مقایسه شیوهٔ ترانسکت خطی و صید مجدد در برآورد فراوانی و تراکم جربوای هاتسونی فیروزی در دشت میرآباد، شهرضا

مرتضی نادری

دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۶/ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۶/۱۱/ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۴/ انتشار: ۱۳۹۷/۱۲/۲۸

گروه محیط زیست، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران
مسئول مکاتبات: m-naderi@araku.ac.ir

چکیده. برآورد جمعیت دوپای فیروز (هاتسونی فیروزی) در دشت میرآباد شهرضا به شیوه‌های فاصله‌ای (ترانسکت خطی) و روش صید و صید مجدد در سال های ۱۳۸۶ لغایت ۱۳۸۸ صورت پذیرفت. در دوره مطالعه، در زمان فعالیت گونه و خارج از فصل تولیدمثل تلاش شد با زنده‌گیری، علامت‌گذاری، رهاسازی و صید مجدد افراد به شیوه اشنابل در چندین مرحله پیاپی فراوانی جمعیت در زیستگاه مورد نظر برآورد شود. همزمان با پیمایش ترانسکت‌های خطی با استفاده از موتورسیکلت و پرژکتور با کمک دوناظر در تیپ‌های زیستگاهی مختلف افراد مشاهده شده به ثبت رسیدند. سعی شد تلاش برای برآورد فراوانی به شیوه ترانسکت خطی و شیوه اشنابل در تیپ‌های زیستگاهی مختلف و همچنین در زمان های مختلف (مبتنی بر تغییرات نور ماه در شب‌های مختلف) از توزیع مناسبی برخوردار باشد. نتایج حاصل از شیوه فاصله‌ای، اشنابل و شوماخر اشمایر فراوانی جمعیت گونه تحت مطالعه در زیستگاه موردنظر را به ترتیب ۲۲۶، ۴۰۲ و ۳۸۷ فرد برآورد نمودند. بررسی حدود اطمینان برآوردها نشان می‌دهد، سطح بالایی برآورد شده به شیوه‌ی ترانسکت خطی به سطح پایینی شیوه‌ی شوماخر اشمایر نزدیک تر است. با توجه به نتایج به دست آمده و ویژگی های رفتاری گونه تحت مطالعه به نظر می رسد در این پژوهش روش فاصله ای روش مطمئن تری نسبت به روش صید و صید مجدد است. اگرچه روش‌های صید و صید مجدد طراحی شده به دلیل دارا بودن فرضیات محدود کننده بیشتر برای جمعیت های بسته دقت برآورد بالاتری را دارند، با این حال قابلیت اطمینان به روش برآورد فروانی یک گونه کاملا به رفتار گونه تحت مطالعه در گزینش زیستگاه بستگی خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی. حدود اطمینان، دقت برآورد، روش‌های فاصله‌ای، زیستگاه‌های دشتی، علامت‌گذاری

A comparison of linear transect and capture recapture methods results in Iranian Jerboa population density and abundance estimation in Mirabad plains, Shahreza

Morteza Naderi

Received 04.02.2017/ Revised 02.09.2018/ Accepted 26.09.2018/ Published 19.03.2019

Department of Environmental Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Arak University, Arak, Iran
Correspondent author: m-naderi@araku.ac.ir

Abstract. During a period from spring 2008 till fall 2010, Iranian Jerboa population abundance was estimated using distance (linear transect) and capture-recapture methods in the Mirabad plains near Shahreza city in Isfahan Province. In the study period, during the active time of the species except reproduction time, we tried to live-trap, mark, release and recapture individuals based on Schnabel method on different sampling occasions. Simultaneously, we also traversed line transects using motorcycle and spot-light by two observers in different habitat types. We tried to get uniform trapping nights in different lunar nights and different habitat types. The population abundance, using Schnabel and distance methods was estimated to be 226 and 402 individuals, respectively. With regard to the obtained results and species behavior, it seems that distance method yields more precise confidence limits of the estimation compared with capture-recapture method. However, capture-recapture method yields more precise estimates for closed populations because of its more limiting assumptions, but the confidence reliability of abundance estimation of a species depends on the species and its habitat selection behavior completely.

Keywords. confidence limits, distance methods, estimation precision, marking, plain habitats

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1397.5.4.3.7]
[DOI: 10.29252/nbr.5.4.348]

مقدمه

برآورد فراوانی پستانداران کوچک تاکنون توسط محققین بسیاری انجام شده است که در اکثر موارد این برآوردها از طریق تله‌گذاری و صید با کمک تله‌ها بوده است (Krebs, 1999). روش‌های فاصله‌ای از جمله روش‌هایی هستند که در استفاده ازآنها نیازی به صید جاندار نبوده و مشاهده‌ی آن کفایت خواهد کرد. روش تعیین تراکم با استفاده از داده‌های نرخ برخورد نیز روش دیگر مورد استفاده است (Naderi *et al.*, 2011). به این ترتیب که با پیمایش-های خطی در منطقه تحت بررسی، تعداد افراد مشاهده شده بر مسیر پیموده شده تقسیم می‌شود و نرخ برخورد به دست می‌آید که معیاری از تراکم و به تبع فراوانی خواهد بود. نمونه‌گیری فاصله‌ای گروهی از روش‌های پراستفاده در برآورد تراکم جمعیت‌های زیستی محسوب می‌شوند. روش اصلی از این مجموعه روشها روش ترانسکت خطی است که در برآورد فراوانی انواع گونه‌ها مثل گیاهان، حشرات، دوزیستان، خزندگان، پرندگان، ماهی‌ها، و پستانداران آبزی و خشکی‌زی مورد استفاده قرار گرفته است. ایده‌ی اصلی در این روش بسیار ساده و قابل درک است به این صورت که ناظر در طول یک سری خطوط اقدام به ثبت فاصله‌ی شی یا جاندار از خط حرکت خود می‌نماید. البته لزوما تمامی اشیا یا جانداران موجود در مسیر حرکت ممکن است ثبت نشوند. ولی فرض اساسی این روش این است که تمامی افراد قرار گرفته روی خط ترانسکت ثبت می‌شوند. هرچه فاصله شی یا جاندار از خط ترانسکت بیشتر می‌شود تعیین یا ثبت آن مشکل تر خواهد بود. برخی محققین در برآورد جمعیت دوپاها در زیستگاه های بیابانی از روش ترانسکت خطی بهره‌گیری کرده‌اند (Shenbrot *et al.*, 1995). نتایج حاصل از این بررسی حاکی از آن بود که نوع زیستگاه، اندازه‌ی نمونه، نوع گونه و رفتار آن در انتخاب روش مطالعه بسیار با اهمیت است. در استانداردهای ارائه شده توسط آژانس محیط زیست، اراضی و پارکهای بریتیش کلمبیا (Sullivan, 1997) برای مطالعه فراوانی و تراکم پستانداران کوچک انواع روش ها، ابزار، طرح‌های مطالعاتی و نکات مهم که باید مورد توجه قرار گیرند ذکر شده است. همچنین علاوه بر ترانسکت خطی، روش ترانسکت نواری نیز به عنوان یکی ار روش‌های پر استفاده در مطالعه تراکم نسبی ارگانیسم‌ها (به ویژه ارگانیسم‌هایی با تحرک کم) و همچنین اشیا است (Krebs, 1999).

وقتی بتوان از یک جمعیت چندین فرد را زنده‌گیری کرد بدون آن که آسیبی به آنها برسد و گونه تحت مطالعه کمیاب نباشد، استفاده از روش‌های علامتگذاری- بازگیری برای برآورد اندازه‌ی جمعیت مناسب خواهد بود. این روش به این صورت انجام می شود که نمونه ایی از جمعیت گرفته شده، شمارش وعلامت‌گذاری و سپس به جمعیت رها می شوند، سپس یک یا چند نمونه دیگر از جمعیت گرفته شده و با توجه به تعداد افراد علامت‌دار و بدون علامت در نمونه‌های گرفته شدهٔ اخیر، اندازهٔ جمعیت محاسبه می‌شود. در عمل، دستور کارهای فراوانی برای انواع حالات ممکن در پویایی جمعیت در این روش وجود دارد، مسائلی مثل مرگ و میر، از بین رفتن علامت، مهاجرت یا عدم اختلاط تصادفی از عواملی هستند که باید مد نظر قرار گیرند. باز و بسته بودن جمعیت فاکتور مهمی است که در این روشها مد نظر قرار می‌گیرند. تعداد افراد جمعیت بسته در طول دورهٔ مطالعه ثابت باقی می‌ماند ولی در جمعیت باز این تعداد ثابت نیست چرا که تولد، مرگ و میر و مهاجرت به خارج یا داخل عواملی هستند که باعث تغییر در تعداد افراد جمعیت می‌شوند. برای این منظور باید محل مطالعه و مقیاس زمانی که تحت آن جمعیت بسته فرض می‌شود مشخص گردد. هر چه تعداد پارامترهایی که باید مورد اندازه‌گیری قرار گیرند بیشتر باشد، میزان جمعیتی که باید گرفته شده و علامت‌گذاری شود نیز بیشتر است. برای برآورد اندازهٔ جمعیت های بسیار بزرگ نمی توان از روش های علامتگذاری- بازگیری استفاده کرد، چرا که بسته به دقت برآورد، گه گاه لازم است تا ۲۰ درصد از جمعیت نمونه گیری و علامتگذاری شوند. بنابراین قبل از به کارگیری این روش‌ها باید موارد زیر مدنظر قرار گیرد: دقت برآورد، اندازه‌ی تقریبی جمعیت و مشکلات اندازه-گیری. تقریباً برای تمامی روش‌های علامتگذاری، بازگیری، چهار پیش فرض مهم وجود دارد (Krebs, 1999):

۱- نباید علامت‌ها باعث تغییر رفتار جاندار یا میزان امید زندگی شده و یا علامت‌ها از بین بروند. از آنجا که در این راستا از روش علامتگذاری لاله گوش استفاده شد این فرض رعایت شده است (Shenbrot, 1991).

۲- وقتی افراد علامت‌دار به جمعیت برگردانده می‌شوند کاملاً با آن مخلوط شوند. ازآنجایی‌که حیوانات کندرو یا به‌شدت قلمروطلب به شکل مناسب بعد از علامت‌گذاری با جمعیت مخلوط نمی‌شوند، اعمال روش‌های علامت‌گذاری- بازگیری در مورد آنها مناسب

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1397.5.4.3.7]
[DOI: 10.29252/nbr.5.4.348]

نیست.احتمال به دام افتادن یک حیوان علامتدار با احتمال به دام افتادن هر عضو دیگر جمعیت برابر باشد. رعایت فرض «صیدپذیری برابر» اغلب کاری مشکل است و باید در نظر داشت که این مسأله چه تأثیری بر برآورد اندازهٔ جمعیت خواهد گذاشت. از آنجا که صید به صورت تصادفی و با کمک تور دستی انجام گرفت این فرض نیز در مطالعه انجام شده رعایت شده است. نمونه‌گیری باید در فواصل زمانی جدا از هم صورت گیرد و زمان واقعی هر نمونه‌گیری باید در مقایسه با زمان کل، کم باشد. با توجه به این که به طور متوسط هر دو هفته یکبار و در هر بار به طور متوسط سه شب نمونه گیری انجام شد این فرض نیز رعایت شد. وقتی جمعیت بسته باشد، احتمال اسارت ثابت بوده و چهار فرض فوق صادق است. در این صورت اندازهٔ کل جمعیت از شاخص ساده ایی که توسط لینکلن (Lincoln, 1930) ارائه شده، قابل محاسبه است.

$$\hat{N} = \frac{an}{r}$$ (رابطه‌ی ۱)

در این رابطه $\hat{N}$ تعداد افراد جمعیت، a تعداد کل افراد علامت دار در نمونه اول، n تعداد افراد در نمونه دوم و r تعاد کل افراد بازگیری شده، دارای علامت (افراد علامت دار در زمان یک و بازگیری شده در زمان دو). وقتی حیوانات دو یا تعداد دفعات بیشتری علامت گذاری شوند، هر چه تعداد نمونه‌گیری بیشتر شود از بین رفتن تعدادی از افراد علامت دار بین زمان رها سازی اول و زمانی که جمعیت برآورد می‌شود اشکالی به وجود نخواهد آورد. رابطه‌ی محاسبهٔ انواع پارامترها نسبتاً ساده است. مفاهیم ریاضیاتی این رابطه توسط بیلی (Baily, 1951) تشریح شده و بیلی (Baily, 1952) و مک لئود (MacLeod, 1958) آن را تعریف کرده‌اند. این رابطه برای انواع حشرات و سایر بی مهرگان (مثل حلزون ها و خرچنگ ها) مورد استفاده قرار گرفته است. فواصل زمانی بین نمونه گیری‌ها می‌تواند به هر نحو ممکن اتفاق بیفتد، به شرطی که به قدر کافی این فواصل زمانی طولانی باشند که به افراد علامت دار اجازه دهد که به خوبی با سایر افراد مخلوط شوند. همچنین این فواصل زمانی نباید آنقدر طولانی باشند که به مرگ و میر افراد علامت‌دار منجر شوند. با در دست داشتن نمونه‌های بزرگ، می‌توان اندازهٔ جمعیت را در روز دوم به‌صورت زیر محاسبه کرد:

$$\hat{N} = \frac{a_2 n_2 r_{31}}{r_{21} r_{32}}$$ (رابطه‌ی ۲)

در این رابطه a_2 تعداد افراد جدیدی است که در مرحله‌ی دوم علامت‌گذاری و رهاسازی شده‌اند و n_2 تعداد کل افراد صید شده در مرحله‌ی دوم و r تعداد افراد علامت‌داری که مجدداً صید شده‌اند. اندیس اول نشان‌دهنده‌ی مرحله صید واندیس دوم نمایانگر مرحله‌ی علامت‌گذاری است. بنابراین r_{21} یعنی تعداد افراد علامت‌داری که در روز اول علامت‌گذاری شده و در روز دوم صید شده‌اند و r_{31} تعداد افرادی که در روز اول علامت گذاری شده و در روز سوم صید شده‌اند. مسلماً تعداد علامت‌ها مساله‌ای مهم است و بنابراین ممکن است همان افراد که در r_{31} ظاهر می‌شوند در r_{32} نیز وجود داشته باشند.

روش اشنابل: روش اشنابل شکل تغییر یافته روش پیترسون است. به این صورت که چندین دوره‌ی نمونه‌گیری و علامتگذاری افراد انجام می‌پذیرد. افرادی که صید می‌شوند از نظر داشتن یا نداشتن علامت تحت بررسی قرار می‌گیرند و سپس علامتگذاری شده و رها می‌شوند. در واقع در این روش افراد به دو دسته تقسیم می‌شوند دارای علامت و بدون علامت (رابطه ۳). در این رابطه، N معادل فراوانی، C_t معادل کل افراد صید شده در نمونه t و M_t تعداد افراد علامتدار درست قبل از زمان نمونه t و R_t تعداد افراد صیدشده‌ای که قبلا دارای علامت بوده‌اند.

$$\hat{N} = \frac{\sum_t (C_t M_t)}{\sum_t R_t}$$

(رابطه‌ی ۳)

برای برآورد واریانس و حدود اطمینان این روش به ترتیب از روابط ۲ و ۳ استفاده می‌شود.

$$\text{Standard Error of } \left(\frac{1}{\hat{N}}\right) = \sqrt{\frac{\text{Variance of } \left(1/\hat{N}\right)}{\sum \left(C_t M_t^2\right)}}$$

(رابطه‌ی ۴)

$$\frac{1}{\hat{N}} \pm t_\alpha \text{ S.E.}$$

(رابطه‌ی ۵)

این روش تمامی فرض‌های روش پیترسون را دربرمی‌گیرد مواردی مثل ثابت بودن جمعیت بدون افزایش یا کاهش، نمونه‌گیری تصادفی و وجود شانس برابر برای صید شدن تمامی افراد. بنابراین برای رعایت این مفروضات دوره نمونه‌گیری به قبل از وارد شدن زادگان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1397.5.4.3.7]
[DOI: 10.29252/nbr.5.4.348]

جدید به جمعیت (Naderi *et al.*, 2009) محدود گشت همچنین با توجه به کوچک بودن منطقه‌ی تحت مطالعه، در هر شب نمونه‌گیری، کل منطقه با کمک موتورسیکلت تحت پوشش قرار داده می‌شد. با توجه به تراکم پایین گونه تحت مطالعه امکان استفاده از روش پیترسون وجود نداشت و در طی چندید بار نمونه‌گیری بر اساس روش اشنابل، افراد صید شده بدون علامت مجددا علامتگذاری و رها شدند. در برآورد تراکم و فراوانی جمعیت جوندگان روش های متفاوتی استفاده می‌شود. به عنوان مثال برای برآورد جمعیت بسیاری از پستانداران کوچک (Parmenter *et al.*, 2003) به عنوان مثال رت (*Rattus rattus*) (Wilson *et al.*, 2017) روش صید و صید مجدد (روش پیترسن) مورد استفاده قرار گرفته است. در برخی مطالعات نیز از روش های فاصله ای (به ویژه ترانسکت خطی و نواری) و یا روش های برداشتی (حذفی) برای مطالعه پستانداران کوچک به ویژه جوندگان بهره گیری شده است (Parmenter *et al.*, 2003). روش ترانسکت از روش‌های پرکاربرد در این قبیل مطالعات بوده است (B.C. Ministry of Environment, 1998) برای صید گونه‌های تحت مطالعه ار روش تله‌گذاری و استفاده از تله‌های قفسی مشبک، آشیانه های جعبه‌ای (Ward 2000)، تله‌های کشنده، تله‌های حفره‌ای (B.C. Ministry of Environment, 1998) و همچنین روش صید دستی بهره‌گیری شده است (Parmenter *et al.*, 2003).

مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحت مطالعه

زیستگاه تحت مطالعه در ۱۵ کیلومتری جنوب شهرضا (در محدوده ′ ۵۶ °۳۱ تا ′۴۳ °۳۱ عرض شمالی، ′۵۳ °۵۱ تا ′۰۲ °۵۲ عرض شرقی)، و در محدوده روستاهای وشاره و میرآباد قرار گرفته و تا محدوده مرزی استان اصفهان و فارس امتداد می یابد. زیستگاه تحت مطالعه عمدتا دشتی و بافت خاک عمدتاً از سه گروه شنی- رسی-لومی، رسی- لومی و شنی- لومی تشکیل شده است. میزان کربنات کلسیم در خاک نسبتاً بالا است.

پوشش گیاهی منطقه: در منطقه تحت مطالعه دو تیپ گیاهی غالب، تیپ آناباسیس *Anabasis aphylla* و تیپ درمنه *Artemisia siberi* به چشم می خورد. از سایر گونه‌های گیاهی غالب در منطقه می توان به اسفند (*L. Peganum harmala*)، چرخه (*Launaea* sp.)، هزارخار (*Cousinia* sp.)، شیرسگ (*Euphorbia* sp.)، درمنه (*Artemisia herba alba*)، جارو (*Scariola orientalis*) اشاره کرد. در این مطالعه با توجه به عدم وجود هیچ لایه اطلاعاتی از منطقه، تیپ‌های گیاهی منطقه استخراج شد. در این منطقه انواع گونه‌های گیاهی خاص تیپ اراضی پست و شور، مقعر آبرفتی وبا پستی و بلندی کم مشاهده می‌شود. پوشش گیاهی در منطقه به صورت کپه ای پراکنده شده و در برخی نقاط تراکم گونه‌های سازگار به شوری مشاهده می‌شود. گیاهان بارز در این منطقه درمنه دشتی (*Artemisia siberi* Besser) و شور (*Anabasis aphylla* L.) است.

گونه تحت مطالعه

در برخی از مطالعات انجام شده از دوپای فیروز به عنوان گونه ای مشتق شده از دوپای هاتسون یاد شده است (Darvish *et al.*, 2008). شنبورت (Shenbrot, 1991) این گونه را گونه ای همسان (Synonym) با دوپای کوچک (*A. elater*) دانسته اما برخی بررسی‌ها از این گونه همسان با دوپای هاتسون نام می برد (Shenbrot *et al.*, 1995). با توجه به عدم وجود هیچ گونه اطلاعاتی در خصوص این گونه، وضعیت تاکسونومیک آن تا آخرین بازنگری انجام شده توسط (Holden & Musser, 2005) بدون تغییر باقی ماند. اما با بررسی های صورت گرفته و پیشرفت های ایجاد شده در طبقه بندی جنس *Allactaga* F. Cuvier, 1836 (Shenbrot, 1991; Colak *et al.*, 1994) و بررسی نمونه‌های موجود دوپای هاتسون در موزه‌ی تاریخ طبیعی واشنگتن (که از ایران و پاکستان جمع آوری شده بودند) وضعیت آرایه‌شناختی دوپای فیروز مورد بازنگری قرار گرفت (Shenbrot, 2009). در بررسی اخیر اذعان شده است که با توجه به داده‌های اکوجغرافیایی می‌توان دوپای فیروز را به عنوان زیرگونه‌ای از دوپای هاتسون (*A. hotsoni firouzi*) نام برد. لازم به ذکر است در فهرست ارائه شده در خصوص پستانداران ایران (Karami *et al.*, 2008) این گونه با عنوان دوپای فیروز (*A. firouzi*) معرفی شده است.

روش‌های برآورد جمعیت

در برآورد تراکم وفراوانی (با بهره گیری از روش ترانسکت‌های خطی)، توزیع فراوانی فواصل عمود بر خط ترانسکت از محل مشاهده‌ی دوپای فیروز جهت محاسبه تابع f(x) مورد استفاده قرار گرفت. این تابع کاهش میزان برخورد با افراد گونه تحت مطالعه را با

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1397.5.4.3.7]
[DOI: 10.29252/nbr.5.4.348]

دور شدن از محور ترانسکت به مدل تبدیل می‌نماید. علاوه بر شیوه‌ی فاصله ای، دراین پژوهش از دو روش صید، علامتگذاری و صید مجدد تحت عنوان روشهای اشنابل و شوماخر اشمایر استفاده شد. در روش اشنابل برخلاف روش پیترسون که از دو مرحله نمونه گیری استفاده می‌شود، چندین بار از جمعیت مورد مطالعه نمونه‌گیری، علامتگذاری و رهاسازی به عمل می آید. در این روش، دو تیپ مختلف از افراد بازشناسایی می گردند، افراد دارای علامت (که در حداقل یک مرحله‌ی قبل صید شده‌اند) و افراد بدون علامت (که برای اولین بار صید می‌شوند). روش شوماخر اشمایر نیز به نوعی شیوه‌ی تغییر یافته‌ی اشنابل محسوب می‌شود با این تفاوت که برآوردی استوارتر از روش اشنابل ارائه می نماید (رابطه‌ی ۶) (Seber, 1973). در رابطه ی زیر s تعداد کل نمونه‌ها را نشان می‌دهد، سایر پارامترها همانند رابطه‌ی اشنابل است.

$$\hat{N} = \frac{\sum_{t=1}^{s}\left(C_t M_t^2\right)}{\sum_{t=1}^{s}\left(R_t M_t\right)}$$

(رابطه‌ی ۶)

برای برآورد تراکم و فراوانی گونه‌های مورد نظر، با توجه به شب فعال بودن و عدم امکان صید آن توسط تله‌های مختلف در کل دوره‌ی مطالعه (اردیبهشت ۱۳۸۶ لغایت آبان ماه ۱۳۸۷) طی ۲۰۳ شب تلاش برای مطالعات میدانی، افراد نمونه گیری شده، علامتگذاری و رها شدند. برای علامتگذاری افراد از روش علامت-گذاری لاله گوش استفاده شد (Shenbrot, 2009). این روش به لحاظ اهمیت دوپای فیروز برای این گونه انجام پذیرفت دوره زمانی استفاده از این روش (صید-صید مجدد) به فروردین ماه لغایت اول شهریور ماه قبل از وارد شدن زادگان جدید (Naderi *et al.*, 2009)، به جمعیت قابل صید محدود شد تا فرض های روش مورد استفاده رعایت شود. به لحاظ عدم ایجاد استرس در زنده گیری و علامتگذاری افراد، فقط یک دوره در ابتدای تابستان ۱۳۸۶مطالعه به طورکلی هفت مرحله نمونه گیری، علامتگذاری، رهاسازی و صید مجدد (در روش اشنابل و شوماخر اشمایر) مورد استفاده قرار گرفت (مرحله‌ی آخر، یا مرحله‌ی هفتم فقط شامل مرحله‌ی صید مجدد و شمارش افراد دارای علامت و بدون علامت است). روش فاصله ای برآورد فراوانی و تراکم نیز در دو سال پی در پی انجام شد تا بتوان داده و نتایج به دست آمده در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ مورد مقایسه قرار گیرد. تکرار این روش در سال دوم در بررسی قابل اعتماد بودن نتایج حاصله از شیوه فاصله‌ای کمک کرد. در راستای برآورد تراکم افراد دوپای فیروز از روش ترانسکت خطی بهره‌گیری شد. در راستای تعیین تراکم افراد گونه در زیستگاه تحت مطالعه تعداد ۹۰ قطعه ترانسکت خطی به صورت تصادفی در کل زیستگاه پیموده شد (هر ترانسکت به طول متوسط ۱۷ کیلومتر). در این راستا با توجه به شب فعال بودن گونه و عدم امکان صید آن با پای پیاده، از موتورسیکلت استفاده شد (Hemami *et al.*, 2011). تعداد افراد مشاهده شده در واحد مسافت پیموده شده نرخ برخورد را ارائه می نماید که به عنوان شاخصی از تراکم قابل بهره برداری است. در راستای تحلیل داده های به دست آمده در این پژوهش از نرم افزارهای DISTANCE 6.2 و همچنین بسته نرم افزاری Ecological methodology استفاده شد (Krebs, 1999). نرم افزار DISTANCE برای طراحی و تحلیل مطالعات میدانی با طرح نمونه برداری فاصله ای (همانند ترانسکت‌ها) مورد استفاده قرار می گیرد. از آنجاییکه میزان فعالیت دوپاها، به طور کلی ارتباط زیادی با میزان مهتابی بودن و وضعیت روشنایی ماه دارد، تمامی شب هایی که نمونه گیری صورت پذیرفت بر اساس تاریخ قمری ثبت گردید. به عنوان مثال بیشترین میزان فعالیت دوپاها در هفته ی اول و هفته ی آخر ماه قمری و کمترین میزان فعالیت آنها در شب های میانی ماه قمری بین هشتم تا بیست و یکم ماه ثبت گردیده است (Hemami *et al.*, 2011). هدف از ثبت تاریخ قمری در نمونه گیری، اطمینان از توزیع متعادل تلاش برای نمونه گیری در تمامی هفته های ماه قمری و کاهش اریبی در نتایج است.

نتایج و بحث

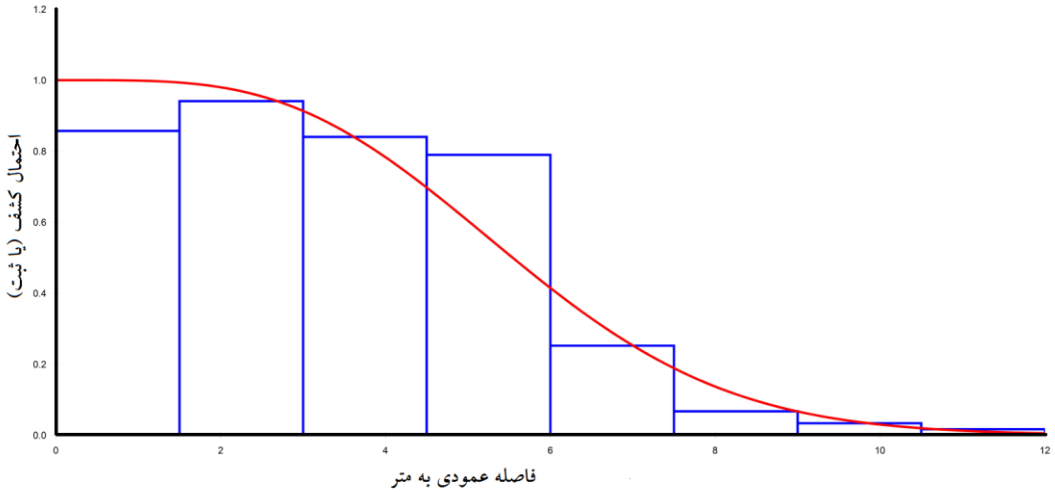
تحلیل نتایج با کمک نرم افزار DISTANCE 6.2 سه مدل ارائه کرد که بر اساس معیار حداقل AIC (Akaike's Information Criterion) و آزمون نکویی برازش x^2 بهترین مدل انتخاب شد. سه مدل هاف نرمال (Half-normal)، یونیفرم (Uniform) و هازاردریت (Hazard rate) در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. که مدل هازاردریت بر اساس موارد فوق، بهترین مدل انتخاب شد. توزیع فراوانی فواصل مشاهده افراد گونه تحت مطالعه در منطقه در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1397.5.4.3.7]
[DOI: 10.29252/nbr.5.4.348]

جدول ۱- نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام شده توسط نرم‌افزار DISTANCE.

Table 1. Results of DISTANCE analysis.

زیستگاه	تعداد افراد (n)	تراکم در کیلومتر مربع (حدود اطمینان)	ضریب تغییرات (CV)	مدل برازش شده	نیکویی برازش			عرض موثر نوار(به متر)	احتمال تعیین یا تشخیص	نرخ برخورد (فرد در هر کیلومتر)
					χ^2	df	P			
کل منطقه	۲۲۶ (۱۶۲-۳۰۱)	۱۲/ ۲۶ (۸/۸۲-۱۶/۳۳)	۱۶/۸۲	Hazard-Rate/Cosine	۰/۶۵	۴	۰/۰۶	۵/۶۹	۰/۳۸	۰/۶۱



شکل ۱- توزیع فراوانی فواصل کشف افراد گونه تحت مطالعه در هر یک از تیپ‌های زیستگاهی.

Fig. 1. Individuals' detection frequency distribution in each habitat type.

جدول ۲- داده‌های مربوط به روش اشنابل در برآورد فراوانی و تراکم افراد گونه تحت مطالعه.

Table 2. Data related to the Schnabel method in population density and abundance estimation.

مراحل نمونه‌گیری	تعداد صید (C_t)	تعداد صید مجدد (R_t)	تعداد افرادی که جدیدا نشانه‌گذاری شده‌اند (منهای مرگ و میر)	تعداد افراد علامتدار قبل از نمونه t ام(M_t)
۱	۲۳	۰	۲۳	۰
۲	۱۷	۱	۱۶	۲۳
۳	۳۹	۳	۳۶	۳۹
۴	۵۶	۸	۴۸	۷۵
۵	۳۲	۱۱	۲۱	۱۲۳
۶	۲۶	۱۰	۱۶	۱۴۴
۷	۳۷	۱۶	–	۱۶۰
مجموع	۲۳۰	۴۹	۱۶۰	–

جدول ۳- برآورد جمعیت به روش‌های شوماخر و اشنابل، ترانسکت خطی و حدود اطمینان هر کدام از روش ها و حدود اطمینان برآورد.

Table 3. Population estimation using Schumacher, Schnabel and line transect methods as well as their confidence limits.

برآورد شوماخر اشمایر از جمعیت	برآورد اشنابل	برآورد شیوه‌ی فاصله‌ای
۳۸۷ (۳۴۲-۴۴۵)	۴۰۲ (۳۱۰-۵۴۷)	۲۲۶ (۱۶۲-۳۰۱)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1397.5.4.3.7]
[DOI: 10.29252/nbr.5.4.348]

شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام شده توسط نرم افزار مذکور در جدول یک ارائه شده است. همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، روش فاصله ای، فراوانی جمعیت را حدود ۲۲۶ فرد برآورد می نماید درحالی که با روش اشنابل، حد اطمینان پایینی (۳۱۰ فرد) با حد بالایی برآورد به شیوه‌ی فاصله ای (حدود ۳۰۱ فرد) همخوانی بیشتری دارد. نتایج حاصل از تحلیل داده‌های ترانسکت‌های پیمایش شده در نرم‌افزار DISTANCE حاکی از این بود که تراکم افراد گونه در منطقه ۰/۱۲ فرد در هر هکتار است. در برآورد فراوانی و تراکم گونه تحت مطالعه به شیوه صید صید مجدد، در مجموع در طی عملیات میدانی و نمونه‌گیری تعداد ۲۳۰ فرد صید و علامت‌گذاری شدند (جدول ۲) (در هفت مرحله تلاش در روش اشنابل). به منظور رعایت پیش فرض‌های روش اشنابل (بخش مواد و روش‌ها) دوره زمانی استفاده از این روش به قبل از وارد شدن زادگان جدید به جمعیت (اواسط شهریورماه) محدود شد. همچنین مرگ و میر ایجاد شده در حین نمونه‌گیری یا برخورد با وسایل نقلیه (n۲=) اغماض شد (Krebs, 1999)، در جدول ۲ داده‌های مربوط به صید-صید مجدد ارائه شده‌اند. محاسبه تراکم و فراوانی افراد از طریق رابطه اشنابل، حاکی از این است که تراکم افراد در ماه‌های مختلف بین ۰/۰۲۳ تا ۰/۰۴۴ فرد در هر کیلومتر مربع به ترتیب در ماه‌های فروردین و اواخر خرداد است. همچنین تعداد افراد گونه تحت مطالعه با تحلیل‌های صورت گرفته توسط نرم‌افزار Ecological Methodology و رعایت پیش‌فرض‌های مورد نظر در روش مورد استفاده مثل عدم ورود زادگان به جمعیت تا قبل از پایان مطالعه (Krebs, 1999) معادل ۴۰۲ فرد برآورد شد. نتایج به دست آمده در برآورد جمعیت توسط این روش در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج حاصل از روش‌های مختلف آزمون شده در برآورد جمعیت گونه مورد مطالعه از نظر حدود اطمینان دارای همپوشانی هستند و این موضوع حاکی از عمل‌کرد صحیح مدل-های مورد استفاده است. یکی از پیش‌فرض های مهمی که در استفاده از این مدل‌ها باید رعایت شود بسته بودن جمعیت است. زیستگاه تحت بررسی در دشت میرآباد از یک سو توسط مناطق سنگلاخی منتهی به کوه‌ها، و از سوی دیگر به اتوبان‌ها منتهی بوده و با توجه به رفتار گزینش زیستگاه گونه و میزان جابجایی آن (گسترهٔ خانگی) زیستگاه بسته محسوب می‌شود. در این پژوهش فراوانی برآورد شده توسط روش ترانسکت خطی حاکی از آن بود که میزان فراوانی برآورد شده کمتر از شیوه صید و صیدمجدد است. به نظر می رسد اگرچه فرضیات محدود کننده بیشتر در روش‌های صید و صید مجدد برای جمعیت‌های بسته (Sutherland, 2011) باعث می‌شود دقت برآورد افزایش یابد اما نقض یکی از فرض‌های مهم این روشها می تواند منجر به برآورد جمعیت بیش از مقدار حقیقی شود. یکی از پیش‌فرض‌های مهم روش‌های فاصله‌ای همانند ترانسکت خطی این است که احتمال ثبت افرادی که روی خط سیر قرار دارند صددرصد است با توجه به اینکه در شیوه مورد استفاده در این پژوهش از موتورسیکلت و پرژکتور به همراه دو ناظر بهره گیری شد به نظر نمی رسد این فرض نقض شده باشد. دوپاها به محض نزدیک شدن وسیله نقلیه سریعا حرکت کرده و مخفی نمی‌شوند به این ترتیب به راحتی قابل مشاهده می باشند. از آنجایی که برآورد فاصله‌ای افراد یک جمعیت برآوردی خام از تراکم جمعیت را ارائه می نماید بهترین شیوه آن است که در یک محدوده مشخص از منطقه تحت مطالعه این شیوه به صورت تصادفی و یا سیستماتیک تکرار شده و سپس میانگین برآورد محاسبه شود. این مساله در این پژوهش مدنظر قرار گرفت به طوری که برآورد جمعیت در تیپ های زیستگاهی مختلف (Naderi *et al.*, 2012) و همچنین در شب‌های مختلف ماه قمری انجام پذیرفت (Hemami *et al.*, 2011). همچنین در صورتی که زیستگاه ساختار فیزونومیک ناهمگونی داشته باشد لازم است تمامی بخش‌ها یا اصطلاحا تیپ‌های زیستگاهی در مطالعه دخیل باشند.

سپاسگزاری

نویسنده از همراهی و همکاری مردم شریف روستای میرآباد به ویژه آقای فخری و خانواده ایشان کمال تشکر را دارد. مهندس سعید محمدی در فعالیت های میدانی نویسنده را همراهی کردند که از ایشان تشکر می‌شود.

REFERENCES

Bailey, N.T.J. 1951. On estimating the size of mobile populations from recapture data. – Biometricka 38: 293-306.

Bailey, N.T.J. 1952. Improvements in the interpretation of recapture data. – J. Animal. Ecol. 21: 120-27.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1397.5.4.3.7]
[DOI: 10.29252/nbr.5.4.348]

B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks. 1998. British Columbia's wildlife species at risk: Western Harvest Mouse *Reithrodontomys megalotis*.

Çolak, E., Kıvanç, E. and Yiğit, N. 1994. A study on taxonomic status of *Allactaga euphratica* Thomas, 1881 and *Allactaga williamsi* Thomas, 1897 (Rodentia: Dipodidae) in Turkey. – Mammalia 58: 591-600.

Darvish, J., Hajjar, T., Moghadam Matin, M., Haddad, F. and Akbary Rad., S. 2008. New species of five-Toed Jerboa (Rodentia: Dipodidae, Allactaginae) from North-East Iran. – J. Sci. 19: 103-109.

Hemami, M.R., Naderi, G.H., Karami, M. and Mohammadi, S. 2011. Nocturnal activity of Iranian Jerboa *Allactaga firouzi* (*Mammalia: Rodentia: Dipodidae*). – Mammalia 75: 42-57

Holden, M.E. and Musser, G.G. 2005. Family Dipodidae. – In: Wilson, D.E. & Reeder, D.A. (eds.), Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. 3rd ed. 2: 871-893.

Karami, M., Hutterer, R., Benda, P., Siahsarvie, R. and Krystufek, B. 2008. Annotated check-list of mammals of Iran. – Lynx (Praha) 39: 63-102.

Krebs, C.J. 1999. Ecological methodology. 2ed edition. Pearson, p: 620.

Lincoln, F.C. 1930. Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns. – U.S. Dept. Agric. Circ. 118: 1-4.

MacLeod, J. 1958. The estimation of numbers of mobile insects from low-incidence recapture data. – Trans. Royad Entomol. Soc. London 110: 363-392.

Naderi, G.h., Hemami, M. and Mohammadi, S. 2011. Investigation of habitat preferences of Iranian jerboa (*Allactaga firouzi* Womochel 1978), – Mammalia 75: 181-184.

Naderi, Gh, Hemami, M. R., Riazi, B. and Alesheikh, A. 2009. Notes on ecological peculiarities of Iranian Jerboa, Allactaga firouzi Womochel, 1978 (Mammalia: Dipodidae). – Zool. Mid. East 47: 21-28.

Parmenter, R.R., Yates, T.L., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Dunnum, J.L., Franklin, A.B., Friggens, M.T., Lubow, B.C., Miller, M., Olson, G.S., Parmenter, C.A., Pollard, J., Rexstad, E., Shenk, T.M., Stanley, T.R. and White, G.C. 2003. Small-mammal density estimation: a field comparison of grid-based vs. web-based density estimators. Ecol. – Monogr. 73: 1-26.

Seber, G.A.F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin, London.

Shenbrot, G.I. 1991. Subspecific taxonomy revision of the five-toed jerboas, genus *Allactaga* (Rodentia, Dipodoidea), of the USSR fauna. Proceedings of the Zoological Institute of the USSR Acaddemy of Science (Leningrad), pp: 42-58.

Shenbrot, G.I. 2009. On the conspecifity of *Allactaga hotsoni* Thomas, 1920 and *Allactaga firouzi* Womochel, 1978 (Rodentia: Dipodidae). – Mammalia 73: 241-237.

Shenbrot, G.I., Sokolov, V.E., Heptner, V.G. and Kovalskaya, Yu.M. 1995. Dipodoidea. Moscow: Nauka Publishing House.

Sullivan, T.P. 1997. Sampling methodology for small mammals. – Faculty of Forestry, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Mimeograph.

Sutherland, W. 2011. Ecological Census Techniques. – Cambridge University Press, 431 pp.

Ward, S.J., 2000. The efficacy of nest boxes versus spotlighting for detecting feather tail gliders. – Wil. Res. 27: 75-79.

Wilson, D.J., Mulvey, R.L., Clarke, D.A. and Reardon, J. 2017. Assessing and comparing population densities and indices of skinks under three predator management regimes. – New Zealand J. Ecol. 41: 84-97.

*****

How to cite this article:

Nader, M. 2019. A comparison of linear transect and capture recapture methods results in Iranian Jerboa population density and abundance estimation in Mirabad plains, Shahreza– Nova Biol. Reperta 5: 348-355.

نادری، م. ۱۳۹۷. مقایسه شیوۀ ترانسکت خطی و صید مجدد در برآورد فراوانی و تراکم جربوای هاتسونی فیروزی در دشت میرآباد، شهرضا. – یافته-های نوین در علوم زیستی ۵: ۳۵۵-۳۴۸.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1397.5.4.3.7]

[DOI: 10.29252/nbr.5.4.348]