# پيش‌بيني روند هجوم گونه مهاجم راکون (***Procyon lotor***) در شمال ايران با استفاده از روش الگوريتم ژنتيک

آزيتا فراشي*[۱]، محمد کابلي[۲] و محمود کرمي[۳]
[۱] دانشجوي دکتري محيط زيست، دانشکده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[۲] استاديار گروه محيط زيست، دانشکده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[۳] استاد گروه محيط زيست، دانشکده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ۱۳۸۹/۴/۵ ، تاريخ تصويب: ۱۳۹۰/۷/۶)

چکيده
گونه‌هاي مهاجم يک تهديد مهم براي تنوع زيستي محسوب مي شوند و خسارات اقتصادي بسياري به‌بار مي‌آورند. مدل‌سازي روند پراکنش گونه‌هاي مهاجم براي يک منطقه يک ابزار مديريت تنوع زيستي محسوب مي‌شود. راکون (*Procyon lotor*) بومي شمال و مرکز آمريکا است. اما امروز اين گونه به عنوان مهاجم در بسياري از کشورها از جمله ژاپن، آلمان و روسيه شمرده مي شود. راکون در ايران در سال ۱۳۷۰ براي نخستين بار در شهرستان اسالم در استان گيلان مشاهده شد. در اين مطالعه سعي شد با استفاده از روش الگوريتم ژنتيک روند پراکنش اين گونه در استان گيلان شبيه‌سازي شد. نتايج اين مطالعه نشان داد که روند هجوم گونه مهاجم راکون، بسياري از اکوسيستم‌هاي استان گيلان را تهديد مي‌کند و ۳۶% از کل استان گيلان که ۲۵% مناطق حفاظت‌شده اين استان را نيز شامل مي شود در معرض هجوم اين گونه قرار دارد. بسياري از مناطق‌حفاظتي به طور کامل در معرض هجوم اين گونه هستند، مناطقي که در بسياري از موارد مانند پناهگاه حيات‌وحش لوندويل و پناهگاه حيات‌وحش اميرکلايه در حمايت از گونه‌هاي گياهي و جانوري منحصربه‌فرد انتخاب شده اند. در نتيجه روند هجوم اين گونه در استان گيلان مي‌تواند خسارات جبران‌ناپذيري به دنبال داشته باشد. مناطق مسطح با شيب کم و داراي پوشش گياهي متراکم بيشتر در معرض هجوم اين گونه قرار دارد. بخش وسيعي از مناطق مورد هجوم در شيب کمتر از۱۰ درصد و ارتفاع کمتر از۵۰۰ متر از سطح آب هاي آزاد قرار دارد.

واژه هاي کليدي: راکون، هجوم، الگوريتم ژنتيک

نويسنده مسئول:* تلفن: ۰۹۱۶-۶۶۹۰۴۷۹ فاکس: ۰۲۶۱ -۲۲۴۵۹۰۸ E-mail: farashi@ut.ac.ir

## مقدمه

مدل‌سازي براي پيش‌بيني توزيع گونه‌هاي مهاجم همواره يک موضوع نامشخص و مبهم بوده است، زيرا عوامل مداخله‌گر زيادي در برهم‌کنش‌هاي حياتي آنها نقش دارد. بعلاوه انعطاف‌پذيري‌هاي ژنتيکي اين گونه‌ها براي سازگاري با محيط جديد بالا است (Rouget *et al.*, 2004). اغلب مدل‌هاي پيش‌بيني توزيع جغرافيايي گونه‌ها بر مفهوم آشيان بوم‌شناختي استوار است که به بررسي ارتباط حضور گونه با پارامترهاي محيطي مي‌پردازد (Grinnell, 1917). مدل‌هاي پيش‌بيني براي شناسايي ارتباط متقابل گونه- محيط از تحليل‌هاي آماري و غيرآماري استفاده مي‌کند (Heglund, 2002). مدل‌هاي خطي عمومي[1] (Mc Cullagh & Nelder, 1989) و مدل-هاي افزايشي عمومي[2] (Hastie & Tibshirani, 1990) رايج‌ترين مدل‌ها براي پيش‌بيني توزيع جغرافيايي گونه‌ها (Guisan *et al.*, 2002) در ارتباط با سامانه هاي اطلاعات جغرافيايي مي‌باشد (Austin *et al.*, 2006 ؛ Corsi *et al.*, 2000). رويکرد داده‌هاي موثرتر و جايگزين در مدل‌سازي‌هاي اخير شامل ابتکارات جديدي در زمينه تئوري فازي[3] (Ayyub & McCuen, 1987) و روش يادگيري ماشيني[4] شامل شبکه‌هاي عصبي مصنوعي[5] (Colasanti, 1991)، درخت رگرسيون[6] (Breiman *et al.*, 1984) و الگوريتم‌هاي ژنتيکي[7] است و استفاده زياد از GA در مدل‌سازي توزيع جغرافيايي گونه‌ها باعث شد که مدل GARP[8] (الگوريتم ژنتيکي براي پيش‌بيني متکي به قاعده) طراحي شود (Stockwell & Peters, 1999). اين مدل از مدل‌هاي ارزيابي ژنتيکي هولند[9] در سال ۱۹۷۵ منشأ گرفته است.

مدل GARP براي توسعه مدل‌هاي پيش‌بيني توزيع جغرافيايي گونه‌ها، مجموعه‌اي از قواعد را در قالب عبارت اگر- سپس به منظور توضيح آشيان بوم‌شناختي گونه مورد نظر به کار مي گيرد (Stockwell & Peters, 1999). مدل GARP شامل چندين الگوريتم مشخص با رويکرد هوش مصنوعي است. در اين روش نقاط حضور به صورت تصادفي به دو دسته داده شامل داده‌هاي تعليمي و داده-هاي آزمايشي تقسيم مي‌شود که داده‌هاي تعليمي براي اجراي مدل و داده‌هاي آزمايشي براي ارزيابي مدل استفاده مي‌شود. مدل GARP شامل يک فرايند تکراري از انتخاب قواعد، ارزيابي، تکرار و تلفيق يا حذف قواعد است. منظور از قاعده يک رابطه رياضي مشخص بين حضور گونه و پارامترهاي محيط‌زيستي است. دقت پيش-بيني در اين مدل وابسته به دقت نقشه‌هايي ورودي مدل است (Peterson *et al.*, 2002) و صحت پيش‌بيني توسط مدل ارزيابي مي‌شود. اين قواعد ممکن است در نتيجه يک‌سري تغيير و تحولات حاصل شود که اين تغيير و تحولات مشابه تغييراتي مانند جهش، حذف، جابجايي و غيره است که در مسير تکامل DNA اتفاق مي‌افتد. دفعات تکرار اين الگوريتم ژنتيکي توسط کاربر تعيين مي‌شود (Costa *et al.*, 2002). تمام مراحل اين مدل در نرم‌افزار Desktop GARP به اجرا در مي آيد.

يکي از مزاياي اين روش توانايي کاربرد انواع مختلفي از قواعد به طور همزمان براي توضيح ارتباطات غيرخطي پيچيده بين حضور گونه و متغيرهاي محيطي است. اين امر نشان دهنده اين است که هر بخشي از منطقه توسط مجموعه‌اي از قواعد که به بهترين وجه ممکن ارتباط متقابل حضور گونه و متغيرهاي محيطي را منعکس مي-کنند پيش‌بيني مي‌شود (Stockwell and Peters, 1999). البته اين ويژگي يکي از نقاط ضعف عمده اين مدل در مقايسه با مدل خطي و يا مدل افزايشي است. اما نبايد فراموش کرد که اين مدل بر اساس بهينه‌سازي يک نوع قاعده خاص براي توضيح ارتباطات متقابل اکولوژيک در نتايج مدل طراحي نشده است چرا که اينگونه بهينه‌سازي

[1] GLM: General Linear Model
[2] GAM: General Additive Model
[3] Fuzzy theory
[4] Machine learning
[5] Artificial neural networks
[6] RT: Regression Trees
[7] GA: Genetic Algorithms
[8] Genetic Algorithm Rule-set Prediction
[9]. Holland

مي‌تواند در برخي موارد نتايج غيرمنطقي ايجاد كند (Termansen *et al*, 2006).

امروزه گونه‌هاي مهاجم يک تهديد مهم براي تنوع زيستي محسوب مي شود (Wilcove *et al.*, 1998) و اغلب با خسارات اقتصادي بسيارهمراه است (Pimental *et al.*, 2005). لذا مستلزم اقدامات مديريتي منسجم، پيش بروز مشكلات گسترده براي تنوع زيستي و جوامع انساني است. در اين راستا آگاهي از ارتباطات بوم‌شناختي اين دسته از گونه‌ها براي تعيين تاثير آنها بر بوم‌سازگان‌ها و جوامع موجود در آنها ضروري است. بنابراين در برنامه-هاي مديريتي بايد در گام نخست به اين موضوع توجه شود (Strubbe & ; Bremner & park, 2007 Matthysen, 2008). مدل‌سازي روند هجوم گونه‌هاي مهاجم براي يک منطقه نيز يكي ديگر از ابزار مديريت تنوع زيستي محسوب مي‌شود.

راكون بومي شمال و مركز آمريكا است. در آغاز قرن بيستم دامنه پراكنش طبيعي آن محدود به جنگل‌هاي خزان‌كننده بين سواحل شرقي آمريكاي شمالي وكوه‌هاي راكي غرب آمريكا بود (Kaufamann, 1982) اما هم‌اكنون به علت معرفي‌هاي عمدي و غيرعمدي در گستره وسيعي از كشورها از جمله آلمان، روسيه، ژاپن و غيره انتشار دارد. حضور اين گونه به عنوان يک گونه مهاجم در بسياري از اين كشورها از جمله كشور ژاپن، آلمان و روسيه آثار سوء بسياري به دنبال داشته است. از جمله اين آثار، مي‌توان به خسارات اقتصادي به اكوسيستم‌ها و مزارع كشاورزي و نيز آثار سوء بر گونه‌هاي بومي - از طريق رقابت و شكار - اشاره نمود (Ikeda *et al., 2*004). راكون در ايران در سال۱۳۷۰ توسط مردم محلي براي اولين بار در شهرستان اسالم در استان گيلان مشاهده شد و در سال ۱۳۷۵ توسط هوشنگ ضيائي شناسايي شد و اكنون بالغ بر۱۹ سال از ورود اين گونه به ايران مي‌گذرد (Ziaie, 2009). تا به امروز تمامي گزارش هايي كه مبني بر حضور اين گونه در كشور منتشر شده است محدود به شهرستان هاي آستارا و تالش در استان گيلان مي‌باشد اما سرعت پراكنش بالاي اين گونه بسياري از مناطق ديگر اين استان و استان‌هاي مجاور را تهديد مي‌كند بر اين اساس در اين مطالعه سعي شد روند هجوم اين گونه در استان گيلان با تكيه بر روش الگوريتم ژنتيكي مدل-سازي شود. هدف از اين مطالعه؛ ۱) تعيين روند هجوم گونه مهاجم راكون در استان گيلان، ۲) تعيين مناطق مورد هجوم اين گونه در آينده، ۳) تعيين فاكتورهاي موثر بر حضور گونه راكون در مقياس كلان و ٤) بررسي امكان به‌كارگيري روش GARP در مديريت گونه‌هاي مهاجم در ايران است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان گيلان يكي از استان‌هاي شمالي كشور با مساحت ۱٤۷۱۱ كيلومترمربع مي‌باشد. اين استان در'۲۷ °۳٦ تا '۳٤ °۳۸ عرض شمالي و '۳٤ °٤۸ تا '۵۳ °۵۰ طول شرقي قرار گرفته است. گيلان از سه ناحيه جغرافيايي جلگه‌اي، كوهپايه‌اي و كوهستاني تشكيل شده است و به همين دليل نيز در هر فصلي، از تنوع آب و هوايي مطلوب برخوردار است. اقليم‌استان‌گيلان معتدل‌خزري‌است و به سبب بارندگي كافي و رطوبت نسبي بالا پوشش گياهي استان از نوع جنگل‌هاي انبوه خزان برگ و همچنين علفزارهاي سرسبز معتدله است. البرز غربي مانند ديواري استان گيلان را در برگرفته است و بلندترين قله آن در گيلان درفک يا درف (۲۷۳۳ متر) است. جلگه‌هاي استان گيلان در ميان دريا و كوهستان تا ارتفاع يک صد متري سطح دريا گسترش يافته‌اند كه به سه قسمت عمده تالش، گيلان غرب و گيلان شرق تقسيم مي‌شوند (Asadiani *et al.*, 2010).

### روش بررسي

#### تهيه داده‌هاي مورد نياز

#### نقشه حضور گونه در سطح استان گيلان

نقشه پراكنش اين گونه در سطح استان گيلان بر اساس مصاحبه و تكميل پرسشنامه از كارشناسان ادارات محيط زيست شهرستان‌هاي استان تهيه شد. در مواردي نيز از

برخي مناطق، از جمله شهرستان هشتپر و شهرستان آستارا و منطقه حفاظت‌شده ليسار و روستاهاي اطراف منطقه حفاظت شده ليسار (روستاي جوکندان، خطبه‌سرا و ...) و هم‌چنين پناهگاه حيات‌وحش لوندويل بازديد شد. بعد از مشخص شدن نقاط حضور، براي تهيه نقشه حضور راکون که متکي بر اندازه گستره‌خانه اين حيوان است نقاط حضور در شبکه‌اي از سلول‌ها مشخص شد که مساحت هر سلول به اندازه گستره‌خانه گونه بود. به اين منظور از ۳ سناريو استفاده شد(Ress *et al.*, 2008):

۱- کمترين اندازه گستره‌خانگي (۳هکتار)،

۲- بيشترين اندازه گستره‌خانگي (۲۵۰۰ هکتار) و

۳- ميانگين گستره‌خانگي گزارش شده (۲۴۰ هکتار).

متغيرهاي زيستگاهي

مجموعه متغيرهاي زيستگاهي که در اين پژوهش وارد مدل شدند شامل ۴ گروه کلي متغيرهاي پستي و بلندي، اقليم، پوشش گياهي و سيماي سرزمين بود.

الف) متغيرهاي پستي و بلندي سرزمين

لايه خطوط توپوگرافي استان گيلان با فاصله خطوط تراز ۱۰۰ متر تهيه و در نرم افزار Arc GIS9.2 لايه ارتفاع (DEM[1]) و لايه شيب از آن تهيه شد.

ب) متغيرهاي پوشش گياهي

لايه تراکم پوشش گياهي[2] و لايه تنوع داخلي تراکم پوشش گياهي با استفاده از تصاوير ماهواره لندست سال ۲۰۰۷ در محيط IDRISI 15 تهيه شد. براي تهيه لايه تنوع داخلي پوشش گياهي بر اساس شکل پراکنش پيکسل‌ها در تصوير NDVI و تکرار و تجربه، لايه NDVI طبقه‌بندي شد و در گام بعد با استفاده از تابع Variability لايه تنوع داخلي تراکم پوشش گياهي به‌دست آمد.

ج) متغيرهاي سيماي سرزمين

لايه‌هاي کمي سيماي سرزمين از لايه مناطق حفاظت شده استان گيلان با استفاده از نرم افزار FRAGSTATS 3.3 تهيه شد. سپس ميزان همبستگي لايه‌هاي مذکور محاسبه و لايه هايي که داراي کمترين همبستگي با يکديگر بودند انتخاب شد. اين لايه‌ها شامل موارد زير بود.

- محيط مناطق حفاظت‌شده[3]
- مساحت مناطق حفاظت‌شده[4]
- شاخص نسبت محيط به مساحت مناطق حفاظت‌شده[5]
- شاخص دايره‌اي بودن مناطق[6]
- شاخص اندازه شکستگي مناطق حفاظت‌شده[7]
- شاخص فاصله نزديکترين همسايه مناطق حفاظت‌شده[8]

د) متغيرهاي اقليمي

براي تهيه متغيرهاي اقليمي داده‌هاي هواشناسي ۸۰ ايستگاه هواشناسي استان گيلان و استان‌هاي مجاور مورد بررسي قرار گرفت و از بين آنها ۲۰ ايستگاه انتخاب شد که حداقل ۱۰ سال آمار دقيق براي بارندگي و دما داشت. انتخاب ايستگاه‌ها به گونه اي بود که کل استان گيلان را پوشش دهد و از نظر ارتفاعي، گراديان مناسبي داشته باشد. براي تهيه اين لايه هاي اقليمي از توابع ميان‌يابي مناسب در نرم افزار ARC GIS 9 استفاده شد.

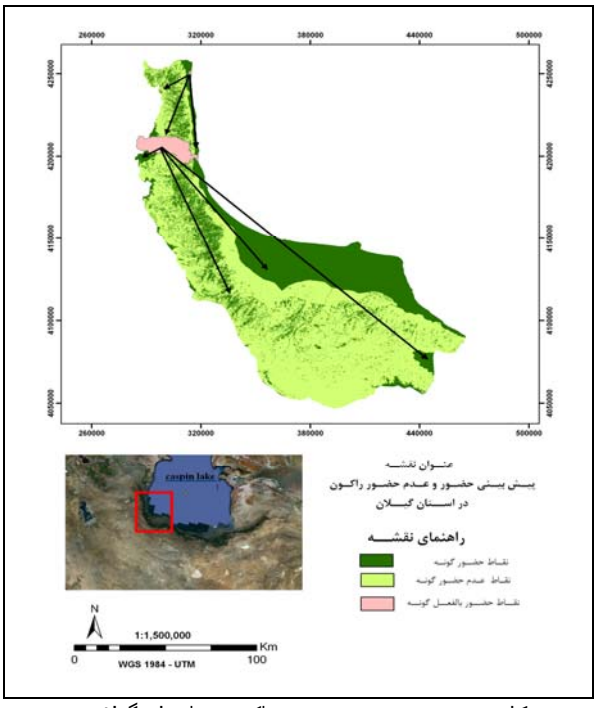
۲) آماده‌سازي داده‌ها براي ورود به مدل **GARP**

بعد از تهيه تمامي لايه‌هاي مستقل محيط‌زيستي (پارامترهاي زيستگاهي)، اين لايه‌ها در محيط ARC GIS 9 به فرمت ASC تبديل شد. لايه حضور گونه نيز به صورت فايل EXCEL شامل ۲۲۹ نقطه حضور تهيه شد. سپس به منظور تشخيص مهم‌ترين پارامترهاي موثر بر توزيع جغرافيايي راکون‌ها، متغيرهاي مستقل زيستگاهي به صورت ۱۵ مجموعه داده[9] (۱۵=۱-۴۲) با استفاده از Data set Manager تهيه شد. براي هر مجموعه داده، مدل به صورت جداگانه اجرا شد و نتايج حاصل از مدل‌ها

[1] Digital Elevation Model
[2] NDVI= Normalize Difference Vegetation Index

[3] Patch Perimeter
[4] Patch Area
[5] Perimeter-Area Ratio
[6] Related Circumscribing Circle
[7] Fractal Dimension Index
[8] Euclidean Nearest-Neighbor Distance
[9] Data set

براي تعيين مهم‌ترين پارامترهاي موثر بر توزيع جغرافيايي راكون‌ها مورد ارزيابي قرار گرفت.




شكل۱- نقشه پيش بيني حضور راكون در استان گيلان.

۳) اجراي مدل

مدل GARP در نرم افزار Desktop GARP در دو مرحله اجرا شد. اين نرم‌افزار داراي دو بخش مهم به شرح زير است:

الف) داده‌هاي ورودي

در اين بخش داده‌هاي حضور گونه و همچنين لايه‌هاي زيستگاهي وارد تجزيه و تحليل شد و حداقل ۲۰ درصد نقاط حضور به عنوان نقاط تعليمي در نظر گرفته شد.

ب) پارامترهاي خروجي

خروجي‌هاي مدل شامل ۱- نقشه پيش‌بيني حضور و عدم حضورگونه و ۲- فايل نتايج مدل با فرمت Excel است كه در آن نتايج ارزيابي مدل، قواعد مورد استفاده براي هر يک از نقشه‌هاي پيش‌بيني و موارد ديگر در ارتباط با مدل ذكر شده است.

۴) تفسير خروجي‌ها

بر اساس ميزان صحت داده‌هاي آزمايشي و داده‌هاي تعليمي و همچنين نقشه پيش‌بيني هجوم گونه بهترين مدل انتخاب شد. بر اساس لايه‌هاي مورد استفاده در اين مدل، آشيان بوم شناختي گونه در قالب شكل به تصوير كشيده شد. سپس بر اساس نقشه پيش‌بيني حضور گونه، درصدي از هر منطقه حفاظت‌شده مشخص شد كه در معرض هجوم اين گونه قراردارد.

## نتايج

مدل‌سازيGARP همواره با حجم زيادي از خروجي‌ها همراه است كه بايد بر اساس معيار مناسب از بين آنها بهترين مدل را انتخاب شود. به منظور انجام اين ارزيابي از دو معيار، ۱) صحت نقشه خروجي (صحت نقاط تعليمي و صحت نقاط آزمايشي) و ۲) نقشه پيش‌بيني هجوم استفاده شد

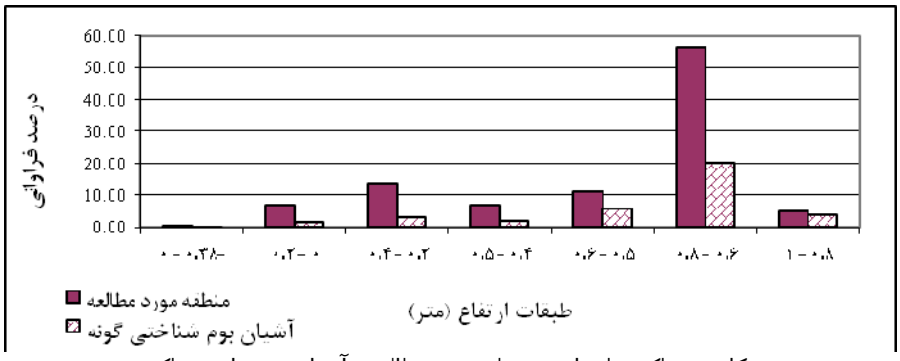
از ميان ۳ سناريو تدوين شده براي اندازه گستره‌خانگي راكون‌ها در استان گيلان، سناريوي بيشترين اندازه گستره‌خانه (۲۵۰۰ هكتار) داراي بالاترين مقادير صحت در نقشه‌هاي خروجي بود. در جدول ۲ مدل‌ها و ميزان صحت آنها براي اين اندازه گستره‌خانه ( ۲۵۰۰ هكتار) مشاهده مي شود. در مرحله بعدي براي گزينش بهترين مدل علاوه بر ميزان صحت نقشه خروجي از تفسير نقشه پيش‌بيني هجوم نيز استفاده شد. اغلب مدل‌ها داراي ميزان صحت بالا بودند، بنابراين در ارزيابي مدل‌ها نقش تعيين كننده را نقشه پيش‌بيني هجوم داشت. در تفسير اين نقشه‌هاي خروجي اولويت به مدل‌هايي داده‌شد كه وسعت مناطق پيش‌بيني شده در آن‌ها بيشتر و داراي توزيع منطقي در پيش‌بيني مناطق مورد هجوم بودند. در مدل‌سازي زيستگاه بايد توجه داشت كه مدل مطلوب، مدلي است كه نتايج آن قابل تعميم به مناطق مشابه ديگر باشد. اين قابليت بيش از آن كه به قدرت مدل در پيش‌بيني وابسته باشد بستگي به نوع متغيرهاي زيستگاهي دارد كه وارد مدل مي‌شود. در نهايت از ميان اين مدل‌ها، مدل متغيرهاي توپوگرافي - پوشش گياهي به عنوان بهترين مدل انتخاب شد. بعد از تعيين بهترين

مدل، ۱۲ درصد از کل نقشه‌هاي خروجي اين مدل که داراي بالاترين صحت در داده‌هاي آزمايشي و تعليمي بود، انتخاب و در محيط IDRISI 15 براي تهيه نقشه نهايي پيش‌بيني حضور، از اين نقشه‌ها ميانگين گرفته شد. طبق نقشه پيش‌بيني حضور (شکل ۱) ۳۶% از کل سطح استان گيلان در معرض هجوم اين گونه قرار دارد. که اکثر اين مناطق در مجاورت سواحل درياي خزر قرار دارد.

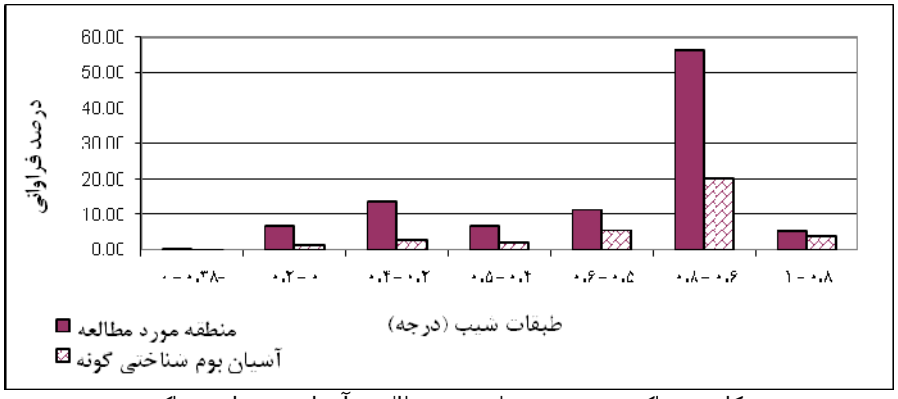
به منظور تفسير بهتر آشيان بوم‌شناختي راکون‌ها در استان گيلان پراکنش۴ متغير زيستگاهي مهم (ارتفاع، شيب، تراکم پوشش گياهي و تنوع داخلي پوشش گياهي) در سطح کل منطقه و نيز آشيان بوم‌شناختي گونه در قالب شکل‌هاي ۲ تا ۴ به تصوير کشيده شد. در جدول ۳ درصدي از مناطق حفاظت‌شده استان گيلان مشخص شده است که در معرض هجوم راکون قرار دارند. بر اين اساس بنظر مي‌رسد که ۲۵% از سطح حفاظتي استان گيلان در معرض هجوم راکون قرار دارد.

جدول ۲ - ارزيابي مدل‌هاي**GARP** از نظر ميزان صحت

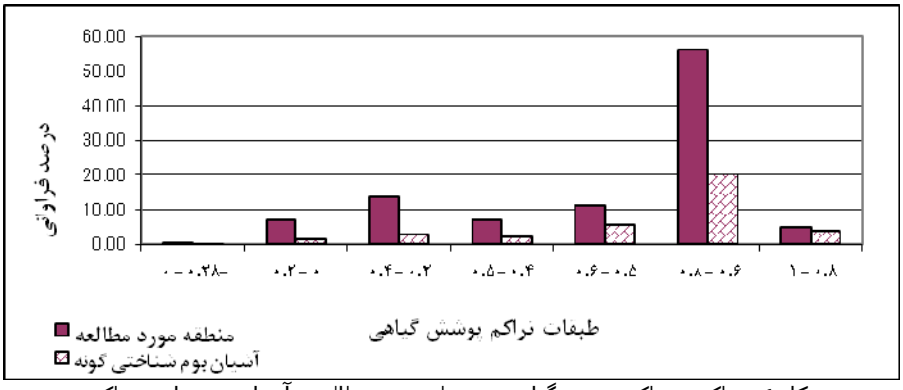
| مجموعه پارامترهاي زيست‌محيطي / مدل‌ها | صحت داده‌هاي تعليمي% | صحت داه‌هاي آزمايشي% | **P-value** |
|---|---|---|---|
| متغيرهاي توپوگرافي | ۷۱ | ۶۴ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي اقليمي | ۹۴ | ۹۴ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي پوشش گياهي | ۷۰ | ۶۵ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي سيماي سرزمين | ۹۷ | ۹۹ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي توپوگرافي - اقليمي | ۹۵ | ۹۵ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي توپوگرافي - پوشش گياهي | ۷۳ | ۷۳ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي توپوگرافي - سيماي سرزمين | ۹۷ | ۹۹ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي اقليمي - پوشش گياهي | ۹۵ | ۹۵ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي اقليمي - سيماي سرزمين | ۹۸ | ۹۹ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي پوشش گياهي - سيماي سرزمين | ۹۸ | ۹۹ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي توپوگرافي - اقليمي - پوشش گياهي | ۹۴ | ۹۴ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي توپوگرافي - اقليمي - سيماي سرزمين | ۹۸ | ۹۹ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي توپوگرافي - پوشش گياهي - سيماي سرزمين | ۹۶ | ۹۸ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي اقليمي - پوشش گياهي - سيماي سرزمين | ۹۷ | ۹۹ | ۰.۰۰ |
| متغيرهاي اقليمي - پوشش گياهي - سيماي سرزمين - توپوگرافي | ۹۸ | ۹۹ | ۰.۰۰ |




شکل ۲- پراکنش ارتفاع در منطقه مورد مطالعه و آشیان بوم‌شناختي راکون




شکل ۳- پراکنش شیب در منطقه مورد مطالعه و آشیان بوم‌شناختي راکون




شکل ٤- پراکنش تراکم پوشش گیاهي در منطقه مورد مطالعه و آشیان بوم‌شناختي راکون

## بحث و نتيجه گيري

پيش‌بيني روند هجوم گونه‌هاي مهاجم همواره يکي از دغدغه‌هاي مهم در زمينه مديريت گونه‌هاي مهاجم است. نتايج مدل الگوريتم ژنتيکي براي پيش‌بيني روند هجوم

راکون در استان گیلان نشان داد که متغیرهاي پوشش گیاهي و توپوگرافي بیشترین و متغیرهاي اقلیمي و سیماي سرزمین کمترین نقش را در شبیه‌سازي روند هجوم این گونه در مقیاس کلان دارند.

در مقیاس خرد مطالعات بسیاري در مورد انتخاب زیستگاه راکون‌ها انجام گرفته است (Pedlar *et al.*, 1997؛ Suzuki *et al.*, 2003؛ Beasley et al., 2006؛ Wilson & Nielsen, 2007) که همگي موید تاثیر پارامترهاي پوشش گیاهي در توزیع این گونه است همچنین مطالعه اي که توسط نگارنده در مورد بررسي وضعیت گونه مهاجم راکون در پناهگاه حیات وحش لوندیل در سال ۱۳۸۸ انجام شد نیز نشان داد مواد گیاهي سهم بسیار بالایي در رژیم غذایي این گونه به‌خصوص در فصول تابستان و پاییز دارد و پوشش گیاهي از نظر منبع غذایي و تامین پناه در فصل تولید مثل این گونه حائز اهمیت است(Farashi, 2009). اما در مقیاس کلان مطالعات بسیار کمي در این زمینه انجام شده است از جمله، مطالعه‌اي که در سال ۲۰۰۷ توسط Wilson و Nielsen انجام گرفت نشان داد اندازه و تعداد لکه‌هاي جنگلي داراي رابطه معني‌داري با الگوي پراکنش راکون‌ها است. نتایج مطالعه حاضر موید این مطالب است که روند پراکنش گونه مهاجم راکون، بسیاري از اکوسیستم‌هاي استان گیلان را تهدید مي‌کند و مناطق مسطح با شیب کم و داراي پوشش گیاهي متراکم بیشتر در معرض هجوم این گونه قرار دارد. بخش وسیعي از مناطق مورد هجوم در شیب کمتر از ۱۰ درصد، ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر از آب هاي آزاد و تراکم حداکثر پوشش گیاهي قرار دارد. اما بر اساس آشیان بوم‌شناختي گونه ( شکل هاي ۲ تا ۴)، راکون در امتداد شیب تغییرات پارامترهاي محیطي (ارتفاع، شیب و تراکم پوشش گیاهي) قابل مشاهده است که نشان مي‌دهد که در مقیاس کلان دامنه تحمل و سازگاري این گونه نسبت به این پارامترهاي محیطي بالا است. پژوهشي که در سال ۲۰۰۹ توسط Winter انجام شد نیز نشان داد که در مقیاس کل مناطق خشکي کره زمین این گونه داراي محدودیت کمي در پراکنش خود است و دامنه هجوم آن مي‌تواند مناطق وسیعي از دنیا را شامل شود. بر اساس نتایج این مطالعه حدود ۳۶ % از کل استان گیلان در معرض هجوم این گونه قرار دارد که این به نوبه خود مي‌تواند تهدید جدي محسوب شود. همچنین نتایج نشان داد که ۲۵% از سطح مناطق حفاظت‌شده نیز در معرض هجوم این گونه قرار دارد و بسیاري از مناطق‌حفاظتي بطور کامل در معرض هجوم این گونه قرار گرفته است.

جدول ۳- درصدي از مناطق حفاظت‌شده گیلان که در معرض هجوم راکون قرار دارد

| مناطق حفاظت‌شده استان گیلان | درصد مناطق در معرض هجوم |
|---|---|
| منطقه حفاظت‌شده سیاهرود رودبار | ٦/٠١ |
| منطقه حفاظت‌شده سرولات و جواهر دشت | ٧/٤٤ |
| منطقه شکار ممنوع دیلمان درفک | ٨ /٤٥ |
| منطقه شکار ممنوع ناو اسالم | ٢٠/٤٧ |
| منطقه حفاظت‌شده گشت رودخان سیاه مزدگي | ٢٤ /٠٨ |
| منطقه شکار ممنوع اشکورات | ٢٩/٥١ |
| منطقه حفاظت‌شده لیسار | ٤٤ /٦٥ |
| پارک ملي بوجاق | ٥٥/٩٥ |
| پناهگاه حیات‌وحش لوندویل | ١٠٠/٠٠ |
| منطقه حفاظت‌شده سیاه کشیم | ١٠٠/٠٠ |
| پناهگاه حیات‌وحش چوکام | ١٠٠/٠٠ |
| منطقه شکار ممنوع اژدها بلوچ | ١٠٠/٠٠ |
| پناهگاه حیات‌وحش سلکه | ١٠٠/٠٠ |
| پناهگاه حیات‌وحش امیر کلایه | ١٠٠/٠٠ |
| منطقه شکارممنوع چاف | ١٠٠/٠٠ |

تعیین مناطق تحت هجوم این گونه در استان گیلان مي‌تواند ابزار مناسبي براي کنترل و مدیریت این گونه غیربومي و مهاجم باشد چرا که با مشخص شدن مناطق مورد هجوم مي‌توان اقدامات کنترلي را در این مناطق متمرکز ساخت و از گسترش هر چه بیشتر این گونه جلوگیري نمود. نباید از خاطر دور داشت که حضور بالفعل این گونه در شهرستان‌هاي آستارا و تالش در طول ۱۹ سال اخیر خود دلیل محکمي بر سازگاري این گونه با

اکوسیستم‌هاي شمال کشور است لذا توجه فوري و جدي به ادامه روند هجوم اين گونه در استان گيلان و استان هاي همجوار براي مديريت و حفاظت از تنوع زيستي امري ضروري محسوب مي شود.

## References

- Asadiani, F., A. Arzjani and M. Varavipour. 2010. Changes of micro environment in Gilan city due to landslides. Earth Enviroment, 5: 93-102
- Austin, M., P.L. Belbin, J.A. Meyers, M.D. Doherty and M. Luoto. 2006. Evaluation of Statistical Models Used for Predicting Plant Species Distributions: Role of Artificial Data and Theory. Ecological Modeling, 199: 197–216.
- Ayyub, B. and R. McCuen. 1987. Quality and Uncertainty Assessment of Wildlife Habitat with Fuzzy Sets. Water Resources Planning and Management, 113: 95-109.
- Beasley, J.C., T.L. Devault, M.I. Retamosa and O.E. Rhodes. 2006. A Hierarchical Analysis of Habitat Selection by Raccoons in Northern Indiana. Wildlife Management, 71: 1125-1133.
- Breiman, L., J.H. Friedman, R.A. Olsen and C.J. Stone. 1984. Classification and Regression Trees. Wadsworth International Group, Belmont, California, 43-55p.
- Bremner, A. and K. Park. 2007. Public Attitudes to the Management of Invasive Non–native Species in Scotland. Biological Conservation, 39: 306-314.
- Colasanti, R.L. 1991. Discussion of the Possible Use of Neural Network Algorithms in Ecological Modeling, Binary, 3: 13-15.
- Corsi, E., J. de Leeuw and A. Skidmore. 2000. Modeling Species Distributions with GIS. In: Boitani, L. and T.K. Fuller. (Eds.), Research Techniques in Animal Ecology, Columbia University Press, New York, 389-434p.
- Costa, J., T. Peterson and C.B. Beard. 2002. Ecologic Niche Modeling and Differentiation of Populations of *Triatoma brasiliensis neiva*, 1911, The Most Important Chagas, Disease Vector in Northeastern Brazil (Hemiptra, Reduviidae, Triatominae). Tropical Medicine and Hygiene, 67: 516-520.
- Farashi, A. 2009. A Preliminary Survey on Raccoon (*Procyon lotor*) Status as New Invasive Species in Iran. M.Sc Thesis in Environmental Science, University of Tehran, Karaj, 154p. (in Persian)
- Grinnell, J. 1917. The Niche-relationships of the California thrasher. Auk, 34: 427–433.
- Guisan, A., T.C. Edwards and T.J. Hastie. 2002. Generalized Linear and Generalized Additive Models in Studies of Species Distribution: Setting the Scene. Ecological Modeling, 157: 89-100.
- Hastie, T.J. and R.J. Tibshirani. 1990. Generalized Additive Models. Chapman and Hall, New York, 20-49p.
- Heglund, P.J. 2002. Foundations of Species–environment Relations. In: Scott, J.M., P.J. Heglund, M.L. Morrison, J.B. Haufler, M.G. Raphael, W.A. Wall and F.B. Samson. (Eds.), Predicting Species Occurrences, Issues of Accuracy and Scale, Island Press, Washington: 35-41
- Holland, H. 1975. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence. University of Michigan press, 228p.
- Ikeda, T., M. Asano, Y. Matoba and G. Abi. 2004. Present Status of Invasive Alien Raccoon and its Impact in Japan. Global Environmental Research, 8(2): 125-131.
- Kaufmann, J.H. 1982. Raccoon and Allies: W-wild Mammals of North America, The Johns Hopkins University Press: 567-585.
- Mc Cullagh, P. and J.A. Nelder. 1989. Generalized Linear Models. Chapman and Hall, New York. 511p.
- Pedlar, J., L. Fahrig and H. Merriam. 1997. Raccoon Habitat Use at 2 Spatial Scales. Wildlife Management, 61:102-112.
- Peterson, A.T., D.R.B. Stockwell and D.A. Kluza. 2002. Distributional Prediction Based on Ecological Niche Modeling of Primary Occurrence Data. In: Scott, J.M., P.J. Heglund., M.L. Morrison, J.B. Haufler., M.G. Raphael., W.A. Wall and F.B. Samson, (Eds.), Predicting Species Occurrences. Issues of Accuracy and Scale, Island Press, Washington: 617-623.
- Pimentel, D., R. Zuniga and D. Morrison. 2005. Update on the Environmental and Economic Costs Associated with Alien-invasive Species in the United States. Ecological Economics, 52: 273-288.
- Ress, E.R., B.A. Rond, J.R. Phillips and D. Murray. 2008. Raccoon Ecology a Database: Resource for Population Dynamics Modeling and Meta–analysis. Ecological Informatics, 3: 87-96.

- Rouget, M., D.M. Richardson, J.L. Nel, D.C. Le Maitre, B. Egoh and T. Mgidi. 2004. Mapping the Potential Ranges of Major Plant Invaders in South Africa, Lesotho and Swaziland using climatic suitability, Diversity Distribution, 10: 475-484.
- Stockwell, D. and I.R. Noble. 1991. Induction of Sets of Rules from Animal Distribution Data: A Robust and Informative Method of Data Analysis. Mathematics and Computers in Simulation, 32: 249-254.
- Strubbe, D. and E. Matthysen. 2008. Predicting the Potential Distribution of Invasive Ring-necked Parakeets *Psittacula krameri* in Northern Belgium Using an Ecological Niche Modeling Approach. Biological Invasion, 11: 497–513.
- Stockwell, D. and D. Peters, 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction, Geographic Information Systems, 13: 143-158.
- Suzuki, T., T. Aoi and K. Maekawa. 2003. Spacing Pattern of Introduced Female Raccoons (*procyon lotor*) in Hokkaido, Japan. Mammal Study, 28: 121-128.
- Termansen, M., C.J. Mc Clean and C.D. Preston. 2006. The Use of Genetic Algorithms and Bayesian Classification to Model Species Distribution. Ecological Modeling, 192: 410-424.
- Wilcove, D.S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips and E. Losos. 1998. Quantifying Threats to Imperiled Species in the United States. Biological Sciences, 48: 607-615.
- Winter, M. 2009. *Procyon lotor* (Linnaeus), Raccoon (Procyonidae, Mammalia) In: Hulme, P.E., W. Nentwig, P. Pysek and M. Vilá, (Hrsg.), Handbook of alien species in Europe. DAISIE Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, Springer-Dordrecht, 365p.
- Wilson, S.E. and C.K. Nielsen. 2007. Habitat Characteristics of Raccoon Daytime Resting Sites in Southern Illinois. American Midland Naturalist, 157: 175-186.
- Ziaie, H. 2009. A Field Guide to the Mammals of Iran. Department of the Environment of Iran Press, Tehran, 419p. (in Persian).

# Predicting the InvasionTrend of Raccoon Invasive Species in North of Iran Using Genetic Algorithm Rule-set Prediction (GARP)

**A. Farashi*[1], M. Kaboli[2] and M. Karami[3]**

[1] Ph.D student, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran.

[2] Assist. Prof. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran.

[3] Prof. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran.

(Received: 26/06/2010 , Accepted: 28/09/2011)

**Abstract**

Nowadays, invasive species are a major threat to biodiversity and create many economic losses. Modeling for predict the distribution trends of invasive species is considered as a biodiversity management tool. Raccoon is a native species in North and Central America, and nowadays it is an invasive species in many countries such as Japan, Germany and Russia. Raccoon was observed for the first time in Gilan province in Iran in 1991. We simulated distribution of the species in Gilan province using Genetic Algorithm rule-set Prediction method (GARP). The results showed that the Raccoon invasion trend threats many ecosystems and 36% of the area, including 25% of protected areas is at invasion risk. Many protected areas are fully exposed to invasion. In many cases, these areas are unique in support of plant and animal species, such as Amirkolaye and Lavandevil wildlife refuges. So the species invasion trend could bring irreparable damages. Areas characterized by a low slope and high density of vegetation are more exposed to invasion. A large part of these areas is with slops between 0°-10° and altitudes between 0-500 m.

**Keywords**: Raccoon, Invasion, Genetic algorithm.

*Corresponding author: Tel: +989166690479 Fax: +982612245908 E-mail: farashi@ut.ac.ir