تعیین مقدار بهینه و دامنه بوم شناختي درخت راش (*Fagus orientalis*) با استفاده از تابع گوسي در جنگل آموزشي و پژوهشي خیرود نوشهر

سید جلیل علوي[1]، قوام الدین زاهدي امیري[2]، رامین رحماني[3] ، محمد رضا مروي مهاجر[4] ، بارت مویس[5] و جعفر فتحي[6]

[1] استادیار دانشکده منابع طبیعي و علوم دریایي دانشگاه تربیت مدرس، ایران

[2] دانشیار گروه جنگلداري دانشکده منابع طبیعي دانشگاه تهران، ایران

[3] دانشیار گروه جنگلداري دانشکده منابع طبیعي دانشگاه علوم کشاورزي و منابع طبیعي گرگان، ایران

[4] استاد گروه جنگلداري دانشکده منابع طبیعي دانشگاه تهران، ایران

[5] استاد دانشگاه کاتولیک لوون، بلژیک، ایران

[6] کارشناس مسوول جنگل آموزشي و پژوهشي خیرود، دانشکده منابع طبیعي دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۸ ، تاریخ تصویب: ۹۰/۱۰/۱۰)

چکیده

بخش‌هاي پاتم، نم‌خانه، گرازبن، چلیر و بهاربن جنگل خیرود نوشهر بستر مطالعه حاضر را تشکیل مي دهند. با توجه به موجود بودن نقشه تیپولوژي جنگل براي تعدادي از بخش‌ها و به دلیل وسعت منطقه، بررسي حاضر در تیپ هایي که در آنها راش گونه غالب بوده، محدود شده است. در این مطالعه از روش نمونه‌برداري طبقه بندي شده بر اساس شکل زمین استفاده شد. بدین منظور پس از تهیه نقشه شکل زمین در هر یک از واحدهاي شکل زمین قطعه نمونه اي به مساحت ۱۰ آر پیاده شد. سپس در هر قطعه نمونه، تعداد پایه هاي راش با قطر بیشتر از ۷/۵ سانتي‌متر، ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب و جهت جغرافیایي اندازه‌گیري و ثبت شد. همچنین در مرکز هر قطعه نمونه، از افق A نمونه برداري خاك صورت گرفت. به منظور تعیین مقدار بهینه و دامنه اکولوژیک گونه راش از تابع گوسي استفاده شد. استفاده از این تابع با تبدیل آن به مدل خطي تعمیم یافته نشان داد که گونه راش در منطقه مورد مطالعه از نظر ارتفاع از سطح دریا داراي مقدار بهینه ۱۳۴۷ متر و دامنه اکولوژیک ۲۲۳۱-٤٦٤ متر بوده و در جهت‌هاي شمالي داراي بهترین عملکرد است. از نظر شیب این گونه داراي اپتیمم ۳۹ درصد و دامنه اکولوژیک ٧٤-۳ درصد است. گونه راش در رابطه با پارامتر بافت خاک داراي اپتیمم ۲۵ درصد، ۴۳ درصد و ۳۵ درصد به ترتیب براي شن، رس و سیلت و دامنه اکولوژیک ٤٦-٤ درصد براي شن، ٦٠-٢٦ درصد براي رس و ٥٦-١٥ درصد براي سیلت مي باشد.

واژه هاي کلیدي: گونه راش، مقدار بهینه ، دامنه اکولوژیک، تابع عکس العمل گوسي، مدل خطي تعمیم یافته، بافت خاک، عوامل توپوگرافي

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۱۱۵۸۰۰۹۷ فاکس: ۲۲۴۹۳۱۹-۰۲۶۱ E-mail: sja_sari@yahoo.com

مقدمه

يكي از موضوعات مهم در اُوت اكولوژي رستنيها، تجزيه و تحليل و درك روابط گونه گياهي و عوامل رويشگاهي، مخصوصاً عكس العمل گونهها به گراديان هاي اكولوژيكي است (Härdtle, 2004). در چند دهه گذشته تلاشهاي زيادي براي پيوند عملكرد گونهها به فاكتورهاي محيطي توسط بومشناسان و آماردانان صورت گرفته است كه متداولترين تكنيكي كه در حال حاضر استفاده مي شود، آناليز رگرسيون است. در بومشناسي، آناليز رگرسيون عمدتاً براي موارد زير استفاده مي شود (Jongman et al., 1995):

- برآورد پارامترهاي اكولوژيكي مورد نظر، براي مثال مقدار بهينه و دامنه اكولوژيک گونه
- ارزيابي اين كه كدام متغير محيطي در عكس العمل گونه بيشترين سهم را دارد و كدام متغير محيطي، غير مهم به نظر مي رسد. چنين ارزيابي از طريق آزمونهاي معنيداري آماري صورت مي گيرد.

يك مفهوم كليدي در مطالعه روابط گونه و محيط، منحني عكس العمل گونه است كه به صورت نمودار عملكرد گونه در رابطه با تغيير در بعضي فاكتورهاي محيطي تعريف مي شود. منحني عكسالعمل ممكن است ثابت، به طور موزون يا همنوا افزايشي يا كاهشي[1]، تک نمايي[2] يا دو نمايي[3] باشد.

جنگلهاي شمال ايران با تنوع بالاي درختان چوبي، درختچه ها و گياهان علفي از مهمترين اكوسيستمهاي طبيعي به شمار ميروند. جوامع مختلف جنگلي تحت تأثير عوامل اقليمي و خاكي از غرب به شرق سواحل درياي خزر و از جلگه تا ارتفاع فوقاني تغيير مي نمايد. رويشگاه راش در جنگلهاي حوزه خزري در عرض جغرافيايي ۳۶ تا ۳۸ درجه شمالي و طول جغرافيايي ۴۸ تا ۵۸ درجه شرقي يعني تقريباً از جنگل هاي آستارا تا گرگان پراكنش دارد. راش در جنگلهاي شمال ايران حدود ۳۰% از كل حجم سرپا و ۲۳% از كل تعداد درختان اين جنگلها را به خود اختصاص داده است (Moshtagh et al., 2001). از آن جايي كه تاكنون مطالعهاي در زمينه تعيين اپتيمم و دامنه اكولوژيک گونه راش در كشور صورت نگرفته است، در زير به تعدادي از منابع كه در آنها به ويژگي اكولوژيک گونه راش اشاره شده است، پرداخته مي شود. Mohadjer(1975) در بررسي كيفيت راشستان هاي شمال ايران به اين نتيجه رسيد كه درختان راش در جنگلهاي شمال ايران در ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ متري از سطح دريا از نظر ارتفاع غالب مهمترين درختان را تشكيل داده و كوتاهترين درختان راش در ارتفاعات ۱۶۰۰ متر به بالا ميباشند. وي بيان ميدارد كه راشستان هايي كه در ميانبند جنگلهاي شمال واقع شدهاند از قدرت رويشگاهي و توليدي بيشتري برخوردار ميباشند. درخت راش در ارتفاعات كوههاي البرز انتشار دارد و از آستارا تا گرگان ديده ميشود. در جنگلهاي نور تا ارتفاع ۲۲۰۰ متر ارتفاع بالا ميرود و در بعضي از درهها مانند دره نكا تا دامنههاي پايئني و ميانبند و درختان كهنسال آن در بعضي از جنگلهاي پلنگچال در معدن سنگ نوشهر در ارتفاع ۸۰ متر از سطح دريا ديده ميشود (Sabeti, 1976). درختان راش معمولاً از ارتفاع ۷۰۰ متر تا ۲۶۰۰ متر از سطح دريا ميرويد (Tabatabaei & Yasini, 1984). گونه راش به عنوان گونه كليماكس ارتفاعات ۷۰۰ تا ۱۸۰۰ متري از سطح دريا بوده و در اين ارتفاعات بر ساير گونهها غلبه دارد (Djavanshir, 1994). (1948) Saei در كتاب جنگلشناسي مينويسد؛ گونه راش با اين كه در هر خاكي مي رويد، خاكهاي سبك و بويژه آهكي را خيلي دوست دارد و خاكهاي خيلي سنگين و خيلي نمناك را نميپسندند.

Habibi Kaseb (1974) به بررسي تأثير بافت خاك در ميزان رويش راش در ايران پرداخت و عنوان كرد كه ميزان ليمون خاك ميتواند در ميزان رويش و ارتفاع درختان راش نقش مؤثري داشته باشد. وي اشاره مينمايد كه راش ايران همانند راش اروپايي از خاكهاي خيلي رسي گريزان است و بر روي خاكهاي با بافت ليموني رسي، رسي ليموني و يا رسي داراي بهترين رشد

[1] Monotonically increasing or decreasing
[2] Unimodal
[3] Bimodal

مي‌باشد. در سنين بالا، تغذيه معدني براي رشد راش بر عكس سنين جواني چندان قابل اهميت نبوده، بلكه تغذيه آبي گياه است كه نقش مهمي را در اين هنگام بازي مي‌نمايد. بر اساس مطالعه(Habibi Kaseb (1974 ، راشستان هاي شمال ايران بر روي دو نوع سنگ مادر اسيدي و آهكي رويش دارد و مي‌توان گفت كه راش گونه اي است بي تفاوت كه بر روي سنگ‌هاي مختلف به خوبي رشد مي نمايد. اين گونه از درختان كم نياز و از نظر نياز به نور، سايه پسند تا نيم سايه پسند بوده و مخصوصاً نهال هاي جوان آن سايه پسند مي باشند. در جنگل‌هاي طبيعي شيب هاي شمالي را ترجيح مي دهد و به رطوبت زياد هوا و محيط خنک نيازمند است. از رطوبت زياد خاک گريزان است و به خاک زهکشي شده احتياج دارد. اين گونه به سرما نسبتاً مقاوم ولي نهال‌هاي جوان آن هم از سرماي ديررس بهاره (Gorji Bahri & Sagheb Talebi, 1987) و هم از سرماي زودرس پائيزه (Sagheb Talebi, 1996) آسيب مي بينند. نتايج مطالعه(2003) Mataji مويد اين مطلب است كه بافت خاک (درصد سيلت) يكي از مهمترين عوامل موثر در گسترش جامعه راش مي باشد.

(1975) Gulisashvili et al اشاره مي نمايند كه در بخش هاي غربي قفقاز و Transcaucas كه اقليم مرطوب دارند، جنگل هاي راش در كوهپايه‌ها و دشت هاي ساحلي پراكنش دارد. در شرق، كه بارندگي كمتر بوده و درجه حرارت تابستان بيشتر مي باشد، اين جنگل‌ها از ارتفاع ۷۰۰-۶۰۰ متري از سطح دريا اكثراً در دامنه‌هاي رو به شمال توسعه يافته و مقدار اپتيمم شرايط در قسمت‌هاي پائين‌تر كوهستان‌ها بين ارتفاعات ۹۰۰ تا ۱۶۰۰ متر رخ مي دهد كه جنگل‌هاي راش به بيشترين توان توليد دست مي يابند. (2002) Harris بيان مي‌كند كه گونه راش به اتمسفر مرطوب نياز دارد. هر چند گونه راش به تيپ خاک نيازمند نمي‌باشد اما خاک خوب زهكشي شده از نيازهاي بنيادي گونه راش مي باشد.

همانطور كه اشاره شد، عكس العمل گونه در زمان و مكان ناشي از عوامل مختلف مي باشد. دليل آن هر چه باشد، نياز به مدل‌هايي مي‌باشد تا روابط مشاهده شده را توصيف نمايد. در مورد شكل مناسب منحني عكس العمل براي گونه‌هاي گياهي هنوز بحث و جدل زيادي وجود دارد. براي مثال (1956) Wittaker مشاهده نمود كه گونه‌ها معمولاً منحني عكس العمل تک نمايي[4] نشان مي‌دهند. در آن مطالعه، او پيشنهاد نمود كه منحني‌هاي عكس العمل گونه‌ها مي‌تواند در معنا و مفهوم متقارن بودن و زنگوله اي شكل بودن، شبيه منحني نرمال باشد. از آن موقع به بعد، اين منحني‌ها در تمام زمينه‌هاي زيستي ترويج يافته و تقريباً يک اصل اساسي در بوم شناسي گياهي شده است.

ديدگاه متعارف در بوم شناسي پوشش گياهي اين است كه گونه ها عكس العمل متقارن و تك نمايي به گراديان هاي اكولوژيك دارند (Oksanen & Minchin, 2001). نتايج نشان داده است كه اگر چه منحني‌هاي عكس العمل زنگوله اي شكل در طبيعت مشاهده مي‌شود، ولي عموميت ندارند و ممكن است منحني‌هاي دونمايي، چوله دار و غيره نيز در طبيعت ديده شود. همچنين مشاهده شده است كه الگوهاي منحني عكس العمل گونه در امتداد گراديان محيطي كاملاً متغير بوده و نتيجه گيري شده است كه مدل عكس العمل گونه اي كه عموميت داشته باشد، وجود ندارد (Kent & Coker, 1992). با اين وجود، تابع عكس العمل گوسي متقارن[5] تنها مدل عكس العمل اكولوژيک است كه پارامترها به طور موثر مي توانند برآورد شوند. مدل عكس العمل گوسي به عنوان يک مدل سه پارامتري كارا براي آناليز گراديان اكولوژيک است. اكولوژيست‌ها اغلب به دنبال مقدار مقدار اپتيمم براي تفسير اكولوژيک مي‌باشند. مدل گوسي يک عكس العمل متقارن و زنگوله اي شكل را در طول گراديان با سه پارامتر قابل تفسير توصيف مي نمايد: محل اپتيمم (µ)، ارتفاع تابع (h) و برداري يا پهناي تابع (t).

[4] Unimodal Response Curve
[5] Symmetric Gaussian Response Function

معادله (۱)

$$\mu = h\,\exp\left[-\frac{(x-u)^2}{2t^2}\right]$$

تابع گوسي در شكل اصلي خود غير خطي است و پارامترهاي آن مي‌تواند با استفاده از برنامه هاي رگرسيون خطي برآورد شود اما يک روش كاراتر ، برازش يک مدل چند جمله اي است که در آن تابع عكس العمل گوسي توسط مدل خطي تعميم يافته با چند جمله اي درجه دوم و تابع پيوند لگاريتمي تعريف مي شود (Oksanen *et al*., 2001).

معادله (۲)

$$\mu = \exp(b_0 + b_1x + b_2x^2)$$

كه نخستين بار توسط Austin *et al* (1984) استفاده شد. اين فرم چند جمله اي به آساني توسط نرم افزارهاي آماري براي مدل GLM برازش داده مي شود و توزيع خطاي غير نرمال مثل مدل پواسون يا دو جمله اي منفي نيز مي تواند به آساني نسبت به رگرسيون هاي غير خطي استفاده شود. معادله چند جمله اي فوق معادل تابع عكس العمل گوسي است، مشروط به آن كه $b_2<0$ باشد، با استفاده از فرمول‌هاي زير مي‌توان پارامترهاي گوسي را با استفاده از ضرايب چند جمله‌اي استخراج نمود.

معادله (۳)

$$u_x = -\frac{b_1}{2b_2} \qquad t_x = \sqrt{-\frac{1}{2b_2}} \qquad h = \exp\left(a - \frac{b_1^2}{4b_2}\right)$$

كه در آن b_0، b_1 و b_2 ضرايب چندجمله اي درجه دوم و µ، t و h به ترتيب مقدار اپتيمم، بردباري و ارتفاع تابع مي باشد.

زندگي هر موجود زنده مي تواند بين دو حد پائيني و بالايي از شرايط بوم‌شناختي يا محيطي صورت گيرد. بين اين دو مرز يک حد مطلوب يا بهينه وجود دارد كه فعاليت موجود زنده در آن موقعيت، بهتر صورت مي گيرد. فاصله بين اين دو حد پائيني و بالايي از شرايط بوم‌شناختي، دامنه يا ميدان بوم‌شناختي ناميده مي شود (Nayshabouri, 2003). دامنه بوم‌شناختي در تابع عكس العمل گوسي از اپتيمم ± بردباري" محاسبه مي شود.

مدل هاي خطي تعميم يافته[6] يا GLM بسط مدل‌هاي خطي عام مي باشد. در مدل‌هاي خطي عام، فرض بر اين است كه ۱) براي تمام مقادير مستقل توزيع مقادير وابسته بايد نرمال باشد ۲) واريانس توزيع متغير وابسته بايد براي تمام مقادير مستقل، يكسان باشد ۳) رابطه بين متغير وابسته و مستقل در جامعه بايد خطي باشد (Guisan *et al*., 2002). واضح است در مدل‌هاي رگرسيون خطي، توزيع نرمال نقش محوري ايفا مي نمايد. وضعيت هاي عملي زيادي وجود دارد كه اين فرض، حتي به طور تقريبي نيز برقرار نيست. براي مثال وقتي كه متغير وابسته، يک متغير گسسته (نظير شمارش) باشد. ويژگي داده‌هاي شمارشي ممكن است از فرضياتي كه معمولاً در تكنيک‌هاي آماري استفاده مي‌شود، تخطي نمايد. مدل‌هاي خطي تعميم يافته يک كلاسه انعطاف پذير و با استفاده گسترده هستند كه مي‌تواند متغيرهاي شمارشي، حضور- غياب و پيوسته را در خود جاي دهد (Seavy *et al*, 2005).

براي هر $\mu = \exp(b_0 + b_1x)$ گونه–متغير محيطي، معني دار بودن مدل گوسي در مقابل مدل خطي توسط آزمون انحراف باقيمانده[7] (در سطح ۵%) آزمون مي شود. انحراف هر مدل برازش يافته، قابل قياس با مجموع مربعات باقيمانده در رگرسيون خطي است. اختلاف اصلي بين انحراف ها با رگرسيون خطي اين است كه فرض مي شود توزيع خطا پواسون باشد، در صورتي كه در رگرسيون خطي فرض مي شود توزيع خطا نرمال بوده و واريانس مستقل از ميانگين است (Odland *et al*., 1995). توزيع پواسون معمولاً براي داده‌هاي شمارشي استفاده مي‌شود كه در آن ميانگين مساوي واريانس است. مزيت اصلي اين توزيع آن است كه احتمال داشتن مقادير منفي براي متغير پاسخ صفر است. اما در اكولوژي داشتن داده هايي كه براي آنها واريانس از ميانگين بزرگتر باشد، كاملا متداول است كه اين حالت بيش پراكنش[8] ناميده مي

[6] Generalized Linear Model
[7] Residual Deviance
[8] Overdispersion

شود كه مدل پواسون بايد اصلاح شود كه در آن خطاي معيار پارامترها در ريشه دوم مقدار بيش پراكنش ضرب مي شود (Zuur *et al*., 2007). ناديده گرفتن بيش پراكنش مي تواند به نتيجه گيري نادرست و غلط منجر شود. برآورد مدل رگرسيون پواسون با پارامتر پراكنش، quasi-likelihood يا quasi-poisson ناميده مي شود.

اين كه آيا مدل گوسي و خطي توصيف خوبي از واكنش گونه ها را به هر متغير محيطي ارائه مي دهد، مي تواند با آزمون اين كه آيا كاهش در انحراف بعد از برازش مدل معني دار است يا خير بررسي شود. چنانچه كاهش در انحراف بيشتر از مقدار بحراني كاي اسكور در سطح معني داري ۵% با n درجه آزادي (كه n تعداد پارامتر هاي اضافه شده به مدل است: يک درجه آزادي از مدل خطي به مدل گوسي و يک درجه آزادي از مدل صفر به مدل خطي) باشد، آن وقت لحاظ نمودن آن پارامتر معنيدار در نظر گرفته مي شود (Jongman *et al*., 1995). در عمل، اين امر شامل محاسبه كاهش در انحراف از مدل صفر به مدل خطي و سپس كاهش در انحراف از مدل خطي به مدل گوسي است. مدل صفر بدين معناست كه بين گونه راش و متغير محيطي مورد بررسي رابطه آماري معنيداري وجود ندارد. در اين بررسي معنيداري آماري سه مدل (گوسي، خطي و مدل صفر) براي گونه راش و براي هر متغير محيطي ارزيابي شد. چنانچه مدل تک نمايي گوسي معني دار نباشد ، مدل خطي و ضريب رگرسيون آن b_1 در مقابل فرض صفر (كه گونه ها از نظر آماري رابطه معني داري با متغير محيطي نشان نمي دهند) آزمون مي شود. چنانچه مدل گوسي معني دار نباشد، اما مدل خطي معني دار باشد، آن وقت مدل دوم پذيرفته ميشود. چنانچه هم مدل گوسي و هم مدل خطي، معني دار نباشد، نتيجه گرفته ميشود كه گونه رابطه آماري معني دار در سطح ۵% با متغير محيطي مورد نظر نشان نمي دهد.

مقدار بهينه براي جهت جغرافيايي كه بر حسب درجه (آزيموت) ثبت شده است مقدار بهينه توسط رگرسيون گوسي و فقط با استفاده از x، برآورد شد. مدل خطي تعميم يافته مربوطه به صورت زير است (Odland et al., 1995):

$$\text{Link}(E_y)= b_0 + b_1 \cos(x-\mu) \qquad (۴)\ \text{معادله}$$

كه در آن x، مقدار آزيموت و µ، اپتيمم آزيموت مي باشد.

چنانچه $\cos(x-\mu)$ را بسط دهيم،

$$\text{Cos}(x-\mu)=\cos(x).\cos(\mu) + \sin(x).\sin(\mu)$$

و بنابراين

$$\text{Link}(E_y)= b_0 + (b_1 \cos(\mu)) \cos(x) + (b_1 \sin(\mu) \sin(x) = c_0+c_1x_1+c_2x_2$$

چنانچه $x_1=\cos(x)$ و $x_2=\sin(x)$، مي توان برآوردهاي c_0، c_1 و c_2 را بدست آورد. از اين برآوردها مي توان b_0، b_1 و µ را در معادله فوق استخراج كرد.

$$C_0=b_0$$
$$c_1=b_1 \cos(\mu)$$
$$c_2=b_1 \sin(\mu)$$

چون

$$C^2_1 + c^2_2 = b^2_1 \cos_2(\mu) + b^2_1 \sin^2(\mu) = b^2_1$$
$$b_1 = (c^2_1 + c^2_2)^{0.5}$$
$$\mu=\cos^{-1} (c_1/ b_1)$$

كه µ، اپتيمم آزيموت مي باشد. براي جهت، نميتوان برد باري و دامنه اكولوژيک برآورد نمود.

در مطالعه روابط گونه و محيط از معيارهاي مختلفي از عملكرد (تراكم، پوشش، بيوماس، حجم و ....) استفاده مي شود، اما در اكثر منابع، از داده هاي كيفي يعني حضور – غياب بدين منظور استفاده شده و توجه اندكي به ساير معيارها صورت گرفته است (Ferrer-Castan *et al*, 1995) به اين دليل كه منحني هاي حاصله از داده هاي حضور – غياب به مراتب زيباتر بوده و شكل هايي را ارائه مي دهد كه تفسير آن ها آسان تر است (Austin 2002). در منحني عكس العمل گوسي، گونه در مقدار اپتيمم داراي بهترين عملكرد است يعني مقداري از گراديان كه در آن گونه داراي بيشترين احتمال وقوع يا فراواني بر اساس مدل خاص مي باشد. بايد خاطر نشان نمود كه روابط

گونه – محيط بر اساس اندازه گيري هاي نسبتاً ساده از متغيرهاي محيطي است كه فرض مي شود بقاء، رشد و عملكرد گونه ها را تحت تأثير قرار مي دهد، اما حتي قوي ترين همبستگي‌ها نمي‌تواند قطعي فرض شود. بيان رياضي روابط بين متغيرهاي محيطي و عكس العمل گونه ها تنها كمكي براي تفسير مشاهدات ميداني است.

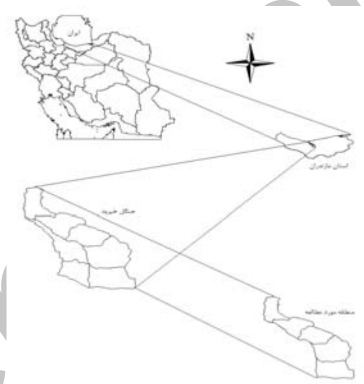
هدف اصلي اين مطالعه به صورت زير است:

- برآورد اپتيمم و دامنه بوم‌شناختي گونه راش در رابطه با عوامل توپوگرافي و بافت خاک با استفاده از مدل عكس العمل گوسي.

مواد و روش ها

وضعيت منطقه مورد مطالعه

جنگل آموزشي و پژوهشي خيرود در ۷ كيلـومتري شـرق نوشهر بين ′۳۶°۲۷ تا ′۳۶°۴۰ عـرض شـمالي و ′۵۱°۳۲ تا ′۵۱°۴۳ طول شـرقي واقـع شـده اسـت. مـساحت كـل منطقه حدود ۸۰۰۰ هكتار مي‌باشد. اين جنگل شـامل ۷ بخش مي‌باشد. مطالعه حاضر در بخش‌هاي پاتم، نم خانه، گرازبن، چلير و بهاربن صورت گرفتـه اسـت(شـكل۱). بـر اساس گزارش نزديكترين ايستگاه هواشناسي بـه منطقـه يعني ايستگاه كليماتولوژي نوشهر، ميزان بارندگي ساليانه در منطقه خيرود ۱۳۰۰ ميلي‌متر است كه حـداقل آن در تيرماه و حداكثر آن در مهرماه است. گرمترين مـاه سـال تير و مرداد با ميانگين دماي °۲۹/۲ و سردترين ماه سال، بهمن ماه با ميانگين دماي °۲/٦ است. همچنين ميـانگين دماي سالانه برابر با °۱۵/۹ ثبت شده است.

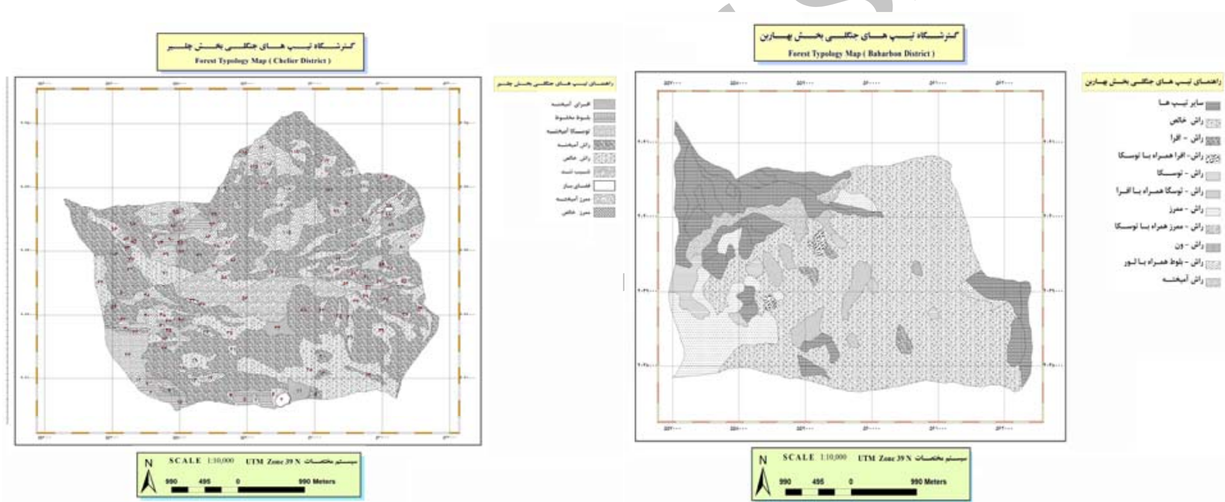


شكل ۱- منطقه مورد مطالعه

روش انجام تحقيق

با توجه به موجود بودن نقشه تيپولوژي جنگل (شـكل ۲) براي تعـدادي از بخـش هـا (نـم خانـه، گـرازبن، چليـر و بهاربن) و به دليل وسعت منطقـه مـورد مطالعـه (حـدود ٦۳۰۰ هكتار)، بررسي حاضر در تـوده هـايي كـه در آنهـا گونه راش غلبه داشـته، محـدود شـده اسـت. در مطالعـه حاضر از روش نمونه برداري طبقه بندي شده بـر مبنـاي شكل زمين استفاده شده است. بدين منظور پس از تهيـه نقشه شكل زمين با توجه به تعداد زياد واحـدهاي شـكل زمين با يک كُد در تيپ هاي راش، واحدي كه بيـشترين سطح را در توده راش داشته، انتخاب و مختصات مركز آن تعيين شد. در اين تحقيق سعي شـده اسـت كـه قطعـات نمونه در منطقه مورد مطالعه به خـوبي پـراكنش داشـته باشند. در مرحلـه بعـد محـل ايـن نقطـه در طبيعـت بـا مختصات مربوطه با استفاده از سيستم مكان ياب جهـاني (GPS) مشخص گرديد. از آن جـايي كـه در آمـاربرداري جنگل‌هاي شمال كشور در طرح‌هاي جنگلداري معمولاً از قطعات نمونه دايره اي شكل به مـساحت ۱۰ آر اسـتفاده مي شود و حد شمارش قطـري ۷/۵ سـانتي متـر در نظـر گرفته مي شود، در اين پژوهش نيز از اين امر تبعيت شده

است تا بتوان از اطلاعات بدست آمده از آماربرداري در امر مطالعه روابط گونه و محيط نيز استفاده نمـود. از آنجـايي كه در هنگام انجام اين پژوهش براي بخـش پـاتم، نقـشه تيپولوژي تهيه نشده بود با جنگل گردشي سـعي شـد تـا توده هايي با غالبيت راش انتخاب شود. در هر قطعه نمونه در طبيعت، تعداد پايه هـاي راش بـا قطـر بيـشتر از ۷/۵ سانتي متر يادداشت شد. از آن جايي كه عامل توپوگرافي تركيبي از عوامل مختلف است و با توجـه بـه مهـم بـودن بافت خاک در پراکنش گونه هاي درختـي، تـأثير ايـن دو عامل در پراکنش مکاني گونه راش نيز مطالعه شده است. پس از پياده نمودن قطعه نمونـه، ارتفـاع از سـطح دريـا، درصد شيب، جهت جغرافيايي (آزيمـوت) انـدازه‌گيـري و ثبت شد. همچنين در مركز هـر قطعـه نمونـه، از افـق A نمونه برداري خاك صورت گرفته و بافت خاک با استفاده از روش هيدرومتري تعيين شده اسـت. در مجمـوع ۱۹۰ قطعه نمونه برداشت شد کـه تعـدادي از آنهـا در بررسـي مقدماتي داده ها حذف و در تجزيه و تحليل دخالـت داده نشده است. در مطالعه حاضر براي بررسي معني دار بودن پارامترها با لحاظ نمودن پارامتر پراكنش، تعيـين مقـادير اپتيمم و دامنه اكولوژيک گونـه راش از نـرم افـزار R ver 2.9 استفاده شده است.



شكل ۲- نقشه تيپولوژي منطقه مورد مطالعه (**Etemad, 2009**)

نتايج

آماره‌هاي توصيفي متغيرهاي مورد بررسي ، مقدار مقدار بهينه، بردباري و دامنه اكولوژيک در جدول۱ ارائه شده است. همان طور كه اشاره شد با آزمون اين كه آيا b_2 در معادله (۲) مساوي صفر است يا خير، مي توان تصميم گرفت كه آيا منحني گوسي نسبت به مدل خطي به طور معني دار برازش را بهبود مي بخشد و يا اين كه گونه رابطه معني داري را با متغير محيطي نشان نمي دهد. روشي كه بدين منظور استفاده شد، آزمون انحراف است كه در قسمت مقدمه نحوه استفاده از آن ارائه شده است.

همان طور كه بيان شد در توزيع پواسون ميانگين مساوي واريانس است. در اين مطالعه در مرحله نخست از توزيع پواسون استفاده شد اما در تمام موارد مسأله بيش پراكنش وجود داشت بدين منظور از توزيع Quasi-Poisson استفاده شد. مقدار p-value نشان داد كه با لحاظ نمودن پارامتر بيش پراكنش و استفاده از توزيع Quasi-Poisson رابطه معني داري بين تعداد پايه هاي راش و متغيرهاي محيطي مورد بررسي وجود دارد.

جدول ۱- آماره هاي توصيفي، مقدار اپتيمم و دامنه اكولوژيک گونه راش در منطقه مورد مطالعه

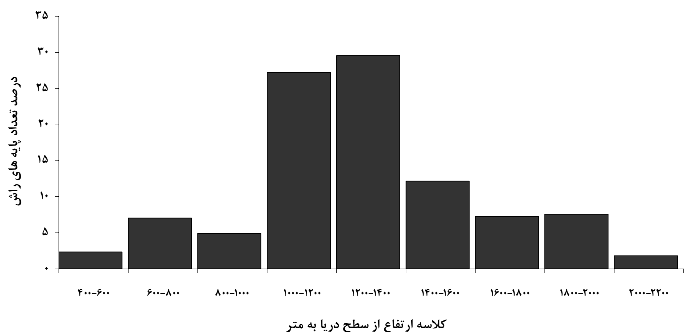
متغير	واحد	حداقل	حداكثر	انحراف معيار	ميانگين	اپتيمم	بردباري	دامنه اكولوژيک
ارتفاع	متر از سطح دريا	۴۷۰	۲۱۲۳	۳۰۳/۶ ±	۱۲۵۲	۱۳۴۷	۸۸۴	۴۶۴-۲۲۳۱
شيب	درصد	۱۱	۶۶	۱۲/۱۰ ±	۳۱	۳۹	۳۶	۳-۷۴
جهت	درجه	-	-	-	-	۴۳	-	-
شن	درصد	۷/۵	۴۵/۴۲	۷/۹۷ ±	۲۴/۱۹	۲۵	۲۱	۴-۴۶
رس	درصد	۲۵/۵۱	۵۷/۳۰	۶/۰۳ ±	۳۹/۲۹	۴۳	۱۷	۲۶-۶۰
سيلت	درصد	۱۸/۴۲	۵۱/۱۴	۸/۲ ±	۳۶/۲۹	۳۵	۲۰	15-55

جدول ۲- مقادير انحراف صفر و انحراف باقيمانده مدل هاي خطي و گوسي

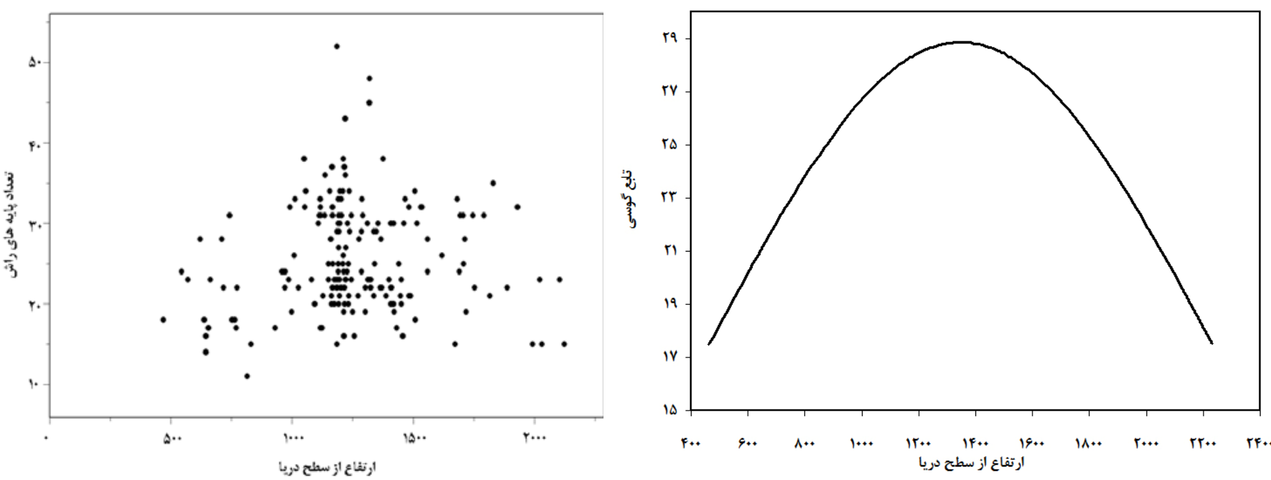
متغير	انحراف صفر	انحراف مدل خطي	انحراف مدل گوسي	كاهش در انحراف از مدل صفر به مدل خطي	معني داري مدل خطي	كاهش در انحراف از مدل خطي به مدل گوسي	معني داري مدل گوسي	انحراف توجيه شده
ارتفاع از سطح دريا	۳۱۴/۷	۳۱۱/۲۴	۲۶۹/۲۵	۲/۹۳	خير	۴۱/۹۹	بله	۱۴/۳۰ %
شيب	۶۱۹/۳۴	۶۱۷/۹۷	۵۹۸/۳۵	۱/۳۷	خير	۱۹/۶۲	بله	۳/۳۹ %
جهت	۸۳۹/۲۰	۷۶۹/۴۶	-	۶۹/۷۴	-	-	-	۸/۳۱ %
شن	۵۰۴/۷	۵۰۳/۳	۵/۴۷۹	۱/۴	خير	۲۳/۸	بله	۴/۹۹ %
رس	۵۳۸/۱۸	۵۳۴/۹۳	۵۱۴/۷۳	۳/۲۵	خير	۲۰/۲	بله	۴/۳۶ %
سيلت	۵۲۰/۵	۵۲۰/۲۷	۵۰۳/۰۸	۰/۲۳	خير	۱۷/۱۹	بله	۳/۳۵ %

ارتفاع از سطح دريا

حد پاييني پراکنش گونه راش در منطقه مورد مطالعه از نظر ارتفاع از سطح دريا ۴۷۰ متر و حد بالايي آن ۲۱۲۳ متر و ميانگين ارتفاع ۱۲۵۲متر از سطح دريا است. چنانچه تعداد پايه هاي راش در كلاسه ارتفاعي ۲۰۰ متري ترسيم شود مشاهده مي‌شود که كلاسه ارتفاعي ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ متري از سطح دريا با ۵۷ درصد بيشترين درصد تعداد را به خود اختصاص مي دهد (شكل ۳). همان طور كه جدول ۲ نشان مي دهد مقدار انحراف مدل خطي ۳۱۱/۲۴ و مدل گوسي ۲۶۹/۲۵ مي باشد. كاهش در انحراف از مدل خطي به مدل گوسي ۴۱/۹۹ مي باشد. اين كاهش بزرگتر از مقدار بحراني كاي اسكور با يک درجه آزادي در سطح ۵% (۳/۸۴) مي باشد. از اين رو افزودن پارامتر b_2 معني دار مي باشد. استفاده از تابع گوسي با بهره گيري از معادله (۳) نشان داد كه گونه راش داراي مقدار بهينه ارتفاع ۱۳۴۷ متر از سطح دريا مي باشد. دامنه اكولوژيک گونه راش براي اين متغير با به كارگيري معادلات مربوطه از ارتفاع ۴۶۴ متر تا ۲۲۳۱ متر برآورد شده است (شكل ۴).



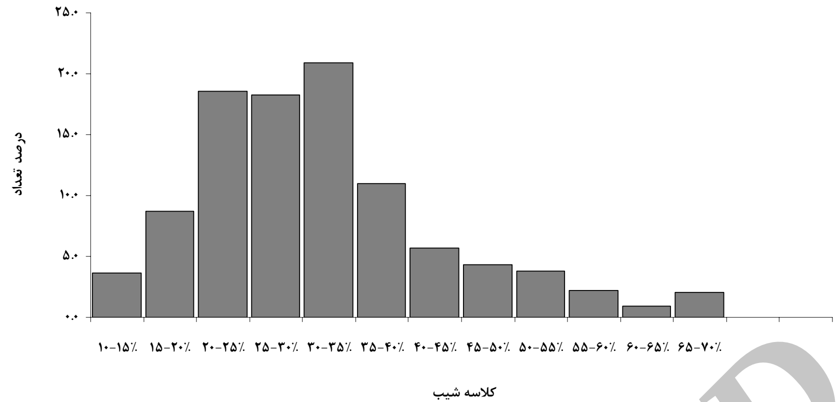
شكل ۳-. پراكنش درصد تعداد پايه هاي راش نسبت به طبقه‌هاي ارتفاع از سطح دريا



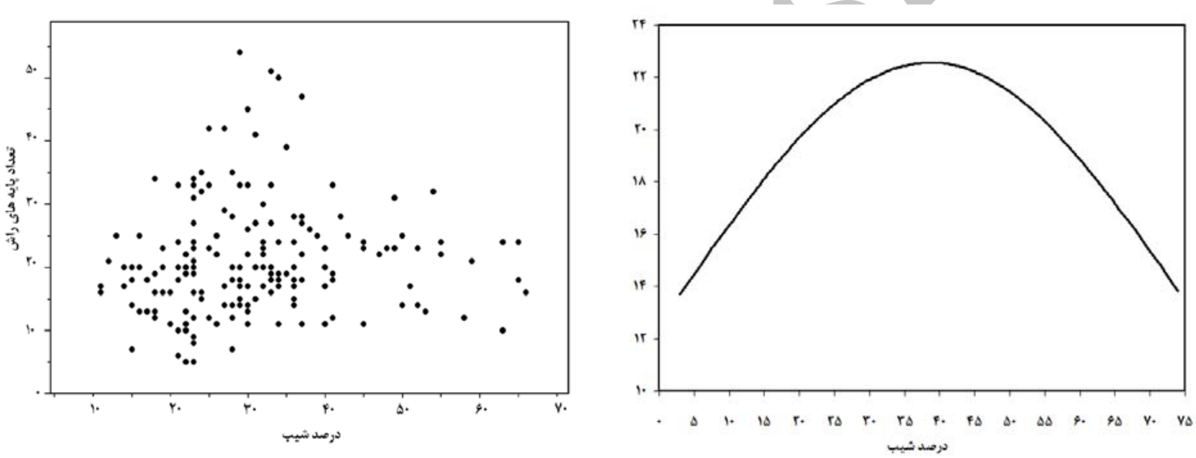
شكل ٤- پراكنش تعداد پايه هاي راش نسبت به ارتفاع از سطح دريا و برازش مدل گوسي

شيب

بررسي حاضر نشان مي‌دهد كه گونه راش در منطقه مورد مطالعه در اراضي با شيب ملايم (۱۰ درصد) تا اراضي نسبتاً پرشيب (۶۶ درصد) انتشار پيدا مي كند. درصورتي كه تعداد پايه هاي راش در كلاسه شيب ۵ درصد ترسيم شود ملاحظه مي‌شود كه شكل حاصله چوله به راست مي باشد يعني تعداد پايه هاي راش در شيب هاي كم بيشتر بوده و با افزايش شيب از تعداد پايه هاي راش كاسته مي‌شود (شكل ۵). آزمون انحراف حاكي از آن است كه مدل گوسي توانسته است برازش بهتري نسبت به مدل خطي ارائه دهد. استفاده از تابع گوسي نشان داد كه گونه راش در شيب ۳۹ درصد داراي بهترين عملكرد مي باشد. دامنه اكولوژيک براي گونه راش در رابطه با اين متغير با به كارگيري معادله (۳) از ۳ درصد تا ۷۴ درصد محاسبه شده است (شكل ۵).



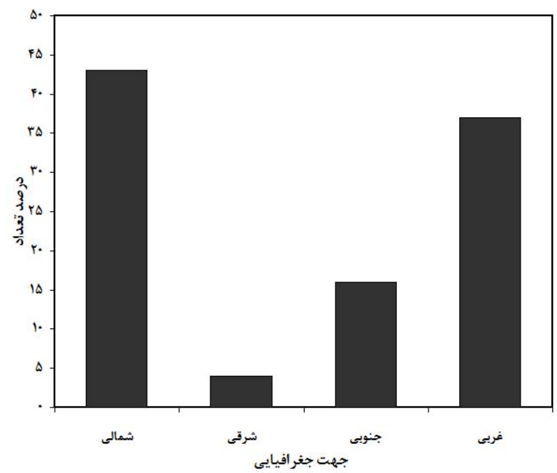
شکل ۵- پراکنش درصد تعداد پایه هاي راش در رابطه با طبقات شیب



شکل ٦- پراکنش تعداد پایه هاي راش نسبت به درصد شیب و برازش مدل گوسي

جهت جغرافیایي

با بررسي پراکنش گونه راش را در رابطه با جهت جغرافیایي، مشاهده مي شود که ۴۳ درصد پلات ها در جهت هاي شمالي، ۴ درصد در جهت هاي شرقي، ۱۶ درصد در جهت‌هاي جنوبي و ۳۷ درصد پراکنش یافته اند (شکل ۷). استفاده از معادله مربوطه براي تعیین اپتیمم جهت نشان مي دهد که گونه راش در جهت‌هاي شمالي با آزیموت ۴۳ درجه داراي بهترین عملکرد است. همان طور که در قسمت مقدمه اشاره شد براي جهت جغرافیایي نمي توان برداري و در نتیجه دامنه اکولوژیک تعیین نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که گونه راش مي تواند در تمام جهت‌هاي جغرافیایي پراکنش یابد اما مساله مهم عملکرد آن مي باشد که در جهت‌هاي شمالي بهترین است.

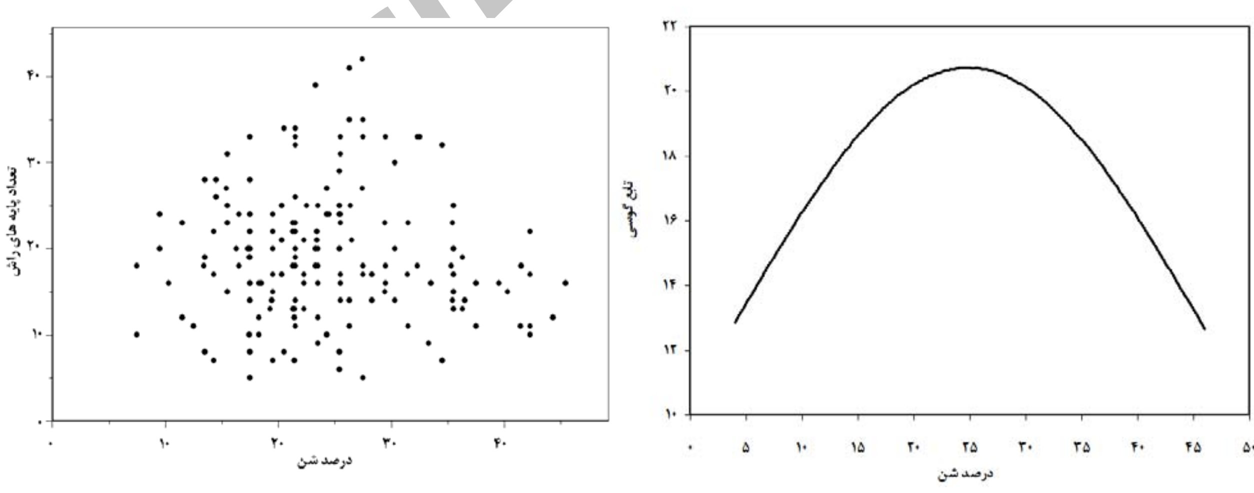


شكل ۷- پراكنش تعداد پايه هاي راش نسبت به جهت هاي جغرافيايي

شن

حد پاييني و بالايي پراكنش گونه راش در رابطه با متغير شن، به ترتيب ۷/۵ درصد تا ۴۵/۴۲ درصد مي باشد. به كارگيري آزمون انحراف براي تعيين اين كه آيا مدل خطي بهتر است يا مدل گوسي نشان داد كه مدل گوسي توانسته است برازش بهتري از مدل خطي نشان دهد.

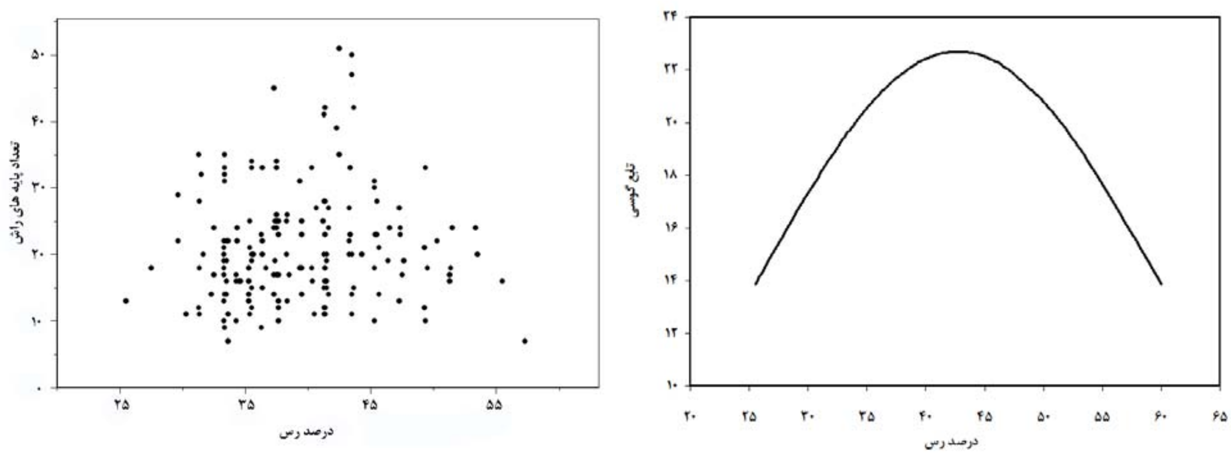
استفاده از تابع گوسي و معادله (۳) نشان داد كه گونه راش در مقدار شن ۲۵ درصد داراي بيشترين تعداد مي باشد. بر مبناي معادله (۳) براي تعيين بردباري، گونه راش مي تواند مقادير شن ۴۶-۴ درصد را تحمل نمايد (شكل ۸).



شكل ۸- پراكنش تعداد پايه هاي راش و درصد شن و برازش مدل گوسي

رس

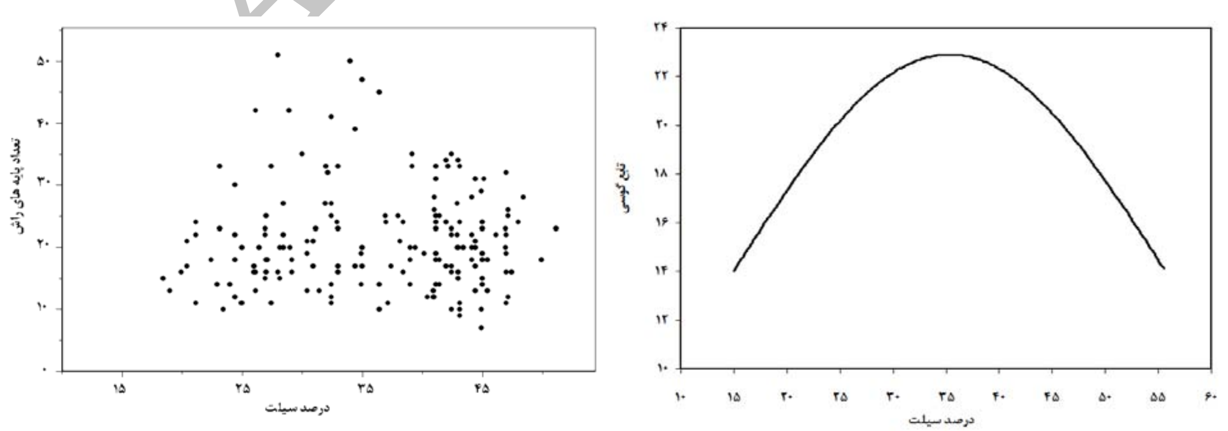
مقدار رس در منطقه پراکنش راش از ۲۵/۵۱ تا ۵۷/۳۰ درصد متغير است. آزمون انحراف براي اين متغير نيز نشان داد که مدل گوسي مي تواند برازش بهتري به داده ها نسبت به مدل خطي ارائه دهد. معادله (۳) نشان داد که گونه راش در مقدار رس۴۳ درصد به بیشترین تعداد دست مي يابد که نمایان‌گر اپتیمم بودن اين مقدار براي گونه راش مي باشد. دامنه اکولوژیک گونه راش در رابطه با مقدار رس با بهره گيري از معادلات مربوطه، ۶۰-۲۶ درصد محاسبه شده است (شکل ۹).



شکل ۹- پراکنش تعداد پایه هاي راش و درصد رس و برازش مدل گوسي

سيلت

مقدار حداقل و حداکثر سيلت که گونه راش در آن پراکنش دارد، از ۱۸/۴۲ درصد تا ۵۱/۱۴ درصد تغيير مي نمايد. مدل گوسي بر اساس آزمون انحراف داراي کارايي بهتري نسبت به مدل خطي است. گونه راش در مقدار سيلت ۳۵ درصد داراي بهترين عملکرد است. دامنه اکولوژيک گونه راش در رابطه با اين متغير با به‌کارگيري معادله (۳) از ۱۵ تا ۵۵ درصد برآورد شده است (شکل۱۰).



شکل ۱۰- پراکنش تعداد پايه هاي راش و درصد سيلت و برازش مدل گوسي

بحث

همانطور که در قسمت نتايج اشاره شد گونه راش در جنگل خيرود در منطقه ميان بند داراي بهترين تعداد است. همچنين مقدار مقدار بهينه ارتفاع از سطح دريا نيز در اين منطقه قرار دارد، که نشان دهنده مطلوب بودن شرايط رويشگاهي در اين ارتفاعات است. نتيجه اين تحقيق با مطالعات Mohadjer (1975) و Gulisashvili *et al.*, (1975) که اشاره مي‌نمايند راشستان‌هاي منطقه ميان بند از قدرت رويشگاهي و توليدي بيشتري برخوردار مي باشند، مطابقت دارد. در جنگل خيرود در ارتفاعات پائين به علت شيب زياد دامنه و همچنين سنگلاخي بودن و طبيعتاً عمق کم خاک، شرايط مساعد براي استقرار اين گونه راش وجود ندارد، همچنين همان طور که در منابع آمده است راش ، گونه‌اي است که به رطوبت زياد هوا و محيط خنک نيازمند است که در ارتفاعات پائين به دليل گرم‌تر بودن و رطوبت کمتر شرايط مناسب براي حضور گونه راش وجود ندارد.

در اين مطالعه مشاهده شده است که راش هايي که در ارتفاعات پائين بر گونه هاي ديگر غلبه يافته اند در شيب‌هاي شمالي و رو به درياي خزر پراکنش يافته‌اند که نشان دهنده بهره گيري از رطوبت دريا و گريز از محيط‌هاي گرم‌تر است. همين مسأله در رابطه با جهت جغرافيايي مشاهده مي شود. بديهي است که در نيمکره شمالي دامنه هاي مشرف به سمت جنوب و غرب به علت طولاني تر بودن زمان بهره گيري از تابش خورشيد و تابيدن آن به صورت عمودي بر سطح خاک، در مقايسه با دامنه هاي مشرف به شمال مقدار نور مستقيم و انرژي حرارتي بيشتري دريافت مي نمايند و به همين علت گرم‌تر هستند. از آن جايي که گونه راش محيط هاي خنک را بيشتر مي پسندد در جهت هاي شمالي بيشترين تعداد را دارد. Gulisashvili et al (1975) نيز بيان مي کنند که راشستان هاي رو به شمال به بيشترين توان توليد دست مي يابند. نتايج مطالعه Harris (2002) نيز نيازمند بودن گونه راش به اتمسفر مرطوب که در جهت هاي شمالي اين امر بيشتر تحقق مي يابد نيز اين مسأله را تأئيد مي نمايد. مجموع عوامل اکولوژيک مانند شرايط اقليمي، خاکي و... در استقرار گياهان نقش بسزايي دارند. با توجه به اين که اين عوامل در ارتفاعات خيلي بالا حالت نامساعد دارند، باعث محدوديت انتشار گياهان و از جمله گونه راش مي شود. در رابطه با شيب همان طور که اشاره شد گونه راش در منطقه مورد مطالعه از اراضي کم شيب تا نسبتاً پر شيب پراکنش دارد. نکته قابل توجه پراکنش تعداد در طبقات شيب و مقدار اپتيميم راش در رابطه با اين متغير است. همان طور که اشاره شد گونه راش در شيب هاي ملايم (حدود٤٠ درصد) داراي بهترين عملکرد است.

در اراضي پرشيب، فرصت نفوذ آب کم بوده و نزولات جوي به صورت هرز آب حرکت مي نمايند و در دراز مدت پديده خاک سازي کمتر اتفاق مي افتد. با توجه به اين که گونه راش به خاک هاي زهکشي شده احتياج دارد در اراضي پرشيب شرايط براي استقرار اين گونه مساعد نمي باشد. همچنين اراضي در کم شيب و مسطح با وجود عميق بودن خاک، ممکن است زهکشي خاک نامناسب باشد که براي حضور گونه راش مطلوب نباشد. همان طور که Harris (2002) اشاره مي کند خاک خوب زهکشي شده از نيازهاي بنيادي گونه راش است. در رابطه با بافت خاک، گونه راش در مقايسه با ميزان رس و سيلت در مقادير نسبتاً کمتر شن داراي بهترين عملکرد مي باشد. اين گونه در گراديان متوسط شن بيشترين تعداد را دارد. مقدار اپتيمم تقريباً مساوي مقدار ميانگين است. از نظر رس، مقدار اپتيمم رس تا حدودي بيشتر از مقدار ميانگين است.

به نظر مي رسد اين گونه بيشتر خاک هاي رسي تر را ترجيح دهد. چنانچه بافت خاک اپتيمم را با مقادير اپتيمم ميزان شن، رس و سيلت تعيين شود، مشاهده مي شود كه اين گونه تقريباً در مرز خاک هاي رسي و رسي لومي داراي بهترين عملكرد مي باشد. در خاک هاي شني معمولاً نفوذ آب سريع تر و نگهداري آب كم است. در مقايسه، خاک هاي با اندازه ذرات كوچكتر (لومي و رسي) داراي خلل و فرج كوچكتري بوده و ميزان جذب آب كندتري دارند و نسبت به خاک‌هاي شني ظرفيت نگهداري رطوبت بيشتري دارند. نتايج اين پژوهش با مطالعه Habibi Kaseb (1974) كه ابراز مي دارد راش ايران از خاك‌هاي خيلي رسي گريزان است و بر روي خاك‌هاي با بافت ليموني رسي، رسي ليموني و يا رسي داراي بهترين رشد مي‌باشد، مطابقت دارد. در مدل هاي خطي تعميم يافته، براي تعيين درصد تغييرات توجيه شده از معيار "درصد انحراف توجيه شده" استفاده مي شود كه از تفاضل انحراف صفر[9] با انحراف باقيمانده[10] تقسيم بر انحراف صفر بدست مي آيد. در صورتي كه درصد انحراف توجيه براي هر يک از متغير هاي ارتفاع از سطح دريا، شيب و بافت خاک محاسبه شود، مشاهده مي شود كه ارتفاع از سطح دريا بيشترين سهم را در توجيه تغييرات داشته است، به طوري كه به تنهايي ۱۴/۳۰ درصد از مجموع تغييرات در پراكنش راش را به خود اختصاص مي دهند كه نشان دهنده مهم بودن اين پارامتر در توزيع گونه راش مي باشد. پس از آن جهت جغرافيايي بيشترين سهم را به خود اختصاص مي دهد. درصد تغييرات توجيه شده براي شيب، جهت جغرافيايي، شن، رس و سيلت به ترتيب ۳/۳۹ درصد، ۸/۳۱ درصد، ۴/۹۹ درصد، ۴/۳۶ درصد، ۳/۳۵ درصد مي باشد. ارتفاع از سطح دريا يک فاكتور بسيار مهم در پراكنش گونه هاي گياهي است. ارتفاع از سطح دريا اغلب به عنوان متغير غير مستقيم براي توصيف پوشش گياهي استفاده مي شود. قدرت تبييني آن به دليل تلفيق عوامل اقليمي است كه اغلب با ارتفاع از سطح دريا همبستگي بالايي دارند به عنوان مثال، بارندگي و درجه حرارت (Gärtner et al, 2008).

در پايان پيشنهادات زير ارائه مي شود:

- انجام مطالعات بيشتر و وسيع تر براي گونه راش
- با توجه به اين كه در تحقيق حاضر تأثير شكل زمين و خاک بر پراكنش گونه راش مورد مطالعه قرار گرفته است، پيشنهاد مي گردد كه تأثير اقليم كه يک فاكتور مهم در پراكنش درختان است نيز مورد بررسي قرار گيرد.
- بررسي عكس العمل گونه راش با معيار هاي عملكرد مختلف نظير سطح مقطع، ارتفاع درخت، درصد تاج پوشش و حضور و غياب و تعيين اين كه كدام مورد مي تواند تغييرات بهتري را توجيه نمايد.
- براي احداث نهالستان احتمالي پيشنهاد مي شود در زيستگاه هايي كه اين گونه به مقدار اپتيمم خود دست يافته و داراي بهترين عملكرد مي باشد، اقدام به اين عمل شود.
- تهيه اكوگرام براي گونه راش با توجه به مقدار اپتيمم و دامنه اكولوژيک.

[9] Null Deviance
[10] Residual Deviance

References

- Austin, M. P., R. B. Cunningham, and P. M. Fleming. 1984. New approach to direct gradient analysis using environmental scalars and statistical curve-fitting. Vegetatio 55:11-27
- Austin M.P., 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. Ecological Modelling 157:
101-118.
- Etemad, Vahid. 2009. The Optimal Management of Kheyroud Forests: Forest Typology Map. Project of Youth Reserachers Funds. P 120
- Ferrer-Castan, Dolores. Jose F. Calvo and Miguel A. Esteve-Selma. 1995. On the use of three performance measures for fitting species response curve. Journal of
vegetation science. 6:57-62
- Gärtner, Stefanie., Albert Reif., Fotios Xystrakis., Uwe Sayer., Nawal Bendagha & Andreas Matzarakis. 2008. The drought tolerance limit of Fagus sylvatica forest on limestone in southwestern Germany. Journal of Vegetation Science 19: 757-768
- Gorji Bahri, Yousef and Khosro Sagheb Talebi. 1987. The Effects of Late Spring Frosts on Beech Forests of Golband (Noshar). Pazhouhesh and Sazandegi Journal. 15: 18-21
- Guisan, Antoine ,. Thomas C. Edwards,. Jr and Trevor Hastie. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene.Ecological Modelling. 157: 2-3, Pages 89-100
- Gulisashvili VZ, Makhatadze LB, Prilipko LI. 1975.Rastitel'nost' Kavkaza. Moskva: Nauka.
- Habibi Kaseb, Hossein. 1974. Investigation on the effects of soil texture on beech tree growth. Journal of Natural Resources of Iran. 31: 60-70
- Habibi Kaseb, Hossein. 1992. Fundamental of Forest Soil Science. University of Tehran Publication. 424 PP
- Härdtle, Werner,. Goddert von Oheimb,. Agnes Friedel, Hartmut Meyer, and Christina Westphal. 2004. Relationship between pH-values and nutrient availability in forest soils – the consequences for the use of ecograms in forest ecology. Flora 199, 134–142
- Harris, E. (2002). Goodbye to Beech? Farewell to Fagus? Quarterly Journal of Forestry 96 (2): 97.
- Huisman,J. H.Olff and L.F.M.Fresco.1993. A Hierarchical Set of Models for Species Response Analysis. Journal of Vegetation Science, Vol.4, No.1. pp.37-46.
- Javanshir, Karim. 1994. Dendrology, Lecture Notes. Faculty of Natural Resources, University of Teran. 150 PP
- Jongman, R. H. G., ter Braak. C. J . F. & van Tongeren, 0.F. R. 1995.Data Analysis in Community and Landscape Ecology. Cambridge University Press.299 pp
- Kent, M., and P. Coker. 1992. Vegetation description and analysis: a practical
approach. Belhaven Press, London.
- Mataji, Asadollah. 2003. Site Classification Based on Plant Communities, Stand Structure and Physical and Chemical Conditions in Natural Forests. PhD Thesis. Islamic Azad University. P 164
- Mohajer, Mohammad Reza. 1975. Investigation on the relationship between morphologic properties of Beech tree with its site. Journal of Natural Resources of Iran. 32: 14-29
- Moshtagh, Hassan., Yadollah Resaneh and Parviz Salehi. 2001. Qualitative and Quantitative investigation of Hyrcanian Forests. Proceedings of National Conference on Management if Hyrcanian Forests and Sustainable Develpoment. Lecture Part. Page 55-79
- Nayshabouri, Ali Asghar. 2003. General Ecology. Payame Noor Publication. 328 PP
- Odland, A. H.J. Birks and J.M. Line. 1995. Ecological optima and tolerances of *Thelypteris limbosperma*, *Athyrium distentifolia* and *Matteuccia struthiopteris* along environmental gradients in Western Norway. Vegetation. 120:115-129
- Oksanen, Jari and Peter R.Minchin.2001. Continuum theory revisited: what shape are species responses along ecological gradients? Ecological Modelling157.119-129
- Oksanen, Jari,. Esa Läärä, Kimmo Tolonen and Barry G. Warner. 2001. Confidence intervals for the optimum in the Gaussian response function.Ecology 82,1191-1197.
- Sabeti, Habibollah. 1976. Forests, Trees and Shrubs of Iran. University of Tehran Publication. 810 PP
- Saei, Karim. 1948. Silviculture: Volume 1. University of Tehran Publication. 339 PP

- Sagheb Talebi, Khosro. 1996. Quantitative und qualitative Merkmale von Buchen-jungwüchsen (Fagus sylvaticaL.) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen (SZF), Nr. 78. 219p.
- Seavy,Nathaniel., Suhel Quader, John D. Alexander and C. John Ralph. 2005. Generalized linear models and point count data:statistical considerations for the Design and Analysis of Monitoring Studies. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191. P 744-753
- Tabatabaei, Mohammad and Ali Akbar Yasini. 1984. Studying the Eastern Forests of Mazandaran. 60 PP
- Whittaker, R. H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monogr. 26: 1-80.
- Zuur, A.F., E.N. Ieno. And G.M. Smith. 2007. Analysing ecological data. Springer publication. 672 pp

Extracting Ecological Optimum and Amplitude of Fagus *orientalis* along environmental gradients in Kheyrud Forest, Nowshahr

S. J. Alavi*[1] , G. Zahedi Amiri[2] , R. Rahmani[3] , M. R. Marvi Mohajer[4] , B. Muys[5] and J. Fathi[6]

[1] Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, I.R. Iran
[2] Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[3] Associate Professor, Faculty of Forestry, University of Gorgan, I.R. Iran
[4] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[5] Professor of Forest Ecology and Management, Catholic University of Leuven, Belgium
[6] Forest Expert. Kheyroud Forest. Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
(Received: 30/10/2010 , Accepted: 31/11/2011)

Abstract

The present research was performed in Patom, Namkhaneh, Gorazbon, Chelir and Baharbon districts in Kheyrud forest. Due to existence of forest typology map and extension of study area, this study was confined to beech dominated forests. A stratified sampling method based on landform is used to locate 1000 m^2 circular sample plots. The number of *Fagus orientalis* Lipsky trees ≥ 7.5 cm in DBH within each plot is recorded along with elevation, aspect and slope of the ground. Furthermore, at the center of plot, soil samples from A horizon are taken for analyzing soil texture. Gaussian response function was used. Instead of direct estimation of Gaussian parameters, it is customary to fit an equivalent polynomial model. This can be easily fitted as a generalized linear model (GLM) with a logarithmic link function. This function showed beech has 1347 and 464-2231 m a.s.l for its optimum and ecological amplitude, respectively. North-facing slopes (optimum 43 degree) are the most suitable slope for Fagus occurrences. Beech tree can distribute from gentle to steep slopes in the study area, but this species in 39% slope has the best performance. Using generalized linear model showed Fagus can tolerate slopes from 3 to 74%. In light of sand, clay and silt, Beech tree has 25%, 43% and 35 % for optimum and 4-46 %, 25-60% for clay and 15-55 % for silt for ecological amplitude, respectively.

Keywords: Beech tree, Optimum, Ecological amplitude, Gaussian response function, Generalized linear model, Soil texture, Physiographic factors

*Corresponding author: Tel: +98 911 158 0097 Fax: +982612249319 E-mail: sja_sari@yahoo.com