فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۴۸، بهار ۹۸

کاربرد ژنتیک سیمای سرزمین در حفاظت و مدیریت حیات‌وحش

حمیدرضا کبیری بالاجاده [1]*

hamidreza_kabiri@yahoo.com

حمیدرضا رضایی [2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۲۳ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۲۰**

چکیده

امروزه تکه‌تکه شدن زیستگاه یک مشکل اساسی در حفاظت از محیط‌زیست است. حفظ ارتباط زیستگاه‌ها، نکته‌ای موردتوجه در بوم‌شناسی و حفاظت از تنوع گونه‌ای و ژنتیکی است. این مقاله کاربرد ژنتیک سیمای سرزمین در حفاظت و مدیریت حیات‌وحش را موردبررسی قرار می‌دهد. ژنتیک سیمای سرزمین رشته جدیدی است که از ترکیب اکولوژی سیمای سرزمین و ژنتیک جمعیت و آمار مکانی تشکیل شده است. ژنتیک سیمای سرزمین در زیست‌شناسی حفاظت بسیار مورداستفاده قرار می‌گیرد. همچنین ژنتیک سیمای سرزمین را می‌تواند برای ارزیابی اثربخشی پروژه حفاظتی که در حال حاضر وجود دارد مورداستفاده قرارداد. به‌عنوان‌مثال، اثر سازه‌های به وجود آمده در رودخانه‌ها بر روی جمعیت‌های ماهی را می‌توان برآورد کرد و تفاوت روش‌های اتصال آن‌ها را مورد ارزیابی قرارداد. از سوی دیگر ژنتیک سیمای سرزمین را می‌توان در برنامه‌ریزی یک پروژه جدید حفاظتی و مدیریتی نیز بکار برد. روش‌های مطالعاتی مختلفی درزمینه ژنتیک سیمای سرزمین گونه‌ها وجود دارد که به‌وسیله آن سیمای سرزمین مناسب برای گونه‌ها می‌توان انتخاب کرد. ازجمله می‌توان از نرم‌افزارهای مختلف و همچنین روش‌های آماری، نشان گرهای ملکولی و روش‌های ژنتیکی سیمای سرزمین مناسب برای گونه‌ها بکار برد. بنابراین ژنتیک سیمای سرزمین را به‌عنوان یک روش مناسب برای طراحی و کنترل اقدامات حفاظتی و مدیریتی برای دوزیستان، خزندگان، حشرات، پرندگان قادر به پرواز، گیاهان و ماهی‌های آب شیرین می‌توان به کار برد.

کلمات کلیدی: ژنتیک سیمای سرزمین، حفاظت، مدیریت حیات‌وحش.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی - زیستگاه و تنوع زیستی، دانشکده انرژی و محیط زیست، دانشگاه علوم تحقیقات تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

Human & Environment., No. 48, Spring 2019

Application landscape genetic in conservation and management of wildlife

Hamid Reza Kabiri Balajadeh [1*] *(Corresponding Author)*
hamidreza_kabiri@yahoo.com
Hamid Reza Rezaei [2]

Abstract

Nowadays The habitat fragmentation is a major problem in environmental protection. Maintaining connection between habitats, a point of attractive in ecology and conservation of biodiversity and genetic. In this article, the Application landscape genetic in conservation and management of wild life will be Surveyed.landscape genetics new field of study is combinted of landscape ecology, population genetics and Spatial statistics. Landscape genetic is widely used in conservation biology. Landscape Genetics can also be used to assess the effectiveness of landscape conservation projects that are currently used. For example, the effect of structures in rivers on fish populations can be estimated and the differences in the methods of their connection are evaluated. On the other hand, landscae genetics can be used to plan a new conservation and management project. Different study methods exist in the land scape genetic species, which the land suitable for for the selection of suitable landforms for species. can be selected Including the various software and statistical methods, molecular markers and genetic methods for species used the landscape. therefore, the landscape genetics can be used as a suitable method for designing and controlling conservation and management measures for amphibians, reptiles, insects, birds capable of flying, plants and freshwater fish.

Key Words: Landscape Genetic, Conservation, Wildlife Management.

1- MSc, Natural Resources Engineering - Habitat and Biodiversity, Faculty of Environment and Energy, Science and reserch Branch, Tehran, Iran. **(Corresponding Author)*
2- Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences a Natural Resources, Gorgan, Iran.

مقدمه

داده‌های مکانی که در اکولوژی سیمای سرزمین مورداستفاده قرار می‌گیرد، از منابع مختلف و به روش‌های مختلف به دست می‌آید. برای بسیاری از موجودات زنده، این داده‌ها به‌صورت داده‌های حضور و داده‌های عدم حضور وجود دارد مانند درختان (شاخص سطح مقطع، تن در هر هکتار و تاج پوشش گونه‌ها) و یا جانوران (سرگین، ردپا، حضور خود گونه) که در آن تفاوت زیادی بین افراد وجود دارد. برای آن که بتوان نتایج دقیق‌تری از آن به دست آورد، باید تک‌تک افراد را موردبررسی قرارداد. داده‌های ژنتیکی در بافت زنده تمام موجودات وجود دارد اگر از گونه‌ها نمونه‌برداری و اطلاعات به‌دست‌آمده و موقعیت مکانی گونه را ثبت گردد، نتایج بهتری در این زمینه نسبت به روش‌های دیگر می‌توان به دست می‌آورد. به‌این‌ترتیب، اطلاعات ژنتیکی را که با استفاده از داده‌ها مکانی به‌دست‌می آید را به شکلی متفاوت مورد تجزیه‌وتحلیل قرارداد. اطلاعات ژنتیکی، بسیار باارزش می‌باشند که با ادغام آن با اطلاعات دیگر می‌توان درزمینه حفاظت و مدیریت حیات‌وحش بکار برد. اکثر داده‌ها مربوط به گونه‌هایی است که در زیستگاه وجود دارند و این که چه ویژگی‌هایی دارند، که به حضور گونه در زیستگاه بستگی دارد. اطلاعات ژنتیکی به ما این اجازه را می‌دهد که گذشته حیوان را موردبررسی قرار داده که در کجا متولدشده است و زیستگاهی که پدر و مادر خود متولد شدند کجا است. همچنین با استفاده از این اطلاعات ، واکنش مختلف افراد را به عوامل استرس‌زا مانند گرما، خشک‌سالی، یا بیماری را موردبررسی قرارداد (۱).

تعریف ژنتیک سیمای سرزمین

ژنتیک سیمای سرزمین ترکیبی از اکولوژی سیمای سرزمین و ژنتیک جمعیت است. بیش تر نویسندگان بر این عقیده هستند که اهداف ژنتیک سیمای سرزمین در ارایه اطلاعات مربوط به تعامل بین ویژگی‌های سیمای سرزمین و فرایندهای ریز تکاملی مانند جریان ژن و رانش ژنتیکی و انتخاب ژنتیکی است (۲). درس اول برای ژنتیک سیمای سرزمین در مورد ریز تکاملی و فرایندهای تکاملی بین جمعیت‌های گونه است و دومین درس در مورد جریان ژن و انتخاب ژن است دو فرایند اکولوژی و تکامل وجود دارند که احتیاج به بررسی دارد (۳). و سومین درس که توسط منل و همکاران ارایه شد این است که دو گام اساسی ژنتیک سیمای سرزمین تشخیص ناپیوستگی‌های ژنتیکی و ارتباط این ناپیوستگی با ویژگی‌های اکولوژی سیمای سرزمین مثل موانع است که اطلاعات مربوط به آن به‌وسیله رشته‌های علمی مثل تکامل و اکولوژی و زیست‌شناسی حفاظت می‌توان به دست می‌آورد (۲). منل و همکاران اعلام داشته‌اند که ژنتیک سیمای سرزمین برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات حفاظت و مدیریتی از طبیعت را فراهم می‌کند. که می‌توان گفت ژنتیک سیمای سرزمین یک میدان جدید پژوهشی است. در منابع مختلف تعریف روشنی از وجود ندارد و اکولوژیست‌های سیمای سرزمین می‌دانند تعریف روشنی از آن کار سختی است، ولی تعریفی که خانم منل و همکاران ارایه دادند بسیار روشن و واضح در مورد ژنتیک جمعیت نسبت به اکولوژی سیمای سرزمین گفته‌شده است به‌عنوان‌مثال بحث مقیاس مکانی. جهت بررسی ژنتیک سیمای سرزمین نیاز به اطلاعاتی نظیر داده‌های ژنتیکی و داده‌های اکولوژی سیمای سرزمین است (۲). ژنتیک سیمای سرزمین به بررسی فرایندهای که به‌طورکلی قابل‌رؤیت نیست و به‌سختی قابل‌مشاهده است می‌پردازد. به‌عنوان‌مثال، اتصال جمعیت را در یک سیمای سرزمین تکه‌تکه شده (۱).

سوالاتی که درزمینه ژنتیک سیمای سرزمین مطرح‌شده است عبارت است از:

۱- کجا، کی چه موقع ای حیوانات و گیاهان پراکنش می‌یابند.

۲- کدام‌یک از عوامل سیمای سرزمین باعث و مانع پراکنش می‌شود.

در بسیاری از موارد، با استفاده از روش‌های موجود پاسخ چنین پرسش‌هایی دشوار است چراکه آن‌ها تنها به‌اندازه گیری پراکندگی حیوانات و گیاهان به روش غیرمستقیم می‌پردازند.

به‌عنوان‌مثال، پراکندگی حیوانات با استفاده از صید، علامت گذرای و صید مجدد است که در آن حیوانات گرفته‌شده و علامت‌گذاری شده و سپس دوباره بعد از یک مدت‌زمان خاص رهاسازی و بعد موردبررسی قرار می‌گیرد. محققان به‌وسیله این اطلاعات میزان جابه‌جایی حیوانات و میزان حرکت آن‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. بااین‌حال، این روش‌ها معمولاً تنها می‌تواند در مناطق کوچک مورداستفاده قرار گیرد. در مقابل، روش‌های ژنتیکی پراکندگی در کل سیمای سرزمین که در آن برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات حفاظت از محیط‌زیست صورت گرفته موردبررسی قرار می‌دهد (۴). ژنتیک سیمای سرزمین عنوان ترکیبی بین ژنتیک جمعیت و اکولوژی سیمای سرزمین است یا به‌طور ساده ژنتیک سیمای سرزمین، اکولوژی سیمای سرزمین است که با استفاده از الگوهای مکانی ژنتیک (به‌عنوان‌مثال تنوع ژنتیکی درون افراد و یا بین افراد و یا بین گروه‌ها) ترکیب‌شده است. ژنتیک سیمای سرزمین الگوهای ژنتیکی خود را به‌صورت داده‌های چند متغیره مکانی نشان می‌دهد و با ارزیابی این الگوها به‌صورت فردی و یا گروهی در رابطه با داده‌های دیگر مکانی می‌تواند به درک رویدادهای زیست‌محیطی و حل آن بپردازد (۲).

تاریخچه کوتاهی از ژنتیک سیمای سرزمین:

ریشه‌های ژنتیک سیمای سرزمین را می‌توان به گیاه‌شناس و جغرافی دان معروف آقای آگوستین پیراموس دیکاندوله (۱۸۴۱-۱۷۷۸) و آقای آلفرد راسل والاس (۱۹۱۳-۱۸۲۳) نسبت داد. دیکاندوله بیان می‌کند که تفاوت در الگوی توزیع موجودات زنده (گونه) در سراسر سیمای سرزمین وجود دارد و این پراکنش در عمل با نیروهای موجود درسیمای سرزمین در ارتباط هستند. این نیروها در بازه‌های زمانی مختلف عمل می‌کند و این نیروها درزمینه های جغرافیای زیستی تاریخی و زیست‌محیطی موردمطالعه قرار می‌گیرد. به همین ترتیب در مورد والاس می‌توان گفت که در طول سفر والاس در سراسر مجمع‌الجزایر مالایی، یک مرز در فون های بین منطقه استرالیا و منطقه شرقی وجود دارد؛ و نهایت در عصر معاصر می‌توان گفت که خانم منل و همکاران را به‌عنوان بنیان‌گذار ژنتیک سیمای سرزمین دانست (۲).

ژنتیک سیمای سرزمین برنامه‌ای مهم در تحقیقات و برنامه‌های زیست‌محیطی است که کمک می‌کند به:

گسترش دانش‌پایه در پتانسیل پراکندگی گونه‌ها در یک‌چشم انداز، به‌عنوان‌مثال گونه‌های در معرض خطر مانند ملخ بزرگ مرداب (روش تمایز)

نیاز به ارزیابی و بازسازی زیست‌محیطی در حفاظت از طبیعت، تجزیه‌وتحلیل آن دارد به‌عنوان‌مثال اثرات موانعی هم چون جاده‌ها و زیرساخت‌های حمل‌ونقل (استفاده از روش خوشه ژنتیکی)؛

نظارت بر اثربخشی اقدامات حفاظتی، به‌عنوان‌مثال اتصال از طریق سنگ پله برای قورباغه درختی اروپا (انتساب روش آزمون) (۱).

ژنتیک سیمای سرزمین از دو بخش اصلی به نام اکولوژی سیمای سرزمین و ژنتیک جمعیت تشکیل‌شده است

اکولوژی سیمای سرزمین

علم مطالعه و بهبود روابط بین فرایندهای زیست‌محیطی در محیط‌زیست و اکوسیستم خاص است؛ که در انواع مقیاس‌های سیمای سرزمین، الگوهای مکانی توسعه و سطوح تحقیق و سیاست سازمانی انجام می‌گردد (۵). اکولوژی سیمای سرزمین به‌عنوان یک علم میان‌رشته‌ای در سازمان محیط‌زیست است، اکولوژی سیمای سرزمین ادغام روش‌های بیوفیزیکی و تحلیلی با دیدگاه انسانی و جامع در سراسر علوم طبیعی و علوم اجتماعی است. سیمای سرزمین مکانی ناهمگون جغرافیایی است که با تعامل لکه‌های متنوع یا اکوسیستم‌های مختلف، اعم از سیستم‌های خشکی زی و آبزی‌های نسبتا طبیعی مانند جنگل‌ها، مراتع و دریاچه‌ها به محیط‌های انسان تحت سلطه ازجمله تنظیمات کشاورزی و شهری است. برجسته‌ترین ویژگی‌های اکولوژی سیمای سرزمین تأکید آن بر رابطه میان الگو، پردازش و مقیاس و تمرکز آن بر مسایل زیست‌محیطی در مقیاس وسیع است. این مستلزم اتصال بین علوم بیوفیزیکی، اقتصادی و اجتماعی است. موضوعات تحقیقاتی کلیدی در

اکولوژی سیمای سرزمین شامل جریان زیست‌محیطی در سیمای سرزمین به‌صورت موزاییکی، استفاده از زمین و تغییر پوشش زمین، مقیاس، در رابطه با تجزیه‌وتحلیل الگوی سیمای سرزمین با فرایندهای زیست‌محیطی و حفاظت از سیمای سرزمین و پایداری است. رشته اکولوژی سیمای سرزمین توسط کارل ترول، یک جغرافی دان آلمانی، در سال ۱۹۳۹ مطرح شد. او این اصطلاحات و بسیاری از مفاهیم اولیه اکولوژی سیمای سرزمین را به‌عنوان بخشی از کار خود بیان نمود که با استفاده از تفسیر عکس هوایی به مطالعه فعل‌وانفعالات توسعه محیط‌زیست در پوشش گیاهی پرداخت (۵،۶).

ژنتیک جمعیت

مطالعه توزیع و تغییرات فراوانی آلل تحت تأثیر چهار فرایند اصلی تکاملی است. این چهار فرایند عمده عبارت‌اند از انتخاب طبیعی، رانش ژنتیکی، جهش و جریان ژن است. ژنتیک جمعیت تلاش می‌کند که پدیده‌هایی هم چون سازش و گونه‌زایی را مطرح نماید. به‌عبارت‌دیگر جمعیت ازنظر ژنتیکی عبارت است از گروهی از موجودات یک‌گونه که با یکدیگر آمیزش پیدا می‌کنند؛ و این که گروهی محدود از جمعیت که باهم، آمیزش دارند، ژنتیک مندلی هم گفته می‌شوند. ژنتیک جمعیت، شاخه‌ای از علم ژنتیک است که رفتار، خصوصیات، فراوانی و عمل متقابل ژن‌ها را در یک جمعیت مندلی که دارای ذخایر ژنی مشترک هستند، به‌طور ریاضی بر اساس قانون تعادل هاردی _ وینبرگ، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌دهد (۷).

مواد و روش‌ها

برای تعیین ژنتیک سیمای سرزمین ابتدا در مرحله اول، با تشخیص ناپیوستگی‌های ژنتیکی با رویکردهای ژنتیک جمعیت، مانند نشان گرهای ملکولی، دوم با ارتباط دادن این ناپیوستگی با عناصر سیمای سرزمین و یا شکل‌های استفاده از سرزمین، با استفاده از روش‌هایی از اکولوژی سیمای سرزمین، ثالثا، با تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده با ابزارهای آماری موردبررسی قرارداد (۸). درنهایت روابط بین تنوع ژنتیکی و عناصر سیمای سرزمین به یک فرضیه صفر رسیده که در آن فرض بر این است که تنوع ژنتیکی توجیه آن تنها بر اساس فاصله اقلیدسی امکان‌پذیر است (۹). ژنتیک سیمای سرزمین مناسب برای پاسخ به سؤالات در زمینه زیست‌شناسی حفاظت است. دلیل آن این است که ژنتیک سیمای سرزمین به مطالعات ارتباطات عملکردی گونه‌ها می‌پردازد بنابراین الگوهای ژنتیکی جزییات بیش تری نسبت به مدل‌های دیگر ارایه می‌دهد. می‌توان ژنتیک سیمای سرزمین را برای برآورد اثرات عناصر سیمای سرزمین جدید در یک‌گونه خاص و یا جمعیت از یک‌گونه مورداستفاده قرارداد و همچنین ژنتیک سیمای سرزمین می‌تواند تصمیم‌گیری را در زیست‌شناسی حفاظت آسان کند به همین دلیل با بررسی دقیق‌تر در مطالعات ژنتیک سیمای سرزمین در زمان های مختلف که در زمینه زیست‌شناسی حفاظت از محیط‌زیست انجام‌شده پرداخت و تلاش بر این است تا دیدگاه‌های مهم درروش های مختلف ژنتیک سیمای سرزمین را مشخص نمود. ژنتیک سیمای سرزمین تحت شرایط مختلف موردبررسی قرارمی گیرد که به شرح ذیل امکان‌پذیر است (۱۰).

بخش ژنتیکی

اطلاعات ژنتیکی به شکل پایه ژنتیک سیمای سرزمین در هر مطالعه مورداستفاده قرارگرفته است. بسیاری از روش‌های مختلف برای به دست آوردن اطلاعات ژنتیکی وجود دارد. که برای تعیین فاصله ژنتیکی بین افراد یا جمعیت نمونه‌برداری شده است. برای تعیین این اطلاعات نیاز به نشان گرهای ملکولی جهت تعیین اطلاعات ژنتیک است (۱۱).

روش‌های ژنتیکی: روش‌های مختلف ژنتیکی برای محاسبه ژنتیک سیمای سرزمین شامل ریز ماهواره‌ها[1] آر. اف.ال.پی[2] آ.اف.ال.پی[3] و رپید[4] است؛ که هرکدام بر اساس تکنیک‌های مختلف جهت محاسبات ژنتیکی مورداستفاده قرار می‌گیرند. (۱۲).

1- Microsatellites
2- RFLP
3- AFLP
4- RAPD

نشان گرهای ملکولی

امروزه نشان گرهای ملکولی مختلف به‌وفور در تحقیقات گیاهان، حیوانات و ریز ماهواره‌ها به‌منظور مطالعات پایه‌ای و یا کاربردی مورداستفاده قرار می‌گیرد. این نشان گرها، ویژگی‌ها و کاربردهای مختلفی دارند که در بسیاری از موارد بین برخی از آن‌ها مشترک است. همچنین هر سیستم نشان گری نسبت به نشان گر دیگر ازنظر برخی از موارد کاربردی کارآمدتر است؛ و هر سیستم نشان گری دارای مزایا و معایبی است که با توجه به مزایا و معایب باید بهترین سیستم نشان گری انتخاب شود (۱۲).

روش‌های آماری

داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از روش‌های ژنتیکی را می‌توان با داده‌های مکانی به‌وسیله روش‌های آماری مقایسه و مورد تجزیه‌وتحلیل قرارداد. خوشه‌های بیزی به ساختار جمعیت به‌وسیله گروه‌بندی نسبی افراد مرتبط و نزدیک به هم کمک می‌کند. آزمون مانتل جزئی می‌تواند فاصله ژنتیکی در مقایسه با متغیرهای محیطی و داده‌های مکانی مانند الگوی استفاده از زمین یا توپوگرافی مورد مقایسه قرار دهد. خوشه‌های بیزی روش‌های خوشه‌بندی بیزی برای گروه‌بندی افراد نمونه در جمعیت‌ها و زیر جمعیت‌ها بر اساس داده‌های ژنتیکی مورداستفاده قرار می‌گیرد. الگوریتم‌ها تلاش می‌کنند برای به حداقل رساندن خروجی از موازنه هاردی واینبرگ و عدم موازنه سلول‌های جنسی، برای هر فرد احتمال تعلق به هر جمعیت را محاسبه می‌کنند (۲). مدل‌سازی کم ترین هزینه مسیر برای تجزیه‌وتحلیل و ارزش اطلاعات جغرافیایی مورداستفاده قرار می‌گیرد. طول حداقل هزینه مسیر می‌تواند فواصل یک حیوان خاص به بین دو لکه حرکت می‌کند را مشخص کند. سپس این فاصله رامی تواند بافاصله ژنتیکی با آزمون مانتل مورد مقایسه قرار دهد. (۱۳).

نتایج و بحث

در ذیل نتایج خاص از مقالات مختلف ارایه‌شده است؛ که در رده‌بندی گروه‌های مختلف به دلیل تفاوت‌های خود در توانایی پراکندگی به‌صورت ذیل طبقه‌بندی می‌شود.

دوزیستان

دوزیستان موجودات زنده جالب‌توجهی هستند اما طبقه‌بندی این موجودات برای تجزیه‌وتحلیل ژنتیک سیمای سرزمین مشکل است. دلیل آن این است که آن‌ها در حال حاضر به‌طور طبیعی دارای یک توزیع بسیار لکه‌ای هستند که نتیجه آن دارای ارتباطات محدود و درنتیجه باعث به وجود آمدن سطح بالایی از زیر جمعیت‌ها می‌گردد (۱۴). بنابراین، هرگونه محدودیت زیستگاهی اثر بیش تری بر روی آن‌ها می‌گذارد به‌عنوان‌مثال تخریب و تکه‌تکه شدن زیستگاه. علاوه بر این، ارتباط زیادی بین گونه‌های دوزیستان در معرض خطر انقراض و بقا و هتروزیگوسیتی آن‌ها وجود دارد (۱۵). و با استفاده از مطالعه بقا از جمعیت تحت شرایط سیمای سرزمین‌های مختلف با استفاده از روش‌های ژنتیکی آسان می‌گردد و سرانجام در مقایسه با برآوردهای متداول در مورد اتصال دوزیستان بر اساس جمعیت که نیاز به چند دهه جمع‌آوری داده دارد ژنتیک سیمای سرزمین بسیار کارآمدتر است (۱۴). مطالعات مختلفی در زمینه ژنتیک سیمای سرزمین در مورد دوزیستان و اهمیت حفاظت از محیط‌زیست ارایه‌شده است. یک جنبه بسیار مهم از ژنتیک سیمای سرزمین، تفاوت بین روش‌های ساختاری و عملکردی اتصال وجود دارد به‌عنوان‌مثال آنجلون و همکاران، (۲۰۱۱) در مورد قورباغه درختی اروپاHyla arborea در سیمای سرزمین تکه‌تکه شده در سوئیس موردبررسی قراردادند آن‌ها دریافتند که تاثیر سیمای سرزمین در اتصال جمعیت H.arborea به مقیاس بستگی دارد. درحالی‌که برای مسافت‌های بالاتر از دو کیلومتر جریان ژن بیش تر به فاصله جغرافیایی و ماتریس آن وابسته است (اتصال ساختاری). برای فواصل کم تر جریان ژن به‌طور عمده توسط ماتریس موانع تحت تاثیر قرار می‌گیرد مانند رودخانه (اتصال عملکردی). اثر مثبت عناصر سیمای سرزمین در جریان ژن در مقیاس کوچک است. عناصر سیمای سرزمین به‌عنوان سنگ پله زیستگاه یا راهرو بین جمعیت عمل می‌کنند. به‌عنوان‌مثال تالاب، بوته‌ها، پرچین، درختچه‌ها و مراتع. بااین‌حال جاده و شهرک‌سازی اثر منفی بر جریان ژن قورباغه درختی دارد. درنتیجه آنجلون و

همکاران. پیشنهاد حفاظت با ایجاد سایت‌های مناسب پرورش (به‌عنوان‌مثال استخر با اهداف اولیه)، توسط ساختار عناصر سیمای سرزمین (زیستگاه سنگ پله و راهروها) متصل شده باشند (۱۵). مشاهدات فاصله جغرافیایی اغلب به‌اندازه کافی نمی‌توانند توضیح تنوع ژنتیکی ساخته‌شده توسط امریزی و همکاران، (۲۰۱۱) داشته باشند. آن‌ها کار خود را در مورد سمندر آبی آلپاین (alpestris Mesotriton) سوئیس انجام دادند و در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که تمایز جمعیت خیلی با نوع استفاده از زمین در ارتباط بوده است (مناطق شهری، باغ و یا جنگل). تکه‌تکه شدن مناطق شهری در معرض بالاترین خطر برای گونه M .Alpestris است، درحالی‌که جنگل اثر مثبتی هم چون باغ‌ها برای گونه دارد؛ بنابراین، امریزی و همکاران، (۲۰۱۱) مکانی که برای حفاظت ازاین‌گونه مشخص‌شده است عمدتا توسط تولید الوار مورد تهدید قرار می‌گیرد (۸).

یکی دیگر از گونه‌های دوزیستان بسیار وابسته به مناطق جنگلی ، سمندر درخطر انقراض تپه سرخ hubrichti Phaeognathus است که توسط آپوداکا و همکاران، (۲۰۱۲) در جنوب ایالات‌متحده آمریکا موردمطالعه قرارگرفته است. که این‌گونه علاوه بر تولید الوار ، فعالیت کشاورزی نیز آن‌ها را در معرض تهدید قرار داده است. این تاثیرات انسانی موجب از بین رفتن و قطعه‌قطعه شدن زیستگاه می‌شود و درنتیجه به‌طور طبیعی کاهش میزان مهاجرت P.hubrichti را موجب شده است .مهم‌ترین مساله برای این‌گونه دامنه‌های پیوسته هستند زیرا آن‌ها به‌عنوان زیستگاه اصلی عمل می‌کنند اگرچه تلاش‌های حفاظتی، به‌عنوان‌مثال طرح‌های حفاظت از زیستگاه بر اساس شیب زیستگاه، توسط شرکت‌های چوب به اجرا درآمدند. آپوداکا و همکاران به اثربخشی این اقدامات شک دارند. این به دلیل است که طرح حفاظت از زیستگاه به‌طور کامل شامل زیستگاه‌های با شیب کم تر از ۲۸ درجه نیست. این شیب ممکن است بسیار پایدار نباشد، اما مهم هستند به دلیل این که اجازه می‌دهد تا مهاجرت بین جمعیت صورت گیرد. در مقابل این یافته‌هایی از آپوداکا وهمکاران، (۲۰۱۱) وجود دارد که جریان ژن وابسته به عناصر سیمای سرزمین فقط در مقیاس کم پاسخ گو است (۱۶).

گیاهان

از ویژگی‌های به‌ظاهر خاص گیاهان، ناتوانی آن‌ها درحرکت است؛ بنابراین، آن‌ها بیش تر در معرض تأثیر عناصر سیمای سرزمین قرار می‌گیرند علاوه بر این، گیاهان برای تکثیر و تولیدمثل از انواع مختلف از حامل‌ها برای پراکنده کردن گرده و دانه استفاده می‌کنند، به‌عنوان‌مثال باد، آب، حشرات و سایر حیوانات. این عوامل خود تحت تأثیر عناصر سیمای سرزمین قرار می‌گیرد درنتیجه تنوع ژنتیکی گیاهان بر توانایی حامل‌ها در پراکنده کردن گرده و دانه‌های آن‌ها بستگی دارد؛ بنابراین، حامل‌های گونه می‌تواند نقش بسیار مهمی در نگهداری ازاین‌گونه اجرا کند (۱۷). مطالعه از سوی کم و همکاران (۲۰۱۰) برای توزیع درخت domestica Sorbus در سوئیس انجام شد. آن‌ها دریافتند که باوجودی که این افراد ازاین‌گونه‌های نادر به‌شدت تحت تاثیر تکه‌تکه شدن زیستگاه قرار دارند اما اتصال عملکردی هنوز هم می‌تواند توسط حشرات گرده‌افشان (حشرات عمومی) تا فاصله ۱۶ کیلومتری سفر کنند وجود داشته باشند بنابراین، جریان ژن می‌تواند حتی در بین جمعیت‌های جداشده حفظ شود. اگرچه این حشرات گرده‌افشان عمدتاً تحت تأثیر توپوگرافی و ترکیب سیمای سرزمین قرار می‌گیرند ولی هیچ‌یک از عناصر سیمای سرزمین به‌طور کامل نمی‌توان به‌عنوان عامل و مانع گرده‌افشانی مشخص نمود. مشخص‌شده سیمای سرزمین‌های باز نسبت به سیمای سرزمین بسته در فواصل طولانی بهتر اجازه برای پراکنش را می‌دهد زیرا حشرات گرده‌افشان بهتر می‌توان در سراسر مناطق باز حرکت کنند. چنین مناظر باز درگذشته نسبت به امروز بسیار فراوان‌تر بوده است. به دلیل تأثیرات انسانی، حشرات گرده‌افشان فرصت خوبی را برای توزیع گونه S. domestica نتوانستند پیدا کنند؛ بنابراین، اقدامات حفاظتی امروزه باید به دنبال حفظ فضاهای باز به‌منظور ارتقاء

عملکرد اتصال در S. domestica باشد (۱۰). نتایج مشابه توسط آویک و همکاران، (۲۰۱۲) در اوبراگو، سوئیس یافت شد. آن‌ها با استفاده از نتایج ژنتیکی کار بازسازی در مناطق تخریب‌شده با مخلوط دانه Lychnis floscuculi مورد تجزیه‌وتحلیل قراردادند جریان ژن دراین‌گونه‌ها، مانند یکی از S. Domestica جنگل‌ها تأثیر منفی بر آن‌ها می‌گذارد (۱۸).

حشرات

کلر و همکاران (۲۰۱۲) ژنتیک سیمای سرزمین پنج گونه از حشرات که ساکن مناطق کشاورزی به‌شدت مدیریت‌شده در اوبراسکو، سوئیس مورد تجزیه‌وتحلیل قراردادند. به‌طور مشابه به همین ترتیب برای برخی از دوزیستان و گونه‌های گیاهی نشان داده‌شده است، عناصر سیمای سرزمین بر جریان ژن بین جمعیت حشرات اثرگذار است که مهم‌ترین عامل آن مقیاس است. مهاجرت مسافت‌های کوتاه عمدتاً در امتداد نهرها و خندق یافت می‌شد، درحالی‌که حرکت‌های طولانی نیز بر زمین باز کشاورزی رخداده است. راه‌ها نیز تابه‌حال بر جریان ژن اثر مثبت دارد، اما شهرک‌ها آن را کاهش می‌دهند (۴).

پستانداران خشکی

کاستی لو و همکاران (۲۰۱۱) گونه پوما (Puma concolor) در جنوب برزیل موردمطالعه قرار داده و هیچ مدرکی دال بر این که کاهش تنوع ژنتیکی تحت تاثیر تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین قرارگرفته باشد پیدا نکرده‌اند. جریان ژن در طول منطقه موردمطالعه (۱۴۰۰۰۰ مترمربع) رخداده است و افراد در همان منطقه به هیچ شکلی باهم در ارتباط نبوده‌اند و نشان‌دهنده نرخ بالای پراکندگی است مشکل اصلی برای این‌گونه تکه‌تکه شدن زیستگاه نبوده بلکه شکار غیرقانونی است (۱۹). کوشمان و همکاران، (۲۰۰۹) مهاجرت سیاه خرس (Ursus americanus) بین مرز کانادا پارک ملی یلوستون از طریق مدل‌سازی موردبررسی قراردادند. مسیرهای پیش‌بینی‌شده در سه دالان‌های اصلی متمرکزشده است. ۲۱ موانع بالقوه در امتداد آن‌ها شناسایی شد که شامل بزرگ راه اصلی، شکاف بزرگ در سرزمین حفاظت‌شده دولت فدرال، زیستگاه غیر جنگلی و همچنین سطوح نسبتاً بالایی از توسعه انسانی را می‌توان نام برد. نویسنده اظهار داشت که تلاش‌های سازمان حفاظت از محیط‌زیست برای حفظ اتصال و ارتباط بین جمعیت‌های منطقه باید بر روی این نقاط کلیدی تمرکز کند (۲۰). کولان و همکاران، (۲۰۰۶) به مطالعه شوکا capreolus Capreolus در جنوب غرب فرانسه پرداختند. آن‌ها فرض کردند که منطقه توسط شوکا در دو جهت در منطقه ساکن شده و دو جمعیت مختلف تا به امروز تشکیل داده است. این دو جمعیت در یک بخش از منطقه ازجمله بزرگراه فنس کشی شده، کانال بزرگ و رودخانه اصلی از هم جدا شدند. در بخش دوم، آن‌ها توسط دره منشعب شده شامل کانال‌های مختلف و مناطق شهری از هم جداشده‌اند در بخش دیگری از منطقه موردمطالعه بزرگراه‌ها و رودخانه اصلی موجب شده که جمعیت‌ها از هم جدا نشده است. هیچ‌یک از این ساختارها به‌تنهایی به‌عنوان مانع به‌ندرت می‌توان موردقبول قرار گیرد، اما آن‌ها باهم را به‌عنوان یک مانع می‌توان پذیرفت. بزرگراه (تا حدودی) می‌تواند قابل‌قبول باشد. احتمالاً معابر حیات‌وحش، پل‌های متعدد، تونل زهکشی و برخی از چاله‌ها در حصار نگه‌داشتن آن‌ها و عدم ارتباط بین آن‌ها ضعیف بوده است. کانال به دلیل این که اکثرا شیب تندی در دیواره‌های بتنی آن‌ها وجود دارد می‌تواند موانع جزئی برای ارتباط بین گونه باشد (۲۱). اپس و همکاران (۲۰۰۷) نوعی گوسفند کوهی آمریکایی (Ovis canadensis) در کالیفرنیا موردمطالعه قراردادند. آن‌ها تأیید داشته‌اند که این‌گونه عمدتاً (و پراکنده) در زمین‌های با شیب بیش از ۱۰-۱۵٪ زندگی می‌کند. آن‌ها دالان‌های بالقوه که با جمعیت در ارتباط بودند را مدل‌سازی کردند. هیچ جمعیتی به‌طور کامل جدا نشده است، اما برخی از دالان‌های بالقوه توسط موانع انسانی قطع‌شده است. آن‌ها همچنین نشان داد که اخیراً برخی از جمعیت‌ها دوباره مستقرشده‌اند که می‌تواند به‌عنوان سنگ پله (محل عبور) به جمعیت‌هایی که از قبل جدا افتاده‌اند دوباره ارتباط برقرار کند. بعضی از راهروها پیش‌بینی‌شده را می‌توان با حرکت حیوانات

علامت‌گـذاری شـده و یـا تحـت نظـارت رادیـو تلـه‌متری مورد ارزیابی قرارداد (۲۲).

پرندگان دارای قدرت پرواز

برخی از گونـه‌های پرنـدگان نسـبت بـه سـایر حیوانـات دیگـر بیش تـر می‌تواننـد حرکـت کنند.می‌توانـد منـاطق وسـیعی از زیستگاه نامناسب عبور کننـد و در مقیـاس بسـیار گسـترده‌ای پراکنده شوند. از سوی دیگر، پرندگان کم‌تحرک نیز وجود دارد. پائولف و همکاران (۲۰۱۲) اثر قطعه‌قطعه شدن زیسـتگاه گونـه سـنگ چشـم خاکسـتری بـرفکش Colluricincla harmonica در جنوب شـرقی اسـترالیا مـورد تجزیـه‌وتحلیل قراردادند آن‌ها دریافتند که جریـان ژن هنـوز در طـول منطقـه مطالعه رخ می‌دهد آن‌ها به این نتیجه رسیدند که این سـطح از قطعه‌قطعه شـدن در مقیـاس مکـانی، کوچـک‌تر از پراکنـدگی طبیعی این‌گونه است؛ بنابراین، مدیریت حفاظت از محیط‌زیست باید تمرکز برافزایش یا بهبود لکه‌های زیسـتگاه بـه‌جای اتصـال مجدد آن‌ها داشته باشـند. (۱۸). بـرونیش و همکـاران (۲۰۱۰) زیسـتگاه گونـه سـیاه خـروس (Tetrao urogallus) را در جنگل سیاه در آلمـان موردمطالعـه قراردادنـد. آن‌هـا دریافتنـد جریان ژن تا حد زیادی ارتباط مثبت با زیستگاه تـرجیح پرنـده درختان جنگل و ارتباط توپوگرافی در محل و ارتباط منفی را با ویژگی‌هایی مانند خیابان‌ها، شهرک‌ها، کشاورزی زمین، لبه‌های جنگـل دارد. ارتفـاع تعیین‌کننـده خـوبی بـرای مناسـب بـودن زیستگاه است و با پراکندگی ارتباطی ندارد. آن‌ها دالان‌ها را که بهترین شرایط بـرای پراکنـدگی می‌باشـند را محاسـبه کردنـد. آن‌ها همچنین دره غیر جنگلی با جاده‌ها و شهرک‌ها را به‌عنوان یک مانع باعـث جـدا شـدن جمعیـت بـه دو بخـش شـده‌اند را موردبررسـی قراردادنـد. توصـیه می‌شـود سـنگ پلـه لکـه‌های زیستگاه برای ایجاد یک دالان بـرای گونـه‌ها حفـظ و بازسـازی شود. پراکندگی پرندگان تنها باقابلیت‌های فیزیکی موردبررسـی قرار نمی‌گیرد، بلکـه بـا رفتـار خودشـان و تعـاملات اجتمـاعی نیزتعیین می‌گردد (۲۲).

کال (۲۰۰۳) زیسـتگاه گونـه (white-browed babblers) (Pomatostomus superciliosus) در جنـــوب غربـــی استرالیا موردمطالعـه قـرارداد. او متوجـه شـد کـه در تکـه‌های کوچک‌تر تعامل اجتماعی کم تر بین گروه‌های تولیدمثل کننده نسبت به تکه‌های بزرگ‌تر وجود داردو بیش تـر افـراد لکـه‌های چپ به یک لکه دیگر پراکنده می‌شـوند. رفتـار پـراکنش بـرای برخی از پرندگان و نیز برای این‌گونه نشان می‌دهد کـه تفـاوت رفتار پراکنش بین دو جنس این‌گونه وجود دارد، بـه‌عنوان‌مثال پراکنـدگی در مقیاس‌هـای مختلـف مکـانی اتفـاق می‌افتـد. در پرندگان آوازخوان قطعه‌قطعه شدن تنها نمی‌تواند جنبه ژنتیکی باشد، بلکه جنبـه فرهنگـی نیـز اثرگـذار اسـت بـه دلیـل فـرد آواز خواندن از افراد همسایه نیـز یـادگیری می‌گیـرد؛ بنـابراین، داده‌های صوتی (بر اساس ضبط آواز افراد از نقاط مختلـف) نیـز برای تعیین تکه‌تکه شدن جمعیت می‌توانـد مورداسـتفاده قـرار گیرد. این روش می‌تواند در انزوا پـس از مـدت نسـبتاً کوتـاهی شناسـایی، نسـبت بـه روش بـر اسـاس اطلاعـات ژنتیکـی مورد مقایسه قرار گیرد (۲۳).

ماهی‌های آب شیرین

بسیاری از رودخانه‌ها توسط ساخت‌وساز تکه‌تکه شده است کـه بـه‌طور کامـل صـعب‌العبور بـرای ماهی‌هـا شـده اسـت. امکـان پراکنش در رودخانه فصلی ممکن است در حال حاضر به سـطح آب و جهت آب بستگی داشته باشد. ساخت‌وساز مانند سـدهای خاکی ممکن است در پایین‌دست قابـل‌قبول باشـد، امـا بـه‌طور کامل مانع از پراکندگی بالادسـت می‌گـردد؛ بنـابراین جمعیـت بالادست ممکن است از مهاجرت بازمانده و از جمعیت‌های دیگر جداشده، منجر به درون آمیزشی شود. باوجوداین مهـاجرت بـه جمعیت هنوز در پایین‌دست رودخانـه ممکـن اسـت رخ دهـد. مـاکرز و همکـاران (۲۰۰۸) بـر روی گونـه Gasterosteus aculeatus در بلژیک موردمطالعه قراردادنـد. آن‌هـا دریافتنـد همبستگی مثبت و قوی میان فاصله تـا منبـع و تنـوع ژنتیکـی وجود دارد که تائید ژن جریان پایین‌دسـت قـوی‌تر از بالادسـت است. آن‌ها دریافتند اثر قطعه‌قطعه شدن توسـط سـد خـاکی و

آسیاب آبی است. برخی از این موانع (ضعیف طراحی‌شده) به‌وضوح محل عبور ماهی بوده که اغلب مورداستفاده قرار می‌گیرد. تعدادی از موانع و ارتفاع سد هر دو پیش‌بینی کننده‌های خوبی برای تفاوت ژنتیک می‌باشند (۲۴). فولکس و همکاران (۲۰۱۱) بر روی گونه Macquaria australasica در برخی از رودخانه جداشده جنوب شرقی استرالیا موردمطالعه قراردادند آن‌ها ارتباط مثبتی بین تنوع ژنتیکی و شیب رودخانه پیدا کردند. دلیل آن، گونه زیستگاه ترجیح خود را قسمت کم‌عمق رودخانه قرار داده بود. در این مطالعه تفاوت مشخصی در جمعیت‌های از حوزه‌های مختلف وجود دارد. علاوه بر این آن‌ها اعلام کردند که ساختار انسانی منتهی به تکه‌تکه شدن جمعیت‌ها شده است (۲۵).

نتیجه‌گیری

استفاده از ژنتیک سیمای سرزمین در حفاظت و مدیریت بسیار متنوع و پرکاربرد است و برای ارزیابی اثربخشی پروژه حفاظتی که در حال حاضر نجو دارد می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. به‌عنوان‌مثال، اثر سازه‌های رودخانه بر روی جمعیت ماهی را می‌توان با روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار داده و به دست آورد. به‌عبارت‌دیگر ژنتیک سیمای سرزمین در هنگام برنامه‌ریزی یک پروژه جدید حفاظتی می‌توان بکار برد و یکی از مباحث مهم در حفاظت و مدیریت حیات‌وحش است و به‌عنوان یک روشی مناسب برای طراحی و کنترل اقدامات حفاظتی و مدیریتی است. بااین‌وجود، ژنتیک سیمای سرزمین با برخی از چالش‌ها مواجه است. در مرحله اول، ارزیابی در مقیاس مناسب دشوار است. عناصر سیمای سرزمین مؤثر بر جریان ژن، به‌شدت وابسته به مقیاس در انتخاب محقق دارد. مطالعات برای تجزیه‌وتحلیل در مقاله‌ها اغلب در مقیاس‌های کوچک متمرکزشده، فقط چند جمعیت را شامل می‌شود. بااین‌حال، برای بررسی کلی ژنتیک سیمای سرزمین، گونه‌های بسیار بزرگ‌تر و درمقیاس های مختلف را باید مورد تجزیه‌وتحلیل قرارداد. ثانیا با توجه به افزایش پیچیدگی از روش‌های آماری به‌کاربرده در ژنتیک سیمای سرزمین، نیاز به افزایش قدرت رایانه و درنهایت حتی می‌تواند تا حد امکان در حد رایانه‌های امروزی باشد این مشکل زمانی بیش ترمی شود که از مقیاس‌های بزرگ‌تری استفاده گردد. ثالثاً، از آن سؤال‌برانگیز آن است که بتوان نتایج گونه‌ها در زیستگاه خاص را بتوان به جمعیتی از همان‌گونه در زیستگاه‌های مشابه و یا حتی به دیگرگونه با رفتار پراکندگی مشابه تعمیم داد. چهارم، اطلاعات ژنتیکی به‌ندرت در دسترس است و باید به‌طور خاص برای هر مطالعه به دست آورد. مکان داده‌ها، اگرچه اغلب در منابع مختلف در دسترس است، اما اغلب با دقت کافی برای تجزیه‌وتحلیل در مقیاس کوچک وجود ندارد. پیشنهاد می‌گردد که کاربرد روش‌های مختلف ژنتیک سیمای سرزمین را الگوسازی کرد و کار با آن ساده باشد، درنتیجه، باعث افزایش فراوانی آن‌ها در استفاده از طراحی و کنترل حفاظت شود. روش ژنتیک سیمای سرزمین حتی می‌تواند به یک برنامه استاندارد برای برنامه‌ریزی مکانی بکار رود که به کمک آن می‌توان برآورد کرد که کجا عناصر سیمای سرزمین جدید دارای کم ترین اثر احتمالی بر محیط‌زیست را دارد. علاوه بر این، در ترکیب با مدل‌های آب‌وهوا، ژنتیک سیمای سرزمین ممکن است ارتباط آینده جمعیت تحت تأثیر تغییرات آب‌وهوا را پیش‌بینی و موردبررسی قرار دهد. دانش به‌دست‌آمده از مطالعات ژنتیک سیمای سرزمین گونه‌ها می‌توان به‌منظور طراحی و یا پیدا کردن یک سیمای سرزمین مناسب برای گونه‌ها مورداستفاده قرار گیرد. به‌طورکلی برای ما روشن است که ژنتیک سیمای سرزمین یکی مباحث مهم در حفاظت و مدیریت زیستگاه‌ها و گونه‌ها است؛ و تغییر کاربردی اراضی و از بین رفتن بخشی از زیستگاه‌ها ارتباط میان جمعیت‌های مختلف گونه‌ها را قطع می‌کند و به دنبال آن مسایل ژنتیکی اکولوژیکی را برای گونه‌های به وجود می‌آورد. کاربرد این دانش در بررسی عوامل مؤثر بر محیط گونه‌ها ازجمله عوامل اکولوژیکی و ژنتیکی بر روی تمام گونه‌ها ازجمله حشرات،گیاهان،ماهی‌ها، دوزیستان، خزندگان، پرندگان و پستانداران می‌تواند پرکاربرد باشد؛ و به ما در مدیریت و حفاظت بیش تر زیستگاه‌ها، حفظ کریدورهای ارتباطی، نحوه مدیریت مناطق حفاظت‌شده و حفظ مناطق کلیدی، حفظ گونه‌های درخطر انقراض کمک کند.

منابع

1. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL Landscape genetics: making the invisiblevisible2012 https://www.wsl.ch/en.html
2. Manel S, Schwartz M, Luikart G, Taberlet P. 2003. Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. Trend in Ecology and Evolution 18(4):189-197.
3. Holderegger R, &Helene H. Wagner 2006 A brief guide to Landscape Genetics
4. Keller D, Van Strien MJ, Ghazoul J, Holderegger R. 2012a. Landscape genetics of insects in intensive agriculture: new ecological insights.
5. Turner, M.G. R. H. Gardner and R. V. O'Neill 2001. Landscape Ecology in Theory and Practice. Springer-Verlag, New York, Ny, usa
6. Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
7. Malekian, M. Hemami, H.R. (2012) Fundamentals of conservation biology
8. Emaresi G, Pellet J, Dubey S, Hirzel AH, Fumagal i L. 2011. Landscape genetics of the Alpine newt (Mesotriton alpestris) inferred from a strip-based approach. Conservation Genetics 12:41-50
9. Segelbacher G, Cushman SA, Epperson BK, Fortin MJ, Francois O, Hardy OJ, Holderegger R, Taberlet P, Waits LP, Manel S. 2010. Applications of landscape genetics in conservation biology: concepts and chal enges. Conserv Genet 11:375-385.
10. Kamm U, Gugerli F, Rotach P, Edwards P, Holderegger R. 2010. Open areas in a landscape enhance pollen-mediated gene flow of a tree species: evidence from northern Switzerland. Landscape Ecology 25:903-911.
11. Malekian, M.2010. Molecular ecology. Iranian Academic Center for Education،Culture & Reserech Mashhad
12. Naghavi, M. Ghareyazie, B. |Hosseini Salekdeh, G.H. (2005) Molecular Markers.Tehran University Press. P.320
13. Braunisch V, Segelbacher G, Hirzel A. 2010. Modelling functional landscape connectivity fromgenetic population structure: a new spatially explicit approach. Molecular Ecology 19:3664-3678
14. Murphy MA, Evans JS, Storfer A. 2010. Quantifying Bufo boreas connectivity in Yellowstone National Park with landscape genetics. Ecology 91(1):252-261.
15. Angelone S. 2010. Are differences in fitness traits related to genetic clusters? An empirical test on the European tree frog. Biological Conservation 143(2):471-478.
16. Apodaca JJ, Rissler LJ, Godwin JC. 2012. Population structure and gene flow in a heavily disturbed habitat: implications for the management of the imperilled Red Hills salamander (Phaeognathus hubrichti). Conserv Genet 13:913-923
17. Bonte D, Breyne P, Brys R, Peña E, D'hondt B, Ghyselen C,

Vandegehuchte ML, Hoffmann M. 2012. Landscape Dynamics Determine the Small-Scale Genetic Structure of an Endangered Dune Slack Plant Species. Journal of Coastal Research 28(4):780-786.

18. Pavlova A, Amos JN, Goretskaia MI, Beme IR, Buchanan KL, Takeuchi N, Radford JQ, Sunnucks P. 2012. Genes and song: genetic and social connections in fragmented habitat in a woodland bird with limited dispersal. Ecology 93(7):1717-1727
19. Castilho CS, Marins-Sá LG, Benedet RC, Freitas TO. 2011. Landscape genetics of mountain lions (Puma concolor) in southern Brazil. Mammalian Biology 76:476-483.
20. Cushman S.A, McKelvey K.S, Schwartz M.K. 2009. Use of Empirically Derived Source-Destination Models to Map Regional Conservation Corridors. Conservation Biology 23:368-376.
21. Coulon A, Guil ot G, Cosson JF, Angibault JMA, Aulagnier S, Cargnelutti B, Galan M, Hewison AJM. 2006. Genetic structure is influenced by landscape features: empirical evidence from a roe deer population. Molecular Ecology 15:1669-1679
22. Braunisch V, Segelbacher G, Hirzel A. 2010. Modelling functional landscape connectivity fromgenetic population structure: a new spatially explicit approach. Molecular Ecology 19:3664-3678
23. Coulon A, Guillot G, Cosson JF, Angibault JMA, Aulagnier S, Cargnelutti B, Galan M, Hewison AJM. 2006. Genetic structure is influenced by landscape features: empirical evidence from a roe deer population. Molecular Ecology 15:1669-1679.
24. Raeymaekers JAM, Maes GE, Geldof S, Hontis I, Nackaerts K, Volckaert FAM. 2008. Modeling genetic connectivity in sticklebacks as a guideline for river restoration. Evolutionary Applications ISSN:1752-4571.
25. Faulks LK, Gilligan DM, Beheregaray LB. 2011. The role of anthropogenic vs. natural in-stream structures in determining connectivity and genetic diversity in an endangered freshwater fish, Macquarie perch (Macquaria australasica). Evolutionary Applications 4:589-601.