر به ۰/۷۲ درصد نیز رسیده است. در مورد ازت، در چهار فاصله از پنج فاصله مدل IV (توزیع نرمال) مشاهده شد که نشان می‌دهد راش به مقادیر کم و زیاد ازت حساس است و در مقادیر نزدیک به میانگین رشد بیشتری دارد. رشد گونه راش نسبت به فسفر در هر پنج فاصله در ابتدا روندی افزایشی داشت و پس از آن با افزایش فسفر به یک مقدار ثابت یا کاهش یافته رسید. فسفر یکی از عناصر تغذیه‌ای مهم در گیاهان است که بدون آن گیاه قادر به رشد و نمو نیست و به دلیل تأثیر مستقیم در تولید ATP به انرژی رایج موجود زنده مشهور است (Shahoei, 2006). درحالی‌که در حاشیه رودخانه در مقدار فسفر حدود ۴/۵، راش بیشترین تراکم خود را داشت، ولی در بخش‌های درونی جنگل این مقدار بیش از ۱۰ بوده است. Kalusova و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی عوامل محیطی مؤثر بر جنگل با استفاده از مدل HOF در انگلیس مشاهده کردند که اکثر گونه‌های

به درصد سیلت تا مقادیر کمتر از ۳۰ درصد روند افزایشی ولی بعد از آن روند کاهش‌ی نشان داد. در واقع راش از رویشگاه‌هایی با مقدار سیلت بیشتر از ۳۰ و کمتر از ۱۸ درصد گریزان است و تمایل به توسعه در دامنه ۱۸ تا ۳۰ درصد سیلت دارد.

یکی از عوامل محدودکننده اصلی رشد گیاهان در حاشیه رودخانه را می‌توان بالا بودن درصد رطوبت اشباع دانست. همان‌طور که در این پژوهش مشاهده شد مقدار بهینه راش در حاشیه رودخانه ۷۲ درصد بود ولی پس از آن با افزایش رطوبت اشباع، رشد گونه راش افزایش نداشته است. در واقع با پر شدن منافذ توسط آب، تهویه خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تجزیه مواد کم شده و در نتیجه مواد غذایی کمتری در اختیار گیاهان منطقه قرار می‌گیرد. براساس گزارش Wei و همکاران (۲۰۱۰) گونه‌های درختی در جنگل‌های کران‌رودی تحت تأثیر عوامل فیزیکی خاک و رطوبت خاک هستند. Stokes و همکاران (۲۰۱۰) نیز به افزایش لاشبرگ و کاهش فرآیند تجزیه در جنگل‌های کران‌رودی به علت فراوانی وقوع سیل در شرق استرالیا اشاره کردند. این مسئله یکی از مهم‌ترین دلایلی است که باعث کاهش تراکم گونه‌های درختی و زادآوری در جنگل‌های کران‌رودی شده است. در فواصل دورتر از رودخانه مقدار بهینه راش در رطوبت کمتر از ۳۲ درصد بوده و پس از آن با افزایش رطوبت، حضور گونه راش کاهش و یا به مقدار ثابتی می‌رسد.

راش در حاشیه رودخانه در شرایطی اسیدی و با مقدار بهینه ۵/۴۴ رشد یافته است و با افزایش مقدار اسیدیته به سمت خنثی، رشد راش بیشتر و در نهایت به روند ثابتی می‌رسد. زهکشی خاک از نیازهای بنیادی گونه راش است (Harris, 2002). اسیدیته خاک پراکنش گونه‌ها را با تغییر دسترسی گیاهان به پتاسیم و فسفر و برخی عناصر غذایی دیگر تحت تأثیر قرار می‌دهد و این مسئله باعث می‌شود تا pH یک عامل کلیدی در حضور گونه‌ها در حاشیه رودخانه باشد (John et al., 2007). در فواصل دیگر نیز همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش pH تا نزدیک ۷ و حالت

HOF با مدل‌های دیگر مانند مدل جمعی تعمیم یافته و تابع بتا مقایسه و مورد بررسی قرار گیرد.

References

- Alavi, S.J., Zahedi Amiri, G., Rahmani, R., Marvie Mohajer, M.R., Muys, B. and Fathi, J., 2012. Extracting ecological optimum and amplitude of *Fagus orientalis* along environmental gradients in Kheyroud forest, Nowshahr. Journal of Natural Environmental, 64 (4): 399-415 (In Persian).
- Alavi, S.J., Zahedi Amiri, G., Rahmani, R., Marvie Mohajer, M.R., Muys, B. and Nouri, Z., 2013. Investigation on the response of *Fagus orientalis* Lipsky to some environmental variables using beta function and its comparison with Gaussian function (Case study: Kheyroud forest research station). Iranian Journal of Forest, 5(2): 161-171 (In Persian).
- Ali Ehyaei, M. and Behbehani Zade, A.A., 1993. Methods of soil chemical analysis. Soil and Water Research Institute of Agricultural Extension and Education. Vol.1, 128p. (In Persian).
- Anonymous, 1984. Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey. Soil Survey Staff, Soil Survey Investigations Rep. No. 1. USDA-SCS Agricultural Handbook, 436p.
- Anonymous, 2010. Safaroud forest management plan. Forests, Rangeland and Watershed Management Organization, Natural Resources Office-Nowshahr, 311p.
- Anonymous, 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Austin, M.P., 1999. A silent clash of paradigms: some inconsistencies in community ecology. Oikos, 86: 170-178.
- Austin, M.P., 2002. Case studies of the use of environmental gradients in vegetation and fauna modelling: theory and practice in Australia and New Zealand. In: Scott, J.M., Heglund, P.J., Samson, F., Haufler, J., Morrison, M., Raphael, M., Wall, B. (Eds.), Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale.

گیاهی نسبت به اسیددیده و فسفر از مدل‌های III، IV و V تبعیت می‌کنند.

با فاصله گرفتن از رودخانه عناصر غذایی خاک بیشتر شده و از طرفی تأثیری مثبت بر پراکنش گونه راش داشته‌اند. از طرفی در حاشیه رودخانه سیل‌های بیشتر، رسوبگذاری ناپایدار و زهکشی ضعیف باعث تولید کمتر عناصر غذایی می‌شود (Everson & Boucher, 1998). Budke و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی در برزیل گزارش کردند که تراکم پایین گونه‌ها به علت محدودیت‌های محیطی محلی در این مناطق است و سیل به عنوان عامل تنظیم‌کننده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر پراکنش و تراکم گونه‌ها تأثیر می‌گذارد. آنها همچنین بیان نمودند که عناصر غذایی، pH و شن در حاشیه رودخانه کاهش پیدا می‌کند در حالی که رطوبت و درصد رس و سیلت در حاشیه رودخانه بیشتر می‌شود. در واقع می‌توان گفت پراکنش گونه‌ها و تنوع ساختاری جوامع گیاهی رودخانه‌ای بر اساس توپوگرافی، خصوصیات خاک، هیدرولوژی، میکروکلیم، اختلالات و عوامل زیستی زون‌های رودخانه‌ای تغییر می‌کند (Budke et al., 2007).

بر اساس نتایج به دست آمده: ۱- پاسخ گونه راش در حاشیه رودخانه و داخل جنگل یکی نبود و ۲- توزیع گونه راش در فواصل مختلف همیشه از توزیع متقارن پیروی نمی‌کرد. از طرفی نتایج نشان داد که از بین هفت مدل طراحی شده از مدل HOF، پنج مدل در این پژوهش به دست آمد و این نشان‌دهنده کارایی مدل HOF توسعه یافته در تعیین بهترین مدل پاسخ گونه‌ها به متغیرهای محیطی است. Minchin و Oksanen (۲۰۰۲) و Uğurlu و Oldeland (۲۰۱۲) نیز به کارایی بهتر مدل HOF و Jansen و Oksanen (۲۰۱۳) به کارایی بهتر مدل eHOF اشاره کرده‌اند. امید است در آینده پژوهش‌های بیشتری در مورد جنگل‌های کران‌رودی و همچنین استفاده از مدل HOF توسعه یافته در مدل‌سازی پراکنش گونه‌های گیاهی و تعیین مقدار بهینه و دامنه بردباری گونه‌ها در جنگل‌های ایران انجام شود. از طرفی پیشنهاد می‌شود کارایی مدل

- species responses along ecological gradients–Huisman-Olff-Fresco models revisited. *Journal of Vegetation Science*, 24 (6): 1108-1117.
- Jansen, F. and Oksanen, J., 2015. Package 'eHOF'. Extended hierarchical logistic regression (Huisman-Olff-Fresco Models). <http://www.r-project.org/>
 - John, R., Dalling, J.W., Harms, K.E., Yavitt, J.B., Stallard, R.F., Mirabello, M., Hubbell, S.P., Valencia, R., Navarrete, H., Vallejo, M. and Foster, R.B., 2007. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104: 864–869.
 - Jokar Sarhangi, A., Amir Ahmadi, A. and Soleyman, H., 2007. Landslide hazard zonation in Safaroud River basin using GIS. *Geography and Regional Development*, 9: 79-92.
 - Kalusova, V., Le Duc, M.G., Gilbert, J.C., Lawson, C.S., Gowing, D.J.G. and Marrs Rob, H., 2009. Determining the important environmental variables controlling plant species community composition in mesotrophic grasslands in Great Britain. *Applied Vegetation Science*, 12: 459-471.
 - Lawesson, J.E. and Oksanen, J., 2002. Niche characteristics of Danish woody species derived from coenoclines. *Journal of Vegetation Science*, 13: 279-290.
 - Mäkipää, R., 1999. Response patterns of *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea* along nutrient gradients in boreal forest. *Journal of Vegetation Science*, 10: 17-26.
 - Naiman, R.J., Décamps, H. and McClain, H.E., 2005. *Riparia Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities*. Elsevier Press, 446p.
 - Oksanen, J. and Minchin, P.R., 2002. Continuum theory revisited: what shape are species responses along ecological gradients? *Ecological Modeling*, 157: 119-129.
 - Olden, J.D. and Jackson, D.A., 2002. A comparison of statistical approaches for modeling fish species distributions. *Freshwater Biology*, 47: 1976-1995.
 - Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U. S. Department of Agriculture, Island Press, Covelo, CA, pp. 73-82.
 - Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-total. *Methods of soil analysis*. In Sparks, D.L. (Ed), Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 1309p.
 - Budke, J.C., Jarenkow, J.A. and de Oliveira-Filho, A.T., 2007. Relationships between tree component structure, topography and soils of a riverside forest, Rio Botucarai, Southern Brazil. *Plant Ecology*, 189: 187–200.
 - Cramer, W. and Hytteborn, H., 1987. The separation of fluctuation and long-term change in vegetation dynamics of a rising sea shore. *Vegetatio*, 69: 157- 168.
 - Dirnbock, T., Dullinger, S. and Grabherr, G., 2003. A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *Journal of Biogeography*, 30: 401–417.
 - Engler, R., Guisan, A. and Rechsteiner, L., 2004. An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudoabsence data. *Journal of Applied Ecology*, 41: 263-274.
 - Everson, D.A. and Boucher, D.H., 1998. Tree species-richness and topographic complexity along the riparian edge of the Potomac River. *Forest Ecology and Management*, 109: 305-314.
 - Franklin, J., McCullough, P. and Gray, C., 2000. Terrain variables used for predictive mapping of vegetation communities in southern California. In: Wilson, J.P., Gallant, J.C. (Eds) *Terrain Analysis: Principles and Applications*. Wiley. 520 p.
 - Guisan, A. and Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling*, 135: 147-186.
 - Habibi Kaseb, H., 1964. Study of soil texture effect on growth of beech. *Journal of Natural Resources*, 31: 60-70 (In Persian).
 - Harris, E., 2002. Goodbye to Beech? Farewell to *Fagus*? *Quarterly Journal of Forestry*, 96(2): 97-98.
 - Huisman, J., Olff, H. and Fresco, L.F.M., 1993. A hierarchical set of models for species response analysis. *Journal of Vegetation Science*, 4: 37-46.
 - Jansen, F. and Oksanen, J., 2013. How to model

- soils (translation). Kurdistan University, 900p.
- Stokes, K., Ward, K. and Colloff, M., 2010. Alterations in flood frequency increase exotic and native species richness of understorey vegetation in a temperate floodplain eucalypt forest. *Plant Ecology*, 211: 219-233.
 - Uğurlu, E. and Oldeland, J., 2012. Species response curves of oak species along climatic gradients in Turkey. *International Journal of Biometeorology*, 56: 85-93.
 - Wei, X.Z., Jiang, M.X., Huang, H.D., Yang, J.Y. and Yu, J., 2010. Relationships between environment and mountain riparian plant communities associated with two rare tertiary-relict tree species, *Euptelea pleiospermum* (Eupteleaceae) and *Cercidiphyllum japonicum* (Cercidiphyllaceae). *Flora*, 205: 841-852.
 - Zarrinkafsh, M.K., 2002. Forestry soil. Interaction of soil and plants regarding ecological factors forests ecosystems. Research Institute of Forests and Rangelands, 361p.
 - No. 939, 24p.
 - Pakeman, R.J., Reid, C.L., Lennon, J.J. and Kent, M., 2009. Possible interactions between environmental factors in determining species optima. *Journal of Vegetation Science*, 19: 201-208.
 - Sakio, H. and Tamura, T., 2008. Ecology of Riparian Forests in Japan. Disturbance, Life History, and Regeneration. Springer Press, 335p.
 - Santika, T. and Hutchinson, M.F., 2009. The effect of species response form on species distribution model prediction and inference. *Ecological Modelling*, 220: 2365-2379.
 - Scott, J.M., Heglund, P.J., Samson, F., Haufler, J., Morrison, M., Raphael, M. and Wall, B., 2002. Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale. Island Press, Covelo, CA, 868p.
 - Shahoei, S.S., 2006. The nature and properties of

Modeling distribution of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) trees in riparian forest by HOF model

M.N. Adel^{1*}, H. Pourbabaie², S.J. Alavi³ and A. Salehi⁴

1*- Corresponding author, Ph.D. Student of Forest Sciences (Ecology), Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme`eh Sara, Iran. E-mail: mn.adel87@gmail.com

2- Prof., of Forestry, Natural Resources Faculty, University of Guilan, Somesara, Iran

3-Assistant Prof., Natural Resources and Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University, Nour, Iran

4-Associate Prof., of Forestry, Natural Resources Faculty, University of Guilan, Somesara, Iran

Received: 18.04.2015

Accepted: 05.07.2015

Abstract

We modeled the distribution of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands to determine optimum ecological amplitude range along riparian forests of Ramsar Safaroud riverside in Mazandaran province. Data were collected on transects which were perpendicular to the water flow on both river sides. Each transect was 200 m in length, with a 200 m distance between transects. On each transect five 400 m² quadrats were laid in 50 m intervals. At each sampling location the number of beech individuals with a diameter at breast height (DBH) > 7.5 cm were recorded. In addition three soil samples per plot were taken from the upper 30 cm depth. Totally 44 transects and 220 quadrats were sampled. An extended HOF model implemented in eHOF package in R was applied to assess the response of beech to soil variables, and the corrected Akaike's information criterion (AICc) was used for model selection based on models associated with the lowest AICc values. The results showed that only 27.5% of the models obtained a symmetric normal response curve (model IV), whereas 72.5% of models showed linear and asymmetric (i.e. I to V) curves. However, the VI and VII models were observed in none of the results. We assessed the HOF models to be of high potentials to be further employed in similarly-structured riparian forests.

Keywords: Safaroud forest of Ramsar, amplitude, modeling, extended eHOF model, optimum value.