نشریهٔ محیط زیست طبیعی، مجلهٔ منابع طبیعی ایران، دورهٔ ۶۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۲
صفحات ۳۷۶- ۳۶۵

غنا و تنوع گونه‌ای پرندگان در امتداد نیمرخ ارتفاعی دامنه‌های شمالی رشته‌کوه البرز (مطالعهٔ موردی جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود)

میترا شریعتی نجف‌آبادی[۱] ، محمد کابلی[۲*]
۱. کارشناس ارشد محیط‌زیست، گروه شیلات و محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲. عضو هیئت علمی گروه شیلات و محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۲/۲۶)

چکیده

کاهش یکنواخت غنا و تنوع گونه‌ای همراه با افزایش ارتفاع برای مدت‌ها الگوی کلی مورد پذیرش بوم‌شناسان بود، اما پژوهش‌های اخیر رابطه‌ای زنگوله‌ای با حداکثر تعداد گونه در ارتفاعات میانه را به‌مثابهٔ الگوی غالب پیشنهاد می‌کند. این تحقیق به‌منظور بررسی رابطهٔ غنا و تنوع گونه‌ای پرندگان و ارتفاع در امتداد نیمرخ ارتفاعی دامنه‌های شمالی رشته‌کوه البرز و به‌طور موردی در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود انجام گرفت. منطقهٔ مورد مطالعه براساس جوامع گیاهی موجود به شش طبقهٔ ارتفاعی از ۸۰ تا ۲۲۰۰ متر طبقه‌بندی و تعداد ۱۶۳ واحد نمونه‌برداری به‌روش اشکوب‌بندی- تصادفی در این طبقات مستقر شدند. حداقل فاصله بین واحدهای نمونه‌برداری ۲۵۰ متر و در فاصلهٔ حداقل ۲۵ متری از حاشیه توده‌های جنگلی درنظر گرفته شد. نمونه‌برداری در میانهٔ فصل بهار و از طلوع خورشید تا ساعت ۱۰ صبح و به‌روش بی‌تحرکی و انتظار و به‌مدت ۱۰ دقیقه برای هر واحد نمونه‌برداری و با استفاده از روش شمارش نقطه‌ای با شعاع نامحدود انجام شد.بر اساس نتایج، غنا و تنوع گونه‌ای پرندگان با تغییر ارتفاع تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد. همچنین، نتایج حاصل از رگرسیون غیرخطی نشان می‌دهد که غنا و تنوع گونه‌ای پرندگان در این ناحیه با ارتفاع از سطح دریا از الگوی زنگوله‌ای پیروی می‌کند و در ارتفاعات میانه به بیشترین مقدار خود می‌رسد. این نتایج اهمیت توجه بیشتر به جوامع جنگلی موجود در میان بندهای نیمرخ شمالی البرز و لزوم رعایت ملاحظات زیست‌محیطی در اقدامات جنگلداری و بهره‌برداری در این دامنه از ارتفاعات را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی

دامنه‌های شمالی البرز، رابطهٔ زنگوله‌ای، غنا و تنوع گونه‌ای پرندگان، نیمرخ ارتفاعی.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۳۰۴۴
Email: mkaboli@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

تغییر در غنا و تنوع گونه‌ای در ارتباط با تغییر در عرض جغرافیایی توجه متخصصان زیادی را به خود جلب کرده بود، اما به‌تازگی توجه به رابطهٔ غنا و تنوع گونه‌ای با تغییرات ارتفاعی مورد توجه بوم‌شناسان جانوری قرار گرفته است. Rahbek (1995) مقالات متعددی را در این خصوص مرور کرد و به این نتیجه رسید که در اغلب پژوهش‌ها بیشترین غنای گونه‌ای در ارتفاعات پایین‌تر مشاهده می‌شود. با وجود این، پژوهش‌های زیادی نیز بیشترین غنای گونه‌ای را در ارتفاعات میانه ثبت کرده‌اند. در این رابطه، دو الگوی کلی شامل کاهش یکنواخت غنای گونه‌ای با افزایش ارتفاع (Mac Arthur, 1965; Stevens, 1992) و همچنین افزایش غنای گونه‌ای تا ارتفاعات میانه و سپس کاهش تدریجی آن به‌سمت ارتفاعات بالاتر (رابطهٔ زنگوله‌ای) ارائه شده است (Rahbek, 1995). برای بررسی این نظریه‌ها پژوهش‌های گسترده‌ای انجام گرفته و نتایج آنها بروز هر دو الگوی ذکرشده را، بسته به گونه و زیستگاه مربوط، نشان داده است (Stevens, 1992; Rosenzweig, 1995; Rosenzweig & Abramsky, 1993; Rahbek, 1995; Brown, 1995; Terborgh, 1997; Brown & Lomolino, 1998).

به‌نظر می‌رسد موجودات زنده به‌طور مستقیم به تغییرات ارتفاعی پاسخ نمی‌دهند، بلکه به متغیرهای وابسته به آن واکنش نشان می‌دهند (Kattan & Franco, 2004). بنابراین، در تلاش برای یافتن این تغیرات، اغلب پژوهشگران تغییرات غنا و تنوع گونه‌ای را درمورد یک متغیر مستقل زیست‌محیطی زیستگاه نظیر مقدار تولیدات[1]، پیچیدگی[2]، تنوع[3]، استرس‌های زیست‌محیطی[4]، آشفتگی[5]، تنوع منابع[6] و یا رقابت[7] بین گونه‌های موجود در جامعهٔ مربوطه بررسی کرده‌اند (Heaney, 2001; Lomolino, 2001). با افزایش داده‌های تجربی و گسترش مدل‌سازی‌ها درخصوص تغییرات تنوع زیستی در امتداد شیب تغییرات متغیرهای مستقل زیست‌محیطی، مشخص شد که بسیاری از این فاکتورها فقط در مقیاس‌های وسیع (نه خردمقیاس‌ها) بروز می‌کنند (Brown, 2001; Lomolino, 2001).

از سوی دیگر، برخی متخصصان براساس "فرضیهٔ هم‌پوشی جوامع"[8] بیشترین غنا و تنوع گونه‌ای را مختص مناطقی می‌دانند که در آنها دو جامعهٔ جانوری مشخص با یکدیگر هم‌پوشی می‌کنند (Lomolino, 2001). درنهایت، چندین فرضیهٔ دیگر در مورد این رابطه ارائه شد که از آن جمله می‌توان به ویژگی‌های تاریخ طبیعی گونه نظیر مهاجرت[9]، انقراض[10] و گونه زایی[11] ارائه شده است (Myers & Giller, 1988; Lomolino, 2001).

به‌تازگی نظریهٔ " اثر میانه ناحیه"[12] درخصوص تفاوت غنای گونه‌ای مشاهده‌شده بین حاشیه‌ها و میانه نواحی ارائه شده است (Colwell & Hurtt, Lees, 2000; Colwell & 1994). درواقع، به‌سادگی می‌توان تصور کرد که صرف‌نظر از شیب تغییرات متغیرهای مستقل زیست‌محیطی در یک ناحیه، هم‌پوشی محدودهٔ پراکنش گونه‌های گوناگون با وسعت گوناگون در میانه‌های سرزمین، سبب می‌شود تا در این بخش بیشترین مقدار غنای گونه‌ای حاصل شود. بر این اساس، غنای گونه‌ای از کناره‌های قاره‌ها اندک‌اندک به‌سوی میانهٔ آنها افزایش و سپس مجدداً به‌سوی کناره‌ها کاهش می‌یابد و بنابراین، حالت زنگوله‌ای (مستقل از الگوی شیب تغییرات متغیرهای زیست‌محیطی) حاصل می‌شود.

تغییرات غنا و تنوع گونه‌ای در امتداد گرادیان ارتفاعی را می‌توان در دو سطح تنوع گاما[13] و آلفا[14] نشان داد. ازآنجاکه تنوع گاما با ترکیب اطلاعات حاصل از منابع گوناگون نظیر مقالات علمی، گزارش‌ها، داده‌های موجود، کلکسیون‌های علمی و نظایر آنها حاصل می‌شود، ممکن است سبب بروز خطا و چولگی

1. Productivity
2. Habitat complexity
3. Habitat diversity
4. Environnemental stress
5. Disturbance
6. Resource diversity
7. Competition
8. Community Overlap Hypothesis
9. Migration
10. Extinction
11. Speciation
12. Mid-domain Effect
13. Gama diversity
14. Alpha diversity

Archive of SID

www.SID.ir

در نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌ها شود (Rickart, 2001). از سوی دیگر، این سطح از تنوع و غنای گونه‌ای به‌شدت تحت تأثیر مساحت ناحیهٔ مورد مطالعه قرار دارد (Lomolino, 2001)، درحالی‌که غنای گونه‌ای آلفا از این محدودیت‌ها مستقل است و قادر است جزئیات غنای گونه‌ای را در واحدهای نمونه‌برداری در امتداد شیب تغییرات ارتفاع ناحیهٔ مورد مطالعه به‌خوبی نشان دهد (McCain, 2004).

جنگل‌های خزری در دامنه‌های شمالی رشته‌کوه البرز از ارتفاع نزدیک به سطح دریا شروع شده و تا ارتفاع حدود ۲۸۰۰ متر گسترش یافته است. این جنگل‌ها از نظر ظاهری شباهت زیادی به جنگل‌های پهن‌برگ مخلوط اروپای مرکزی دارند، ولی از نظر غنا و تنوع گونه‌ای بسیار غنی‌ترند (Marvi Mohajer, 2005). این جنگل‌ها از فون پرندگان چشمگیری برخوردارند که از نظر خویشاوندی به فون پرندگان پالئارکتیک غربی[1] شباهت دارند و به‌دشواری از فون پرندگان درختزارهای اروپای مرکزی تفکیک‌پذیرند (Majnunian *et al*., 2005).

ازآنجاکه تاکنون الگوی پراکنش جامعهٔ پرندگان در ارتباط با تغییرات ارتفاع در دامنه‌های نیمرخ شمالی البرز به انجام نرسیده و رابطهٔ بین غنا و تنوع گونه‌ای و تغییرات ارتفاع در این نواحی بررسی نشده، این پژوهش با هدف تعیین این رابطه در این ناحیه از کشور طراحی شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقهٔ مورد مطالعه

جنگل‌های شمال کشور به ۱۰۳ حوزهٔ آبخیز تقسیم شده‌اند و جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود به‌مثابهٔ زیرحوزه‌ای از حوزهٔ آبخیز ۴۵ جنگل‌های شمال کشور در فاصلهٔ ۱۰ کیلومتری شرق شهرستان نوشهر در استان مازندران واقع شده است. این منطقه در موقعیت '۲۷ °۳۶ تا '۴۰ °۳۶ عرض شمالی و '۳۲ °۵۱ تا '۴۳ °۵۱ طول شرقی قرار گرفته (Shataee Juybari, 2003) و از شمال به جلگهٔ مازندران، نوار ساحلی و روستای خیرود و از جنوب به ییلاقات و روستای کلیک محدود است و در ارتفاع حدود صفر تا ۲۲۰۰ متری از سطح دریا گسترش دارد (Sarmadian, 1988). مساحت این منطقه ۸۸۰۰ هکتار و رودخانهٔ خیرود زهکش اصلی آن است. این منطقه در تقسیم‌بندی طرح جنگلداری به هفت بخش تفکیک شده که عبارت‌اند از: پاتم، نمخانه، گرازبن، چلیر، بهاربن، منیاسنگ و دارنو (Shataee Juybari, 2003). به‌دلیل شیب بسیار تند در برخی نواحی این جنگل، این تحقیق به پنج بخش نخست آن محدود شد (شکل ۱).

۲.۲. روش نمونه‌برداری

۱.۲.۲. استقرار واحدهای نمونه‌برداری

ازآنجاکه ساختار جوامع گیاهی در چگونگی توزیع، غنای گونه‌ای و تراکم جمعیت‌های جانوری تأثیر زیادی دارد (Tokeshi, 1993)، شش جامعهٔ گیاهی گوناگون بهمثابهٔ اشکوب‌های متفاوت زیست‌محیطی در این تحقیق در نظر گرفته شدند (جدول ۱). سپس تعداد ۱۶۳ نقطهٔ نمونه‌برداری به‌روش تصادفی و به نسبت مساحت هریک از جوامع گیاهی موجود در منطقه مستقر شد (جدول۱). برای پرهیز از بروز خودهمبستگی مکانی[2] کمترین فاصله فاصله بین واحدهای نمونه‌برداری ۲۵۰ متر (Diaz, 2006) و همچنین برای حذف اثر حاشیه[3] حداقل در فاصلهٔ ۲۵ متری از حاشیهٔ توده‌های جنگلی (Mitchell *et al*., 2001) درنظر گرفته شد.

۲.۲.۲. شمارش پرندگان

نمونه‌برداری در میانهٔ فصل بهار (اردیبهشت ۱۳۸۸) و توسط یک نفر انجام گرفت تا خطای تفاوت دقت بین مشاهده‌گرها بروز نکند. مشاهده و ثبت پرندگان هر روز از طلوع خورشید تا ساعت ۱۰ صبح ادامه یافت و در شرایط آب و هوایی نامساعد (نظیر باران و باد شدید) یا دید محدود متوقف شد (Bibby *et al*., 1992). برای شمارش پرندگان از روش شمارش نقطه‌ای با شعاع نامحدود[4] (Selmi *et al*., 2003) و برای ثبت پرندگان از روش بی‌تحرکی و انتظار[5] استفاده شد. مشاهده‌گر ابتدا در مرکز هر نقطهٔ

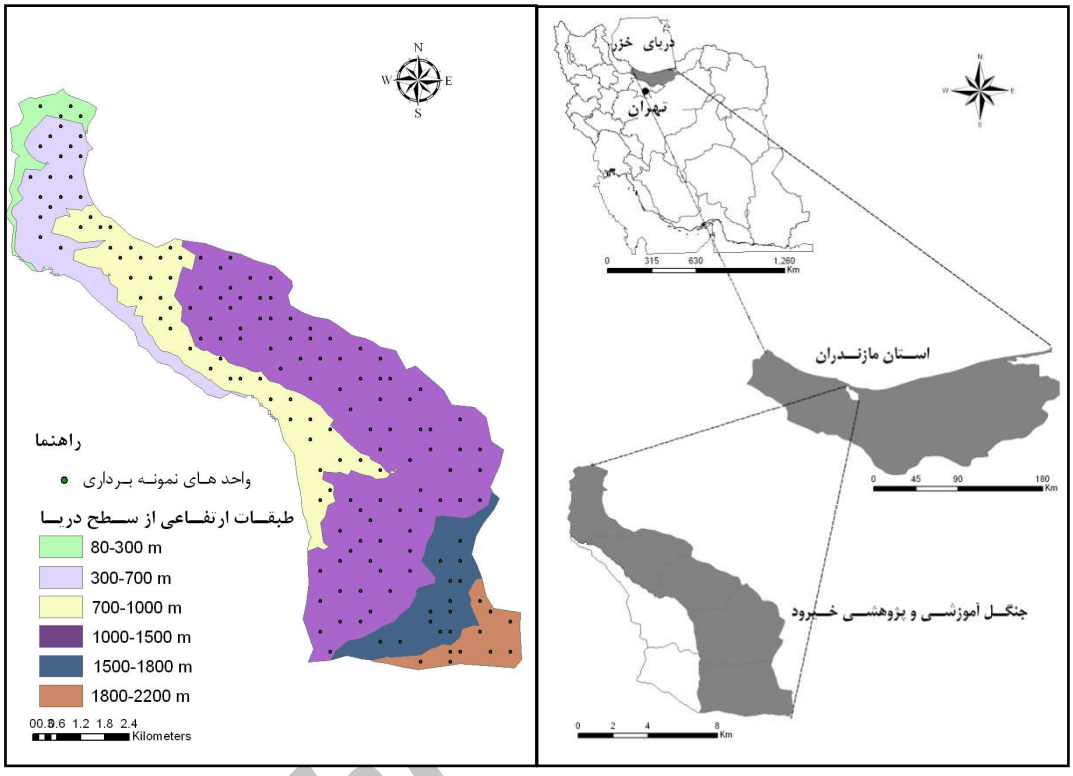
1. Western Palaearctic

2. Spatial autocorrelation
3. Edge effect
4. Unlimited radius point count
5. Sit and wait method

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه‌برداری به‌مدت یک دقیقه بی‌حرکت توقف می‌کرد (Rodewald &Yahner, 2001) و پس از بازگشت آرامش به منطقه، به‌مدت ۱۰ دقیقه (با حفظ سکوت کامل) به ثبت پرندگان (نوع گونه، تعداد آنها) اقدام می‌کرد (Kilgo *et al.*, 2002). تمامی پرندگان مشاهده‌شده یا شنیده‌شده در واحد نمونه‌برداری (به‌جز پرندگانی که در حال پرواز از فراز واحدهای نمونه‌برداری عبور می‌کردند) ثبت شدند (Kilgo *et al.*, 2002; Rodewald & Yahner, 2001).



شکل ۱. منطقهٔ مورد مطالعه همراه با واحدهای نمونه‌برداری واقع در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود در استان مازندران

جدول ۱. جوامع گیاهی موجود در منطقه (مهاجر، مذاکرات شخصی)، طبقات ارتفاعی مساحت هریک از جوامع و تعداد واحدهای نمونه‌برداری اختصاص‌یافته به هریک از این طبقات نسبت به مساحت آنها.

جامعهٔ گیاهی	طبقات ارتفاعی (متر)	مساحت (هکتار)	تعداد واحد نمونه‌برداری
پهن‌برگ مخلوط	۳۰۰-۸۰	۲۰۰	۴
ممرزستان (بلوط- ممرزستان)	۷۰۰-۳۰۰	۷۱۶	۱۷
ممرز- راشستان	۱۰۰۰-۷۰۰	۱۱۳۷	۳۷
راشستان تیپ	۱۵۰۰-۱۰۰۰	۳۱۵۴	۸۲
راشستان	۱۸۰۰-۱۵۰۰	۵۶۴	۱۳
لورستان	۲۲۰۰-۱۸۰۰	۲۹۷	۱۰

۳.۲. تجزیه و تحلیل آماری

تعداد گونهٔ پرندگان شناسایی‌شده در هریک از واحدهای نمونه‌برداری غنای گونه‌ای آلفا درنظر گرفته شد (DeGraaf *et al.*, 1997). برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای پرندگان از فرمول شانون- وینر[1] استفاده شد (Krebs 1999):

1. Shanon-Weaner index

www.SID.ir

رابطه ۱)
$$H = \sum_{i=1}^{S} Pi \log_2 P_i$$

در رابطهٔ ۱، H شاخص تنوع گونه‌ای پرندگان، S تعداد گونه‌های پرندهٔ موجود در منطقهٔ مورد مطالعه و Pi نسبت تعداد گونه I به تعداد کل گونه‌های پرندهٔ موجود در هر واحد نمونه‌برداری است. برای مقایسهٔ غنای گونه‌ای پرندگان بین طبقات گوناگون ارتفاعی از تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه[1] استفاده شد و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین داده‌ها، برای تعیین گروه‌های دارای اختلاف، از آزمون مقایسهٔ میانگین توکی[2] استفاده شد (Daiz, 2006). برای بررسی رابطهٔ بین غنا و تنوع گونه‌ای با ارتفاع، از مدل تعمیم‌یافتهٔ خطی (GLM)[3] از مدل درجهٔ دو رگرسیون غیرخطی به معادلهٔ ($Y = a + bX + cX^2$) و در صورتنبودن رابطهٔ معنی‌دار ($P>0.05$)، برای تعیین چگونگی ارتباط غنا و تنوع گونه‌ای با ارتفاع (مثبت، منفی یا غیرمعنی‌دار) از مدل خطی استفاده شد (Ding *et al.*, 2005). همچنین، برای بررسی نرمال‌بودن داده‌ها از آزمون کولمورگف- اسمیرنف[4] و برای بررسی فرض همگنی واریانس‌ها از آزمون‌های لیون[5] و بارتلت[6] استفاده شد (Bihamta & Zare Chahouki, 2008). تمامی تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 16 و MINITAB 13 انجام گرفت.

۳. نتایج

۱.۳. پرندگان شناسایی‌شده

درمجموع، طی نمونه‌برداری‌ها، ۲۰ گونه پرنده شناسایی و ثبت شد که فهرست اسامی آنها در پیوست ۱ آورده شده است. بیشترین پرندگان شناسایی‌شده در منطقه متعلق به راستهٔ گنجشک‌سانان (Passeriformes) و در بین خانواده‌های این راسته به خانوادهٔ توکاها (Turdidae) با چهار گونه مربوط بوده‌اند. سارگپه (*Buteo buteo*)، متعلق به راستهٔ عقاب‌شکلان (Accipitriformes)، اغلب اوقات در حال پرواز و عبور از واحدهای نمونه‌برداری ثبت شده بود و بنابراین، از محاسبات کنار گذاشته شد.

۲.۳. رابطهٔ غنای گونه‌ای پرندگان با تغییرات ارتفاع

نتایج نشان می‌دهد که میانگین غنای گونه‌ای پرندگان در طبقات ارتفاعی مورد مطالعه از ۵.۳ (۸۰۰ تا ۳۰۰ متر) تا ۹.۸ (۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ متر) متغیر بوده است. براساس نتایج تجزیهٔ واریانس غنای گونه‌ای پرندگان در این ناحیه بین طبقات ارتفاعی ذکرشده تفاوت معنی‌داری دارد ($F_{5, 157} = 4.36$; $P = 0.001$). آزمون توکی نشان داد که میانگین غنای گونه‌ای پرندگان اختلاف معنی‌داری بین طبقهٔ ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ متر با بقیهٔ طبقات دارد (جدول ۲).

جدول ۲. خلاصهٔ تجزیهٔ واریانس غنای گونه‌ای پرندگان در ارتباط با طبقات ارتفاعی در واحدهای نمونه‌برداری مورد بررسی. تفاوت‌های معنی‌دار بین این طبقات ارتفاعی با آزمون post-hoc (Tukey ; level : 0.05) بررسی و به‌صورت قراردادی با a یا b نشان داده شده است (در صورت نبودن تفاوت معنی‌دار بین دو مقدار مورد مقایسه، سمبل یکسان است و در صورت وجود تفاوت معنی‌دار در سطح مربوطه سمبل‌ها متفاوت‌اند). میانگین غنای گونه‌ای پرندگان در طبقهٔ ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ متر با سایر طبقات ارتفاعی تفاوت معنی‌داری نشان داد.

N	۱۶۳
F	۴/۳۶
P-value	۰/۰۰۱
df	۱۵۷
طبقات ارتفاعی (متر)	میانگین غنای گونه‌ای
۸۰-۳۰۰	۵/۳ (a)
۳۰۰-۷۰۰	۶/۸ (a)
۷۰۰-۱۰۰۰	۷/۶ (a)
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۷/۸ (a)
۱۵۰۰-۱۸۰۰	۹/۸ (b)
۱۸۰۰-۲۰۰۰	۷/۰ (a)

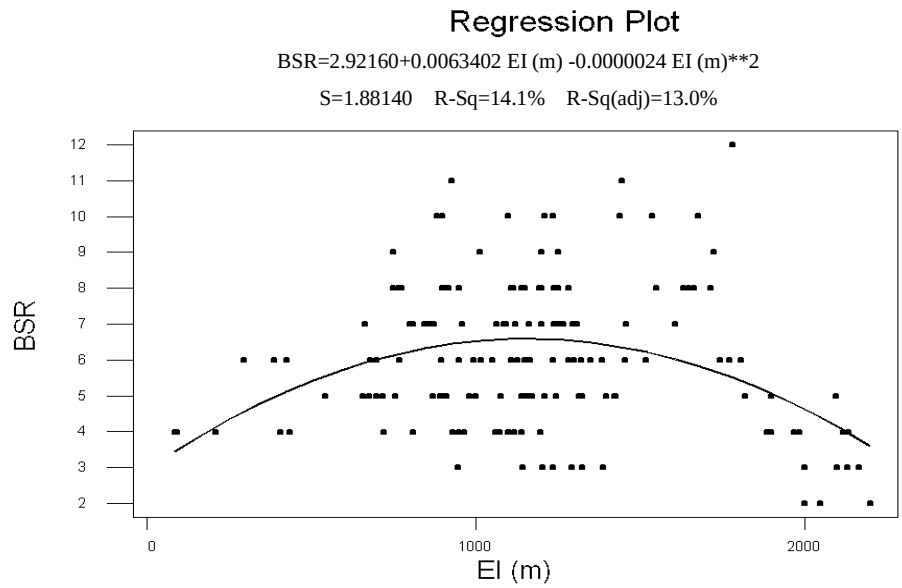
نتایج حاصل از رگرسیون غیرخطی درجهٔ دو نیز نشان می‌دهد که ارتباط معنی‌داری بین غنای گونه‌ای با ارتفاع وجود دارد (جدول ۳). همچنین، شکل ۲ نشان می‌دهد که غنای گونه‌ای پرندگان از الگویی زنگوله‌شکل[7] در ارتباط با ارتفاع پیروی می‌کند. بر این اساس، غنای

1. One-way analyses of variance
3. Tukey test
3. Generalized linear model
4. Kolmorogov-Smirnov
5. Levene test
6. Bartlet test
7. Humped-shaped

Archive of SID

www.SID.ir

گونه‌ای هم‌زمان با افزایش ارتفاع از سطح دریا روندی افزایشی از خود نشان می‌دهد و در ارتفاع میانه به بیشترین مقدار خود می‌رسد و سپس از حدود ارتفاع میانه تا ارتفاع ۲۲۰۰ متر روند کاهشی به خود می‌گیرد.



شکل ۲. نمودار حاصل از رابطهٔ بین غنای گونه‌ای پرندگان (BSR) در برابر ارتفاع از سطح دریا (EL). غنای گونه‌ای رابطه‌ای زنگوله‌ای با ارتفاع نشان داد. این نمودار براساس معادلهٔ حاصل از رگرسیون غیرخطی درجهٔ دو ترسیم شده است.

جدول ۳. نتایج تجزیهٔ واریانس رگرسیون غیرخطی درجهٔ دو (۳a) و ضریب تشخیص رابطهٔ رگرسیون همراه معادلهٔ رابطهٔ رگرسیون (۳b) برای رابطهٔ بین غنای گونه‌ای پرندگان (BSR) و ارتفاع از سطح دریا (EL)

۳a. تجزیهٔ واریانس رگرسیون غیرخطی درجهٔ دو

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	درجهٔ معنی‌داربودن آزمون (Sig)
رگرسیون	۲	۹۲/۸۸	۴۶/۴۴	۱۳/۱۲	۰/۰۰۰
اشتباه	۱۶۰	۵۶۶/۳۴	۳/۵۳		
کل	۱۶۲	۶۵۹/۲۲۷			

۳b. ضریب تشخیص رابطهٔ رگرسیون همراه معادلهٔ رابطهٔ رگرسیون

معادلهٔ رگرسیون	اشتباه معیار	Adjusted R2	ضریب تشخیص (R2)
$BSR = 2.92 + 0.0063EL - 0.0000027EL^2$	۱/۸	۱۳	۱۴/۱

۳.۳. رابطهٔ تنوع گونه‌ای پرندگان با تغییرات ارتفاع

براساس نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس تنوع گونه‌ای پرندگان در این ناحیه بین طبقات ارتفاعی ذکرشده تفاوت معنی‌داری دارد ($F_{5, 157}= 20.11$; $P= 0.000$). آزمون توکی نشان داد از نظر تنوع گونه‌ای اختلاف معنی‌داری بین طبقهٔ ۸۰-۳۰۰ متر با طبقات ۷۰۰-۱۰۰۰ و ۱۵۰۰-۱۸۰۰ متر وجود دارد. طبقهٔ ۳۰۰-۷۰۰ متر اختلاف معنی‌داری با طبقات ۱۵۰۰-۱۸۰۰ و ۱۸۰۰-۲۲۰۰ متر، طبقهٔ ۷۰۰-۱۰۰۰ اختلاف معنی‌داری با طبقات ۸۰-۳۰۰ و ۱۸۰۰-۲۲۰۰ متر داشتند. همچنین، طبقهٔ ۱۰۰۰-۱۵۰۰ متر با طبقات ۱۵۰۰-۱۸۰۰ و ۱۸۰۰-۲۲۰۰ متر، طبقهٔ ۱۵۰۰-۱۸۰۰ متر با تمامی طبقات ارتفاعی به‌جز طبقه ۷۰۰-۱۰۰۰ متر و طبقهٔ ۱۸۰۰-۲۲۰۰ متر با تمامی طبقات ارتفاعی به‌جز طبقهٔ ۸۰-۳۰۰ متر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴).

Archive of SID

www.SID.ir

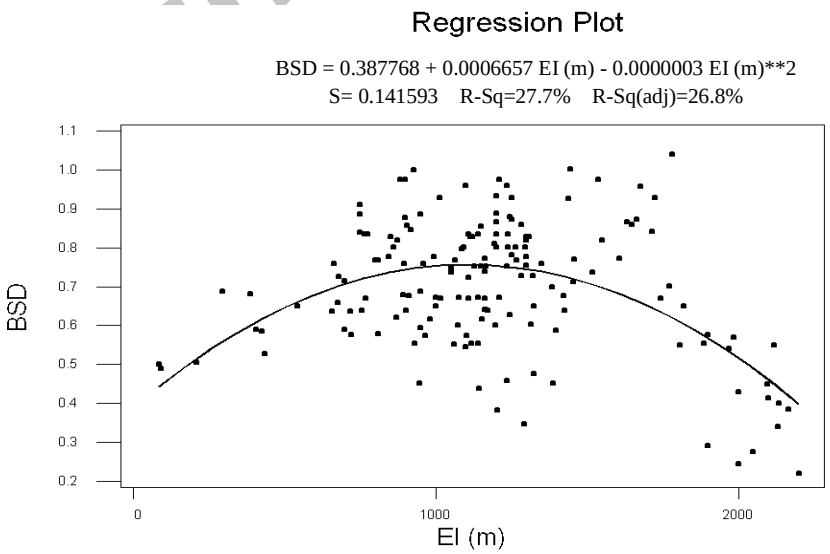
جدول ۴. خلاصهٔ تجزیهٔ واریانس تنوع گونه‌ای پرندگان در ارتباط با طبقات ارتفاعی در واحدهای نمونه‌برداری مورد بررسی. تفاوت‌های معنی‌دار بین این طبقات ارتفاعی با آزمون post-hoc (Tukey ; level : 0.05) بررسی و به‌صورت قراردادی با a ، b ، c، d، e و f نشان داده شده است. (سمبل‌های a ، b ، c، d، e و f به‌ترتیب به طبقات ارتفاعی ۸۰-۳۰۰، ۳۰۰-۷۰۰، ۷۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۱۸۰۰ و ۱۸۰۰-۲۲۰۰ متر اختصاص داده شده است. در صورت نبودن تفاوت معنی‌دار بین دو مقدار مورد مقایسه، سمبل یکسان است و در صورت وجود تفاوت معنی‌دار در سطح مربوطه سمبل‌ها متفاوت‌اند. برای مثال، طبقات دارای سمبل a از نظر تنوع گونه‌ای تفاوت معنی‌داری با طبقهٔ ۸۰-۳۰۰ متر ندارند و طبقاتی که سمبل b دارند از این نظر تفاوتی با طبقهٔ ۳۰۰-۷۰۰ متر ندارند).

N	۱۶۳
F	۲۰/۱۱
P-value	۰/۰۰۰
df	۱۵۷
طبقات ارتفاعی (متر)	میانگین تنوع گونه‌ای
۸۰-۳۰۰	۰/۵۴ (a)
۳۰۰-۷۰۰	۰/۶۴ (a,b)
۷۰۰-۱۰۰۰	۰/۷۵ (b,c)
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۰/۷۲ (a,b,c,d)
۱۵۰۰-۱۸۰۰	۰/۸۵ (c,e)
۱۸۰۰-۲۰۰۰	۰/۴۳ (a,f)

نتایج حاصل از رگرسیون غیرخطی درجهٔ دو نیز نشان می‌دهد که بین تنوع گونه‌ای با ارتفاع ارتباط معنی‌درای وجود دارد (جدول ۵). همچنین، شکل ۳ نشان می‌دهد که تنوع گونه‌ای پرندگان در نیمرخ ارتفاعی این منطقه از الگوی زنگوله‌ای پیروی می‌کند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که ارتفاعات میانه (۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ متر) در امتداد نیمرخ ارتفاعی دامنه‌های شمالی البرز در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود (شهرستان نوشهر در استان مازندران)، در مقایسه با ارتفاعات پایین‌تر و بالاتر این جنگل، از بیشترین غنا و تنوع گونه‌ای پرندگان برخوردار است. درواقع، غنا و تنوع گونه‌ای با افزایش ارتفاع از مناطق پایین‌دست به ارتفاعات متوسط به‌طور تدریجی افزایش می‌یابد و پس از رسیدن به این ارتفاعات، به‌صورت معنی‌داری با افزایش ارتفاع به مناطق بالادست کاهش می‌یابد که با نتایج پژوهش‌های متعددی در این خصوص مطابقت دارد (Herzog *et al*., 2005; Lee *et al*., 2004; Fernandes & Price, 1988; McCoy, 1990; Kearns, 1992; Rahbek, 1995). این یافته تأییدی بر نتایج Rahbek (1995) است که اعلام کرد رابطهٔ غنای گونه‌ای و ارتفاع،



شکل ۳. نمودار حاصل از رابطهٔ بین تنوع گونه‌ای پرندگان (BSD) در برابر ارتفاع از سطح دریا (EL). تنوع گونه‌ای رابطه‌ای زنگوله‌ای با ارتفاع نشان داد. این نمودار براساس معادلهٔ حاصل از رگرسیون غیرخطی درجهٔ دو ترسیم شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس رگرسیون غیرخطی درجهٔ دو (۴a) و ضریب تشخیص رابطهٔ رگرسیون همراه معادلهٔ رابطهٔ رگرسیون (۴b) برای رابطهٔ بین تنوع گونه‌ای پرندگان (BSD) و ارتفاع از سطح دریا (EL)

۵a. تجزیهٔ واریانس رگرسیون غیرخطی درجهٔ دو

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	درجهٔ معنی‌داربودن آزمون (Sig)
رگرسیون	۲	۱/۲۲	۰/۶۱	۳۰/۵۹	۰/۰۰۱
اشتباه	۱۶۰	۳/۲۰	۰/۰۲		
کل	۱۶۲	۴/۴۳			

۵B. ضریب تشخیص رابطهٔ رگرسیون همراه معادلهٔ رابطهٔ رگرسیون

معادلهٔ رگرسیون	اشتباه معیار	Adjusted R2	ضریب تشخیص (R2)
$BSR = 0.39 + 0.0006657EL - 0.0000003EL^2$	۰/۱۴	۲۶/۸	۲۷/۷

آن‌گونه‌که بسیاری از بوم‌شناسان معتقدند، خطی نیست و در ارتفاعات میانه به بیشترین مقدار خود می‌رسد. از سوی دیگر، این نتیجه برخلاف نتایج حاصل از تحقیق Sergio وPedrini (2007) در رشته‌کوه‌های آلپ واقع در کشور ایتالیا است که نشان داد بین غنای گونه‌ای و ارتفاع رابطهٔ معکوسی وجود دارد و در ارتفاعات پایین به بیشترین مقدار خود می‌رسد.

کاهش غنای گونه‌ای در ارتفاع پایین به عوامل متعددی ازجمله وجود آشفتگی‌های ایجادشده توسط انسان نسبت داده می‌شود (Jai, 1977). ارتفاعات پایین‌دست در جنگل خیرود نسبت به نواحی بالادست مورد دخل و تصرف انسانی بیشتر قرار گرفته و از آرامش و امنیت کمتری برخوردار است که از آن جمله می‌توان به قطع درختان، جاده‌سازی‌های متعدد، رفت و آمدهای روزانهٔ ماشین‌آلات سبک و سنگین، حضور گردشگران، شکار و احداث گاوسراها اشاره کرد. افزایش چنین تعارضاتی در ارتفاعات پایین‌دست برای برخی گونه‌های خجالتی، منزوی و حساس نظیر سسک چیفچاف (Phylloscopus collybita) و مگس‌گیر سینه‌سرخ (Ficedula parva) تحمل‌ناپذیر است و سبب جابه‌جایی به ارتفاعات بالاتر می‌شود.

همچنین، به عقیدهٔ برخی پژوهشگران، به‌حداکثررسیدن تعداد گونه‌های جانوران در ارتفاعات میانه ناشی از افزایش قابلیت تولید در این ارتفاعات است. افزایش فتوسنتز به‌دلیل درجهٔ حرارت مناسب در طول روز و کاهش شدت تنفس گیاهان به‌دلیل سرمای عصر سبب به‌حداکثررسیدن تولیدات گیاهی در این محدوده ارتفاعی می‌شود و در پی آن حشرات، مهره‌دارها و بی‌مهره‌های متعددی در منطقه حضور خواهند یافت (Janzen, 1973; Janzen *et al*., 1976).

از سوی دیگر، پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که غنا و تنوع گونه‌های گیاهی عاملی مهم و اثرگذار بر غنا و تنوع گونه‌های جانوری است (Rahbek, 1995; Daize *et al*., 2006). ارتفاع ۱۵۰۰ متر در جنگل خیرود به یال هشتاد تن منتهی می‌شود و از غنا و تنوع گونه‌های گیاهی چشمگیری برخوردار است. همچنین، این ناحیه بوم کشینه[1] میان دامنه‌های شمالی و جنوبی البرز است؛ به‌نحوی‌که بسیاری از گونه‌های گیاهی مختص دامنه‌های جنوبی البرز در این ناحیه نیز دیده می‌شوند (اعتماد، مذاکرات شخصی). تنوع گونه‌های گیاهی منابع غذایی و همچنین خردزیستگاه‌های متعددی را برای انواع حشرات و گونه‌های جانوری مهره‌دار و بی‌مهره فراهم می‌آورد و این امر را می‌توان یکی از دلایل افزایش غنای گونه‌ای پرندگان در این ارتفاعات تلقی کرد.

همچنین، وجود سنگ مادر آهکی شکافدار در قسمت‌های پایین‌دست سری چلیر (از ارتفاع ۱۳۰۰ متر به پایین) سبب خارج‌شدن منابع آب از دسترس و درنتیجه کاهش تعداد چشمه‌های موقت و دائمی شده است. درحالی‌که از این ارتفاع به بالا با افزایش تعداد

1. Ecotone

Archive of SID

www.SID.ir

چشمه‌ها، نهرها و رودخانه‌ها، منابع آبی کافی برای جوامع جانوری منطقه می‌شود (اعتماد، مذاکرات شخصی). ازآنجاکه وجود ذخایر آبی از علت‌های مهم افزایش غنا و تنوع گونه‌های جانوری است (Rahbek, 1995; Hawkins *et al*., 2003; Daize *et al*., 2006)، می‌توان این عامل را نیز در افزایش غنای گونه‌ای پرندگان در ارتفاعات میانه در این منطقه مؤثر دانست.

اگرچه نظریهٔ "اثر میانه ناحیه" در ابتدا با برخی مدل‌سازی‌های ریاضی آزموده شد و موافقان زیادی پیدا کرد (Jetz & Rahbek, 2001; Grytnes &Vetaas, 2002; Laurie & Silander, 2002)، به‌تازگی برخی متخصصان نگاه انتقادآمیزی به این نظریه نشان داده‌اند و مثال‌های متضادی برای رد آن ارائه کرده‌اند (Hawkins & Diniz-Filho, 2002; Zapata *et al*., 2003; Zapata *et al*., 2005). از سوی دیگر، این نظریه برای نشان‌دادن الگوی تغییرات غنای گونه‌ای در مقیاس‌های وسیع (نظیر قاره‌ها و یا اقالیم حیاتی) به‌کار برده شده و بر این اساس به‌نظر نمی‌رسد این نظریه برای دامنهٔ ارتفاعی کوچکی در منطقهٔ مورد مطالعه از ۸۰ تا ۲۲۰۰ متر صادق باشد.

ازآنجاکه پرندگان شاخص سلامت بوم‌سازگان‌های طبیعی محسوب می‌شوند و همچنین، به‌دلیل داشتن تحرک زیاد و قلمرو وسیعی که طی چرخهٔ زندگی خود اشغال می‌کنند، نمایهٔ مناسبی برای تعیین ارتباط بین جوامع جانوری و پوشش گیاهی در محیط‌های جنگلی و شاخص خوبی نیز برای کیفیت محیط‌اند (Marchetti, 2004). بنابراین، درمجموع می‌توان گفت که نتایج این تحقیق بر ضرورت حفاظت بیشتر از جنگل‌های میان بند خزری به‌منظور حفظ تنوع گونه‌ای گیاهان و جانوران دامنه‌های شمالی رشته‌کوه البرز و همچنین بر اهمیت توجه و حفاظت از پرندگان برای مدیریت پایدار و بهینه جنگل تأکید دارد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از راهنمایی‌های آقایان دکتر محمود کرمی، افشین علیزاده شعبانی، وحید اعتماد، محمدرضا مروی مهاجر، پدرام عطارد و همچنین همکاری قرقبانان زحمتکش و کادر اداری و اجرایی جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود. اعتبار لازم برای اجرای این پژوهش از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه تهران فراهم شده است.

Reference

1. Bihamta, M. R., Zare Chahouki, M. A (2008) *Principle of Statistic for the natural resource science*, Tehran, University of Tehran Press, 300.
2. Bibby J.C., Burgess., N.D. Hill D.A., Mustoe, S.H. (1992) *Bird Census Techniques*, london, Academic Press, 302.
3. Brown, J.H (1995) *Macroecology*, University of Chicago Press, 284.
4. Brown, J.H (2001) "Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity," *Global Ecology and Biogeography*, 10: 101-109.
5. Brown, J.H., Lomolino, M.V (1998) Biogeography, Sinaur, 691.
6. Colwell, R.K., Lees, D.C (2000) "The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness," *Trends in Ecology and Evolution*, 15: 70-76.
7. Colwell, R.K., Hurtt, G.C (1994) "Nonbiological gradients in species richness and a spurious rapoport effect," *The American Naturalist*, 144: 570-595.
8. DeGraaf, R.M., Hestbeck, J.B. Yamasaki, M (1997) "Associations between breeding bird abundance and stand structure in the White Mountain, New Hampshire and Maine," *Forest Ecology and Managemnet*, 103: 217-233.
9. Diaz, I.A., Armesto., J.J., Reid., S., Sieving K.E., Willson, M.F (2006) "Linking forest structure and composition: avian diversity in successional forests of Chiloe Island, Chile," *Biogical Conservation*, 123: 91-101.

Archive of SID

www.SID.ir

10. Diaz, L (2006) "Influences of forest type and forest structure on bird communities in oak and pine woodlands in Spain," *Forest Ecology and Management*, 223: 54-65.

11. Ding, T., Yuan., H., Geng., S., Lin, Y. Lee, P (2005) "Energy flux, body size and density in relation to bird species richness along an elevational gradient in Taiwan," *Global Ecology and Biogeography*, 14: 299-306.

12. Fernandes, G.W. Price, P.W (1988) "Biogeographical gradients in galling species richness," *Oecologia*, 76: 161-167.

13. Grytnes, J.A., Vetaas, O.R (2002) "Species richness and altitude: a comparison between null models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal," *The American Naturalist*, 159: 294-304.

14. Hawkins, B.A., Diniz-Filho, J.A.F (2002) "The mid-domain effect cannot explain the diversity gradient of Nearctic birds," *Global Ecology and Biogeography*, 11: 419-426.

15. Hawkins, B.A., Field., R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guegan, J.F., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Mittelbach, G.G., Oberdorff, T. O'Brien, E.M., Porter, E.E., Turner, J.R.G (2003) "Energy, water, and broad-scale gepgraphicpatterns of species richness," *Ecology*, 84: 3105-3117.

16. Heaney, L.R (2001) "Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses," *Global Ecology and Biogeography*, 10: 15-39.

17. Herzog, S.K., Kessler M., & Bach, K (2005) "The elevational gradient in Andean bird species rchness at the local scale: a foothill peak and a high-elevation plateau," *Ecograophy*, 28: 209-222.

18. Jai, P (1977) "Study in ecological isolation of birds in Taiwan," Master Thesis, Tunghai University, Taichung.

19. Janzen, D.H (1973) "Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity," *Ecology*, 54: 687-708.

20. Janzen, D.H., Ataroff, M., Fariñas, M., Reyes, S., Rincon, N., Soler, A., Soriano P., Vera, M (1976) "Changes in the arthropod community along an elevational transect in the Venezuelan Andes," *Biotropica*, 8: 193-203.

21. Jetz, W., Rahbek, C (2001) "Geometric constraints explain much of the species richness pattern in African birds," Proceedings of *the National Academy of Sciences of the USA*, 98: 5661-5666.

22. Kattan, G.H., Franco, P (2004)" Bird diversity along elevational gradients in the Andes of Colombia: area and mass effects," *Global Ecology and Biogeography*, 13: 451-458.

23. Kearns, C.A (1992) "Anthophilous fly distribution across an elevation gradient," *The American Midland Naturlist*, 127: 172-182.

24. Kilgo, J.C., Gartner, D.L., Chapman, B.R., Dunning, J.B (2002) "A test of an expert-based bird-habitat relationship model in South Carolina," *Wildlife Society Bulletin*, 30(3): 783-793.

25. Krebs, C. J (2009) Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance, 6th ed. edition. Benjamin Cummings, San Francisco.

26. Laurie, H., Silander, J.A (2002) "Geometric constraints and spatial patterns of species richness: critique of range-based models," *Diversity and Distributions*, 8: 351-364.

27. Lee, P.F., Ding, T.S., Hsu, F.H., Geng, S (2004) "Breeding bird species richness in Taiwan: distribution on gradients of elevation, primary productivity and urbanization," *Journal of biogeography*, 31: 307-314.

28. Lomolino, M.V (2001) "Elevation gradients of species-density: historical and prospective views," *Global Ecology and Biogeography*, 10: 3-13.

29. MacArthur, R. H (1965) "Patterns of species diversity," *Biological Reviews*, 40: 510-533.

30. Henrik Madjnoonian, H., Hassanzadeh Kiabi, B., Danesh, M (2005) Readings in zoogeoraphy of Iran, Tehran, Department of Environment press, 371.

31. Marchetti, M (2004) *Monitoring and Indicators of Forest Biodiversiry in Europe-From Ideas to operationality*, European Forest Institute, 526.

32. Marvi Mohadjer, M (2006) *Silviculture*, Tehran, University of Tehran press, 387.

33. McCain, C.M (2004) "The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica," *Journal of Biogeography*, 31: 19-31.

34. McCoy, E. D (1990) "The distribution of insects along elevational gradients," *Oikos*, 58: 313-332.

35. Mitchell, M.S., Lancia, R.A., Gerwin, J.A (2001) "Using land scape –level data to predict the distribution of birds on a managed forest effect of scale," *Ecological Modelling*, 11(6): 1692-1708.

Archive of SID

www.SID.ir

36. Myers, A.A., Giller, P.S (1988) *Analytical biogeography*, London, Chapman and Hall, 578.

37. Rahbek, C (1995) "The elevational gradient of species richness:a uniform pattern?" *Ecography*, 18: 200-205.

38. Rickart, E.A (2001) "Elevational diversity gradients, biogeography and the structure of montane mammal communities in the intermountain region of North America," *Global Ecology and Biogeography*, 10: 77-100.

39. Rodewals, A.D. Yahner, R.H (2001) "Influence of landscape composition on avian community structure and associated mechanisms," *Ecology*, 82(12), 3493-3504.

40. Rosenzweig, M. L., Abramsky, Z (1993) "How are diversity and productivity related?" In: Ricklefs, R. and Schluter, D. (eds), *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*, University of Chicago Press, 52-65.

41. Rosenzweig, M.L (1995) *Species diversity in space and time*, Cambridge University Press, 436.

42. Sarmadian, F (1988) "Determination and study of part of Kheyrud forest soil; Morphology, physiochemical, Mineralogy, Making and Classification," Ms.c. thesis, Faculty of natural resources, University of Tehran, 108.

43. Selmi, S., Boulinier. T., Faivre, B (2003) "distribution and abundance patterns of newly colonizing species in Tunisian oases : the Common black bird," *Ibis*, 145: 681-688.

44. Sergio, F., Pedrini, P (2007) "Biodiversity gradients in the Alps: the overriding importance of elevation," *Biodiversity conserve*, 16: 3243-3254.

45. Shataee Juybari, S (2003) "Investigation on the possibility of Forest types mapping using satellite information," Ph.D. thesis. Faculty of natural resources, University of Tehran, 155.

46. Stevens, G.C (1992) "The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude," *The American Naturalist*, 140: 893-911.

47. Terborgh, J (1997) "Bird species diversity on an Andean elevational gradient," *Ecology*, 58: 1007-1019.

48. Tokeshi, M (1993) "Species abundance patterns and community structure," *Advance in Ecological Research*, 24: 111-188.

49. Zapata, F.A., Gaston K.J., Chown, S.L (2003) "Middomain models of species richness gradients: assumptions, methods and evidence," *Journal of Animal Ecology*, 72: 677-690.

50. Zapata, F.A., Gaston, K.J., Chown, S.L (2005) "The Mid-Domain Effect Revisited," *The American Nnaturalist*, 166 (5): 144-148.

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست ۱ . فهرست پرندگان شناسایی‌شده در منطقهٔ مورد مطالعه

نام فارسی	نام علمی	نام انگلیسی
سارگپهٔ معمولی	*Buteo buteo*	Buzzard
توکای باغی	*Turdus philomelos*	Song Thrush
کبوتر جنگلی	*Columba palumbus*	Wood pigeon
دارکوب سوری (باغی)	*Dendrocopos syriacus*	Syrian Woodpecker
الیکایی	*Troglodytes troglodytes*	Wren
سینه‌سرخ	*Erithacus rubecula*	Robin
دارکوب سبز	*Picus viridis*	Green Woodpecker
دارکوب سیاه	*Dryocopus maritus*	Black Woodpecker
توکای سیاه	*Turdos merola*	Blackbird
سسک چیفچاف	*Phylloscopus collybita*	Chiffchaff
مگس گیر سینه سرخ	*Ficedula parva*	Red-breastes Flycather
چرخ ریسک پس‌سر سفید	*Parus ater*	Coal Tit
چرخ ریسک بزرگ	*P. major*	Great Tit
کمرکلی جنگلی	*Sitta europaeas*	Nuthatch
سهره جنگلی	*Fringilla coelebs*	Chaffinch
سسک سر سیاه	*Sylvia atricapilla*	Blackcap
جی جاق	*Garrulus glandarius*	Jay
پری شاهرخ	*Buteo buteo*	Eurasian Golden Oriol
بلبل	*Luscinia luscinia*	Nightingale
کوکو	*Columba palumbus*	Cuckoo

Archive of SID

www.SID.ir