

بوم‌شناسی حرکت یوز آسیایی و پلنگ ایرانی در منطقه حفاظت‌شده بافق با ویژگی‌های محیطی

فرید چراغی^{۱*}، محمودرضا دلاور^۲، فرشاد امیراصلانی^۳، کاظم علوی پناه^۴

۱. دکتری سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۲. استاد، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران - قطب علمی مهندسی نقشه‌برداری در مقابله با سوانح طبیعی mdelavar@ut.ac.ir

۳. استادیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران amiraslani@ut.ac.ir

۴. استاد، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران salavipa@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۲۹

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۲

چکیده

حرکت نسبی جانوران شکارگر نسبت به طعمه، برای موفقیت شکارگر و طعمه کلیدی است. داده حرکت هم‌زمان و هم‌بوم شکارگر و طعمه بسیار نایاب بوده و داده‌کاوی حرکت فوق، پیچیدگی‌های موضوعی و موضعی بسیار دارد. داده‌کاوی و آمار مکانی ابزارهای لازم برای تحلیل حرکت را فراهم می‌کند. در این تحقیق به تحلیل محدوده اقامت، رفتار حرکت و همکنش دو گونه نایاب و در خطر انقراض شامل ائتلافی دوتایی از یوز آسیایی و یک پلنگ ایرانی پرداخته می‌شود. جانوران چندین ماه با گردن‌بند GPS دار با فرکانس ۸ ساعته ردیابی شدند. از روش کوچک‌ترین پوش محدب برای محاسبه محدوده اقامت و از رویکرد زنجیره پنهان مارکوف دو فاز رفتاری متمایز در مسیرهای حرکت شناسایی شد. از رگرسیون خطی برای بررسی وجود همکنش بین جانوران استفاده شد. محدوده اقامت یوزها از محدوده اقامت پلنگ بزرگ‌تر بوده و با ۹۵ درصد از محدوده اقامت پلنگ همپوشانی داشت. با تقسیم مسیر حرکتشان به وضعیت حرکتی و استراحتی، پلنگ و یوزها به ترتیب ۷۵ درصد و ۳۳ درصد مواقع در وضعیت حرکتی بودند و سرعت متوسط یکسان ۰/۴ کیلومتر بر ساعت را داشتند. نتیجه تحلیل همکنش بیانگر نوعی تعقیب یوز ۱ توسط پلنگ بوده است. این مطالعه اطلاعات مفیدی درباره این گونه‌های نادر و حفاظت آن‌ها ارائه می‌کند.

کلیدواژه

بوم‌شناسی مکانی، تحلیل محاسباتی حرکت، داده‌کاوی، GIS.

۱. سرآغاز

آسیایی^۱ و ببر مازندران^۲ به‌طور کلی منقرض شده‌اند و مابقی، شامل یوز آسیایی^۳، پلنگ ایرانی^۴ و سیاه‌گوش قفقاز^۵ با افت شدید جمعیتی، انقباض محدود جغرافیایی و پراکنش زیستگاهشان مواجه شده‌اند. در گذشته یوز آسیایی در کشورهای دیگری رصد شده ولی هم‌اکنون به‌طور کلی در دیگر نقاط دنیا (به جز ایران) منقرض شده است. پلنگ

از دست رفتن زیستگاه، جانور آزاری، شکار غیرمجاز توسط انسان و انقراض طعمه باعث افت شدید در فراوانی گوشت‌خوارها از استوا تا قطب، و همراه با پیامدهایی منفی بر عملکرد محیط و زیست‌بوم بوده است. (Ripple et al., 2014). چندین گربه‌سان بزرگ بومی ایران، شامل شیر

و داده‌کاوی را در اختیار محقق قرار می‌دهد (Wasserman, 2013). متأسفانه به دلیل عدم کفایت داده‌های مناسب در رابطه با حرکت گونه‌های نادر مخصوصاً در ایران، درک مناسبی از آن‌ها وجود نداشته و لزوم داده‌کاوی را دو چندان می‌کند. بنابراین برای شناخت و نیل به دانش درباره این جانوران نادر نیاز هست که روی داده‌های حرکت آن‌ها عملیات داده‌کاوی انجام پذیرد. داده‌های حرکت ویژگی‌های منحصربه‌فردی مانند سیستم مرجع مکانی و سیستم مرجع زمانی را دارند که داده‌کاوی به‌صورت مکانی و زمانی را لازم می‌کنند. داده‌کاوی حرکت جانوران حیات‌وحش موضوع مورد تحقیق در علوم اطلاعات مکانی^{۱۴} و زیست‌بوم‌شناسی^{۱۵} بوده است. در علوم اطلاعات مکانی، زیرشاخه «تحلیل محاسباتی حرکت»^{۱۶} به‌عنوان چارچوبی برای تحلیل هر نوع شیء متحرک در حیطه‌های مختلف مثل حمل‌ونقل، جنابایی^{۱۷} و بهره‌برداری مکانی انسان ظهور یافته است (Gudmundsson et al., 2011; Laube, 2014). در همین حال بوم‌شناسی حرکت^{۱۸} زیرشاخه بوم‌شناسی مکانی، به‌عنوان چارچوبی یکپارچه برای درک انگیزش‌ها و پیامدهای حرکت در سیستم‌های زنده (Nathan, 2008; Nathan et al., 2008) توسعه یافته است. در اینجا با ترکیب هر دو زیرشاخه و با قدم‌گذاری روی پیشرفت‌های اخیر در تحلیل داده‌های حرکت به‌عنوان خط مبنای، به تحلیل روابط این جانوران متحرک نسبت به هم و در محیط پیرامونشان پرداخته شده است.

سؤالات اساسی که در این تحقیق پاسخ داده می‌شوند عبارتند از: چگونه می‌توان رفتار حرکت (حرکتی و استراحتی) جانوران را در قسمت‌های همگن^{۱۹} تشخیص داد و از این رفتار چه دانش مفیدی درباره یوز و پلنگ استنباط می‌شود؟ آیا حرکت هم‌زمان و هم‌بوم یوز و پلنگ وابستگی دارد و با داده‌کاوی حرکت چگونه می‌توان این وابستگی را شناسایی کرد؟

ایرانی نیز تنها در ایران و در مناطقی در قفقاز^۷ وجود دارد. این جانوران نادر بخشی از یک زیستگاه^۷ را تشکیل می‌دهند که به یک زنجیره غذایی منجر می‌شود و فقدان آن‌ها چرخه حیاتی بسیاری از جانوران دیگر را به هم می‌زند. با توجه به اینکه جانورهای عظیم برای حفظ تنوع زیستی ضروری هستند (Schmitz et al., 2010)، این افت جمعیت مسئله‌ساز بوده و عملکردهای جبرانی انسان نمی‌تواند به‌طور کامل جایگزین نقش این جانوران شود. علاوه بر این، تقاضای روزافزون بشر به اقلیم مناسب و آثار مخرب اقلیمی بر مقاومت تنوع زیستی و زیست‌بوم تأثیر می‌گذارد. بنابراین، سیاست‌هایی برای حفظ بقای این شکارگران ضروری به نظر می‌رسد.

حفاظت^۸ از این گونه‌های نادر یکی از مسائل مهم و به‌روز در دنیا است که سازمان‌هایی چون UNDB^۹، WCS^{۱۰}، IUCN^{۱۱} از آن‌ها پشتیبانی می‌کنند. متأسفانه به دلیل عدم کفایت داده‌های مناسب در رابطه با این گونه‌ها، مخصوصاً در ایران، درک مناسبی از آن‌ها وجود ندارد. همچنین به دلیل عدم فرهنگ‌سازی صحیح، هر ساله به‌طور متوسط یک یوز، توسط مردم عامی‌کشته می‌شود (Moqanaki & Cushman, 2016). این در حالی است که این جانور شکارگر هیچ آسیبی به انسان نمی‌رساند. در سال‌های اخیر، انجمن حفاظت از یوز آسیایی^{۱۲}، برای درک نحوه حرکت این جانور اقدام به نصب گردنبندهای GPS^{۱۳} کرده تا حرکت آن را رصد کرد. سال ۱۳۹۴ از این قلاده‌ها برای ردیابی ۶ پلنگ ایرانی استفاده شد (Farhadinia et al., 2014). تجهیز جانوری درنده به قلاده GPS دار امری پر زحمت است که در آن با تله‌گذاری، جانور زنده‌گیری شده و بعد از بی‌هوش کردن، قلاده روی گردن آن‌ها نصب می‌شود. داده‌های جمع‌آوری شده در راستای شناخت رفتار حرکت جانور می‌تواند بسیار ارزشمند باشد.

داده‌کاوی همان تحلیل داده و تبدیل آن به اطلاعات مفید و نهایتاً به دانش در یک حوزه مشخص است (Miller & Han, 2009) و علم آمار ابزارهای لازم برای تحلیل داده

مبنا، محدوده اقامت با محاسبه یک یا چند پوش محدب محاسبه می‌شود. چهار روش در این دسته وجود دارند: روش‌های «کوچک‌ترین پوش محدب» (Mohr, 1947)، «خوشه‌بندی اتصال-منفرد»^{۲۲} (Kenward et al., 2001) و «چندین پوش محدب محلی» (Getz et al., 2007)^{۲۳} که براساس پوش محدب^{۲۴} هستند و روش «پوش مشخصه»^{۲۵} (Downs and Horner, 2009) براساس مثلث‌بندی دلونی است. در این روش‌ها، نخست درصدی از نقاط (تراز^{۲۶}) را براساس معیاری مشخص در قدم‌های ثابتی (مثلاً ۱۰ تا ۱۰۰ با قدم ۱۰ درصد) انتخاب و روش به کار گرفته می‌شود. جانور از مساحت مربوط به تراز ۱۰ درصد استفاده بیشتری نسبت به تراز ۹۰ درصد کرده است. مثلاً در روش پوش مشخصه بعد از محاسبه مثلث‌بندی دلونی، مثلث‌ها بر اساس مساحت‌شان مرتب می‌شود. مثلث‌های با کمترین مساحت مربوط به سطوحی هستند که بیشترین استفاده از آن‌ها شده است. در اینجا محدوده اقامت جانوران را با روش کوچک‌ترین سطح محدب ۱۰۰ درصد^{۲۷} از مسیرهای حرکت محاسبه و سپس تقاطع مکانی دو سطح برای اخذ تخمین تقریبی از محدود اقامت و سطح همپوشان محاسبه شد. به دلیل کوچک بودن اندازه نمونه و همچنین قدرت تفکیک زمانی کم در داده‌های حرکت از روش‌های دیگر تخمین محدوده اقامت استفاده نشد.

۲.۲ رفتار حرکت

تخمین رفتار حرکتی جانور برای تشریح قسمت همگون مسیر حرکت، مرحله‌ای کلیدی در بسیاری از تحلیل‌های حرکت جانور است. کاربردهای زیست‌بومی سطح بالایی مانند تخصیص انرژی جانور^{۲۸}، بودجه‌بندی زمان^{۲۹}، پاسخ به ویژگی‌های محیطی و زیستگاه و مکانیزم‌های ناوبری، نیاز به تخمین رفتار جانور دارند (Gurarie et al., 2016). این عملیات در حالت کلی در علم داده‌کاوی به‌عنوان مرحله بخش‌سازی^{۳۰} داده شناخته می‌شود (Han et al.,

۲. روش‌ها

روش‌های این بخش به داده‌های حرکت حاصل از GPS که ماهیتاً دارای مختصات و زمان هستند به کار گرفته می‌شوند. این داده‌ها به‌صورت جدولی با ستون‌های (x,y,time) است که براساس زمان برداشت مرتب شده‌اند. بعد از مروری بر روش‌های تخمین محدوده اقامت، روش کوچک‌ترین سطح محدب، روشی مناسب در این تحقیق معرفی می‌شود. بعد از تعریف رفتار حرکت جانور روش زنجیره پنهان مارکوف معرفی شده و دلیل استفاده از این روش برای تخمین رفتار ارائه می‌شود. با ارائه الگوریتم، نحوه تشخیص دوره‌های رفتاری از رفتار حرکت ارائه شده و از این دوره‌های رفتاری برای محاسبه جابه‌جایی و مدت ماندگاری جانور در حالتی رفتاری استفاده می‌شود. نهایتاً با تعریف روش‌های همکنش به نحوه بررسی همکنش جانوران پرداخته می‌شود.

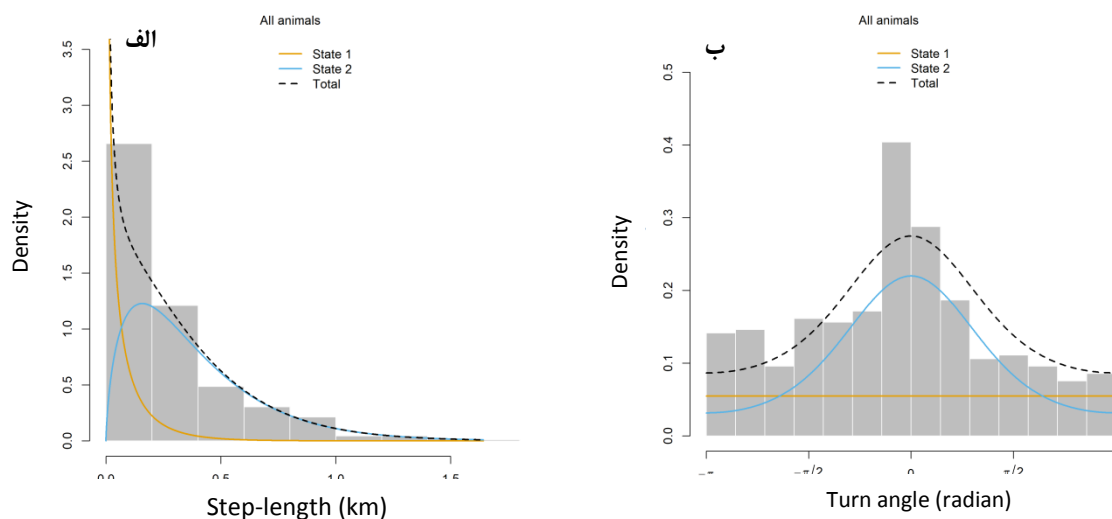
۲.۱ محدوده اقامت

محدوده اقامت به‌عنوان سطحی که توسط جانور در ۹۵ درصد از زمان فعالیت‌های معمولش شامل جستجوی غذا، جفت‌گیری و نگهداری از نوزادان پیمایش شده تعریف می‌شود (Burt, 1943). جانوران برخی مواقع حرکت‌های بلندی خارج از محدوده اقامت‌شان به مکان غیرمعمول کرده و این منتج به نقاطی می‌شود که نمی‌توانند فعالیت معمول جانور محسوب شوند. بنابراین نخست بایستی درصد کوچکی (مثلاً ۵ درصد) از نقاط را با روش مشخصی حذف کرد. روش‌های مختلفی برای تخمین محدوده اقامت جانور وجود دارد که به دو دسته کرنلی (احتمالاتی) و پوش-مبنا (هندسی) تقسیم می‌شوند. در روش‌های کرنلی، در نقاط مشاهده تابع کرنل دو بعدی محاسبه می‌شود. تابع کرنل احتمال حضور جانور در هر نقطه را محاسبه می‌کند. روش‌های نوین پل برونی^{۳۰} و روش محصول کرنل^{۳۱}، جزء روش‌های این دسته هستند که علاوه بر مکان، زمان حرکت را نیز لحاظ می‌کنند. یکی از معایب روش‌های کرنلی حساسیت‌شان به اندازه نمونه است. در روش‌های پوش-

(MacDonald, 2009) طبقه‌بندی تقریبی از حرکت فراهم شده که بیانگر رفتار جانور است. تعداد وضعیت‌ها (حالت‌های رفتاری) قبل از برآزش مدل بایستی تعیین شوند. با فرض دو وضعیت، یک جانور می‌تواند رفتار استراحتی^{۳۲} یا حرکتی^{۳۳} داشته باشد. حالت استراحتی^{۳۴} با طول-قدم‌های کوچک‌تر و نزدیک به صفر و زوایای چرخش با میانگین صفر و توزیع نزدیک به توزیع یکنواخت^{۳۵} در بازه زمانی مشخص تشریح می‌شود. در حالت حرکتی، جانور طول-قدم‌های بزرگ‌تر (میانگین توزیع گاما بزرگ‌تر) و خمیدگی^{۳۶} (واریانس بیشتر) به سمت راست دارد. در شکل اب (نمودار آبی) زوایای چرخش، میانگین صفر و تمرکز^{۳۷} زیاد (واریانس کم) داشته که نشان‌دهنده حرکت جهت‌دار در رفتار حرکتی است.

(2011). روش‌های مختلفی مانند مدل زنجیره پنهان مارکوف (Michelot et al., 2016) برای تخمین رفتار حرکت جانور وجود دارد. وقتی که داده حرکت، خطای کمی دارد، این روش مناسب‌ترین روش برای تخمین رفتار حرکت جانور است^{۳۱} (Langrock et al., 2012).

مدل استاندارد زنجیره پنهان مارکوف، یک سری زمانی دو متغیره از طول-قدم (فاصله بین دو نقطه متوالی) و زاویه-چرخش (زاویه بین دو طول-قدم متوالی) را در هر موقعیت در نظر می‌گیرد. موقعیت‌ها بایستی به صورت منظم و با فاصله زمانی یکسان نمونه‌گیری شده باشند. در هر نقطه (وضعیت)، پارامترهای توزیع طول-قدم (توزیع احتمالی گاما) و پارامترهای توزیع زاویه-چرخش (توزیع احتمال وان-مایرز) تخمین زده می‌شود (شکل ۱). با فرض تعداد متناهی وضعیت، با روش ویتربی (Zucchini and



شکل ۱. برآزش زنجیره پنهان مارکوف به یوز ۱. الف. هیستوگرام طول‌قدم و توزیع‌های احتمالی گامای تخمین‌زده شده در هر حالت حرکتی. ب. هیستوگرام زاویه چرخش و توزیع‌های احتمالی وان-مایرز تخمین‌زده شده در هر حالت حرکتی. حالت ۱ (state 1) استراحتی و حالت ۲ حرکتی است.

بعدی (دو ها در بردار فوق) رفتار حرکتی، دو موقعیت
بعدی رفتار استراحتی، دو موقعیت بعدی رفتار حرکتی و
سه موقعیت نهایی رفتار حرکتی داشته است.

الگوریتم ۱. شبه کد محاسبه دوره رفتاری از حالت رفتاری

Data: behavioral mode vector (\vec{M})
Result: behavioral bout vector (\vec{B})
procedure COMPUTBOUT(\vec{M})
1. $\vec{X} \leftarrow \text{diff}(\vec{M})$
2. $\vec{X}_2 \leftarrow (\vec{X} \neq 0)$
3. $\vec{X}_3 \leftarrow \text{convert } \vec{X}_2 \text{ to integer vector}$
4. $\vec{X}_4 \leftarrow \text{add 1 to the beginning of the } \vec{X}_3$
5. $\vec{B} \leftarrow \text{compute cumulative sum of } \vec{X}_4$
end procedure

در هر دوره رفتاری، مدت ماندگاری، جابه‌جایی
(حاصل جمع طول قدم‌ها) و خط مستقیم^{۴۰} را محاسبه
کرده و سپس از مدل رگرسیون خطی از «مدت ماندگاری»
به «جابه‌جایی» برای درک ارتباط بین این کمیت‌ها و
تخمین سرعت جانور، استفاده کردیم. کمیت‌های حرکت
برای استنتاج فعالیت روزانه جانور در هر حالت حرکتی
محاسبه شد.

۲.۴. همکنش در نقاط هم‌زمان

پویایی جمعیت یا همکنش^{۴۱}، مجموعه‌ای از رفتارها و
فرایندهای روانی است که در یک گروه اجتماعی یا بین
چندین گروه اجتماعی رخ می‌دهد (Backstrom et al.,
2006). هم‌کنش بین جانوران حیات‌وحش، موضوع
تحقیقات گسترده‌ای در گذشته بوده است و روش‌های
متعددی برای بررسی هم‌کنش وجود دارد که در غالب
آن‌ها فاصله بین جفت جانور در یک مدل آماری به‌عنوان
متغیر تصادفی وارد می‌شود (Long et al., 2014). در این
تحقیق فاصله یوز ۱-یوز ۲ و یوز ۱-پلنگ در نقاط هم‌زمان
محاسبه شد و آماره‌های میانگین، میانه، کمینه و بیشینه
گزارش شد. همچنین با توجه به جدایی‌های مشاهده‌شده
در انتهای مسیر حرکت یوز ۱-یوز ۲، برای بررسی عوامل

۲.۳. دوره رفتاری

بعد از تشخیص رفتار حرکت (حرکتی و استراحتی)، برای
محاسبه جابه‌جایی کل، خط راست، مدت ماندگاری و
سرعت حرکت جانوران به دوره‌های رفتاری (بازه زمانی
ماندگاری جانور در یک رفتار حرکت) تقسیم شد. برای
تشخیص دوره‌های رفتاری فرض کنیم قسمتی از داده
حرکت (۱۳ نقطه متوالی) را جدا کرده‌ایم. بعد از تخمین
رفتار جانور، در هر نقطه از داده حرکت ساختار
[0,0,0,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0] ایجاد می‌شود. در واقع این
مقادیر به صورت یک ستون به جدول داده حرکت اضافه
می‌شود که در آن صفر حالت استراحتی و یک حالت
حرکتی است. هدف این است که برای این ۱۳ نقطه
ساختاری (ستونی) شبیه به [1,1,1,2,2,2,3,3,4,4,5,5,5] را
در جدول داده حرکت ایجاد کنیم که هر کدام از این اعداد
منحصربه‌فرد، مربوط به یک دوره رفتاری^{۳۸} است. با بردار
حاصل شده، به سادگی می‌توان جابه‌جایی و زمان ماندگاری
جانور در هر دوره رفتاری را محاسبه کرد (با استفاده از
عملگر group by در پایگاه داده). برای این منظور، نخست
بردار تفاضل را برای بردار [0,0,0,1,1,1,0,0,1,1,0,0,0]
محاسبه می‌کنیم. عملگر تفاضل، عناصر متوالی بردار فوق
را از هم کم کرده و بردار [0,0,1,0,0,-1,0,1,0,-1,0,0]
یک عنصر کمتر از بردار اصلی ایجاد می‌کند. با بررسی
اینکه در کدام قسمت‌ها، مقدار عنصر مخالف صفر است،
بردار [F,F,T,F,F,T,F,T,F,T,F,F] حاصل می‌شود که F
معادل False و T معادل True است. سپس این بردار را به
برداری دودویی [0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0]
تعداد عناصر این بردار از بردار اصلی یک واحد کمتر
است، بنابراین بعد از اضافه کردن عدد یک به ابتدای آن
بردار [1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0] حاصل می‌شود. نهایتاً با
محاسبه جمع تجمعی^{۳۹}، بردار [1,1,1,2,2,2,3,3,4,4,5,5,5]
حاصل می‌شود که بیانگر «دوره‌های رفتاری» جانور است
(الگوریتم ۱). در مثال ذکر شده جانور در سه موقعیت
نخست (یک‌ها در بردار فوق) رفتار استراحتی، سه موقعیت

۳.۲. داده‌های حرکت

دو یوز آسیایی نر (۳ تا ۵ ساله) و یک پلنگ ایرانی با تله‌گذاری تحت مجوز سازمان محیط‌زیست، در بافق یزد به دام افتادند. این دو یوز توسط گردنبندهای GPS دار ورونیکا ساخت آلمان تجهیز شدند و گردنبندها به‌گونه‌ای تنظیم شدند که هر ۸ ساعت موقعیت جانوران را ذخیره کنند و زمان ذخیره روی ساعات ۸، ۱۶ و ۲۴ تنظیم شد. نمودارهای دو بعدی X-Y-Time مسیر حرکت هر سه جانور (شکل ۳ پ-ت)، نشان‌دهنده رفتار قلمروشان بوده و نسبت به جانوران مهاجرتی، جابه‌جایی‌های پیوسته و در محدوده مکانی کوچک و بدون ماندگاری طولانی در یک منطقه محلی را داشته‌اند. مسیر دو یوز (شکل ۳ الف) با تغییرات جزئی شبیه به هم هستند. پلنگ محدوده جغرافیایی کوچک‌تری را پوشش داده است؛ هرچند در بازه زمانی بزرگ‌تری پایش شده است. محدوده اقامت یوزها مشابه و محدوده اقامت یوز ۱ ($1137/15 \text{ km}^2$) سه برابر محدوده اقامت پلنگ ($407/85 \text{ km}^2$) در بازه زمانی مشترک بوده است. سطح محدوده اقامت یوزها با ۹۵ درصد از سطح محدوده اقامت پلنگ همپوشانی داشت (شکل ۱ الف).

تقریباً همه داده‌های GPS دارای مشاهدات از دست‌رفته یا شکاف در داده^{۴۴} هستند. دلیل اصلی آن وجود مانع بین گیرنده و ماهواره است. میزان مشاهدات از دست‌رفته ۴/۵ و ۷ درصد به ترتیب برای یوز ۱ و یوز ۲ بود. مشاهدات از دست‌رفته عمدتاً یک قدمی (۱۶ ساعت) و بعضاً دو قدمی (۲۴ ساعت) بودند. داده پلنگ ۳۴ درصد مشاهده از دست‌رفته با ۱۵۳ شکاف یک قدمی و ۴۷ شکاف دو قدمی داشت. شکاف‌های فراوان در داده پلنگ می‌تواند به دلیل کمین زیر تپه‌ها و صخره‌ها و انسداد مسیر رؤیت ماهواره‌های GPS باشد. همچنین با توجه به اینکه پلنگ بیشتر در حالت حرکتی بوده است، مانع از اخذ موقعیت GPS شده است (Moën et al., 1996). در صورت وجود مشاهدات از دست‌رفته، درون‌یابی، زیرنمونه‌گیری یا تقسیم مسیر حرکت در شکاف‌های بزرگ می‌تواند صورت گیرد. برای حفظ داده از روش درون‌یابی خطی استفاده شد.

این جدایی‌ها، مدل رگرسیون به فاصله دو یوز، متغیر پاسخ و متغیرهای محیطی و فاصله یوز ۱-پلنگ، متغیر مستقل (احتمالاً عوامل مؤثر بر این جدایی) برآزش شد. مؤثر^{۴۲} بودن فاصله یوز ۱-پلنگ در این رگرسیون خطی بیانگر همبستگی بین فاصله یوز ۱-یوز ۲ و یوز ۱-پلنگ است.

۳. پیاده‌سازی و نتایج

در این قسمت بعد از معرفی محدوده مورد مطالعه و ماهیت داده‌های حرکت مورد استفاده، نتایج مربوط به محدوده اقامت، رفتار حرکت، دوره رفتاری و همکنش ارائه می‌شود.

۳.۱. محدوده مورد مطالعه

مطالعه حرکت جانور در محدوده حفاظت‌شده بافق در ایران مرکزی انجام شد (شکل ۳ الف). این منطقه، توسط پروژه یوز آسیایی^{۴۳}، یکی از پنج منطقه مهم حفاظت‌شده برای یوز است. کویر بافق، منطقه‌ای گرم و خشک بوده و در قسمت شمال‌غربی، غربی، جنوبی و جنوب‌شرقی به صورت کویر هموار و در دیگر قسمت‌ها کوهستانی و تپه ماهوری است (Amiraslani & Dragovich, 2011). ارتفاع منطقه بافق در بازه ۱۰۳۱ تا ۲۹۵۸ متر با میانگین ۱۵۹۹ متر و انحراف معیار ۳۶۷ متر از سطح دریا است. ارتفاع زیاد از سطح دریا باعث بارش نادر و افزایش درجه حرارت هوا در بیشتر روزهای سال شده است. جانوران، به خصوص یوز آسیایی و پلنگ، برای بقا بایستی خود را با این شرایط تطبیق دهند. کویر بافق با زیرساخت‌های بشرساخت شامل بزرگراه‌ها، شهرها و روستاها احاطه شده است که شرایط را برای پراکندگی یوز آسیایی دشوارتر می‌کند. شبکه حمل و نقلی مجاور با زیستگاه یوز، خطر مرگ براساس تصادف جاده‌ای در یوز را افزایش می‌دهد. تعداد زیادی از یوزهای آسیایی (۷ قلاده از ۵۰-۷۰ قلاده یوز)، بر اثر تصادفات جاده‌ای در این محدوده تلف شده‌اند (Mohammadi & Kaboli, 2016).

۳.۳. رفتار حرکت

زنجیره پنهان مارکوف، احتمال هر حالت حرکتی را در داده جانور تخمین زده و با روش ویتربی، مسیر حرکت، به دو وضعیت استراحتی و حرکتی طبقه‌بندی شد. برای یوز، حالت حرکتی با توزیع احتمالی گاما با میانگین طول قدم 0.39 (خطای استاندارد 0.09) و انحراف استاندارد 0.3 (خطای استاندارد 0.07) و توزیع زاویه چرخش متمرکزتر (پارامتر تمرکز K در تابع چگالی وان-مایز 0.97 و خطای استاندارد 0.23) تخمین زده شد. به عبارتی پارامتر تمرکز (K) در تابع چگالی احتمال وان-مایز نزدیک به یک است. برای پلنگ، حالت حرکتی با توزیع احتمالی گاما با میانگین طول قدم 0.3 (خطای استاندارد 0.05) و انحراف استاندارد 0.23 (خطای استاندارد 0.04) و زاویه چرخش متمرکزتر (پارامتر تمرکز توزیع وان-مایز 1.35 در حالت حرکتی و 0.59 در حالت استراحتی) تخمین زده شد. در داده یوز، 279 مشاهده حرکتی و 164 مشاهده استراحتی طبقه‌بندی شدند و اکثر موقعیت‌های حرکتی در بازه $0-8-16$ الی قرار داشتند. اگرچه هیچ اختلاف معناداری بین رفتار حرکتی یوز (یا پلنگ) در طول روز (ساعت $0-8-16$) یافت نشد (تست کای-اسکور: $p = 0.131$ برای یوز 1 و $p = 0.233$ برای پلنگ).

در مدل زنجیره پنهان مارکوف، از میان متغیرهای محیطی، فقط سرعت باد، متغیر بهبود دهنده مدل پایه در یوز، معرفی شد. تأثیر سرعت باد تنها در زمان تغییر از وضعیت استراحتی به حرکتی و استراحتی به استراحتی مؤثر بود. با افزایش سرعت باد، احتمال تغییر از وضعیت استراحتی به حرکتی کاهش و احتمال ماندگاری در وضعیت استراحتی افزایش یافت. تنها ارتفاع به‌عنوان متغیر بهبود دهنده مدل پایه در داده پلنگ مؤثر بود. این تأثیر تنها در زمان تغییر از وضعیت حرکتی به استراحتی و ماندگاری در وضعیت حرکتی مؤثر بود. با افزایش ارتفاع احتمال تغییر از حالت حرکتی به استراحتی افزایش و احتمال ماندگاری در حالت استراحتی کاهش یافت.

گردنبند‌های دو یوز از تاریخ ۹ اسفند ۱۳۸۵ تا ۴ تیر ۱۳۸۶ (زمستان، بهار و تابستان) به مدت ۱۳۷ روز (هر گردنبند به‌طور متوسط ۳۸۴ مشاهده)، داده را دریافت کردند و این تا زمانی ادامه داشت که جسد یکی از یوزها که توسط پلنگ ایرانی مورد ردیابی در این مطالعه شکار شده، یافت شد. همچنین حرکت یوز ۱ بعد از برخورد با مسیر حرکت پلنگ متوقف می‌شود (در این لحظه فاصله دو جانور کمتر از ۲ کیلومتر بوده است). سپس گردنبند یوز ۲ مدتی بعد بدون حضور یوز ۲ یافت می‌شود. پلنگ نیز مانند یوز ۲ گردنبندش بدون حضور خودش یافت می‌شود و نهایتاً کل داده حرکت از سنجنده‌های GPS جمع‌آوری شدند.

بر اساس داده‌های GPS، حرکت دو یوز تقریباً مشابه بوده و میانه 45 فاصله آن‌ها در مدت مشاهده ۱۲ متر است. هر چند جدایی‌های بلندتری (تا $15/3$ کیلومتر)، بین آن‌ها در انتهای بازه مشاهداتی‌شان وجود داشت (شکل ۳-پ-ث). دو یوز احتمالاً برادر و عضو یک خانواده بودند. یوزهای نر به جزء در زمان ائتلاف^{۴۶}، معمولاً فردگرا هستند و به‌صورت انفرادی حرکت می‌کنند. یوزهای برادر بعد از اینکه از شیر مادر گرفته می‌شوند، یک ائتلاف تشکیل داده و با هم می‌مانند (Kingdon, 2015). از این‌رو در اینجا فقط داده‌های حرکت یوز نخست به‌عنوان نماینده هر دو یوز در تحلیل‌های ارتباط حرکت با محیط و مقایسه با پلنگ استفاده شده است، زیرا داده‌های آن گپ‌های بزرگ ۲۴ ساعته نداشت.

طبق داده‌های GPS، مسیر حرکت پلنگ ۲۸۲ روز، تقریباً دو برابر زمان مسیر یوزها را پوشش می‌دهد. برای تحلیل‌هایی که مستقیماً پلنگ با یوزها مقایسه شده، داده پلنگ به بازه زمانی مشترک با یوز بریده شده است. مسیرهای پلنگ و یوز ۱، بعد از درون‌یابی خطی به ترتیب ۸۴۶ و ۴۴۳ مشاهده داشتند. بعد از برش مسیر پلنگ به بازه زمانی مشترک با مسیر حرکت یوز ۱، 405 موقعیت هم‌زمان باقی ماند.

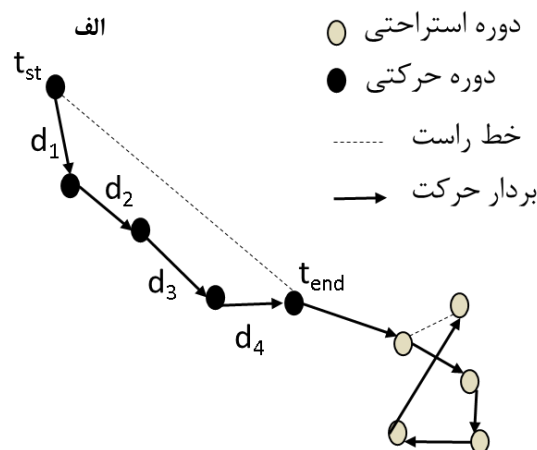
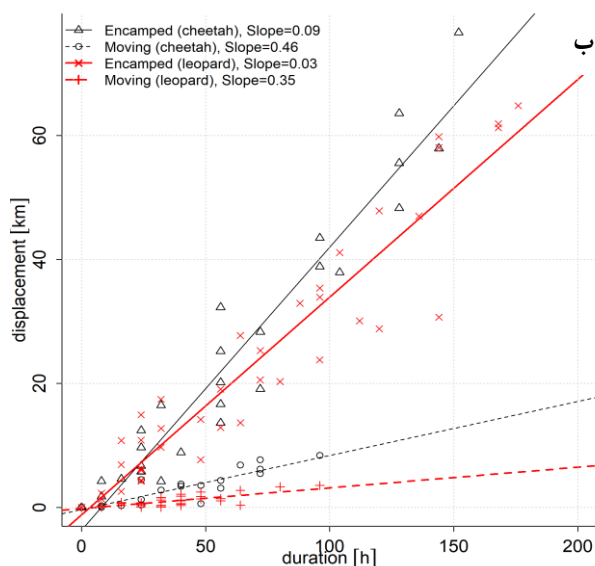
۳.۴. دوره رفتاری

در داده یوز، با استفاده از خلاصه آماره‌های حرکت محاسبه شده در دوره‌های رفتاری، میانگین مدت ماندگاری در دوره استراحتی ۴۱/۶ ساعت (در بازه ۸-۹۶ ساعت)، در حالی که برای دوره حرکتی ۷۱/۷۱ ساعت (در بازه ۵-۱۵۲ ساعت)، تقریباً دو برابر دوره استراحتی بود. در داده پلنگ، میانگین مدت ماندگاری در دوره استراحتی ۳۰ ساعت (در بازه ۰-۹۶ ساعت)، در حالی که برای دوره حرکتی ۶۸ ساعت (در محدوده ۰-۱۷۶ ساعت)، تقریباً دو برابر دوره استراحتی بود. توزیع کمیت جابجایی (شکل ۲ب) یوز و پلنگ در دو دوره رفتاری به‌طور چشمگیری متمایز بود (تست تی: $p < 0.01$). یوز متوسط جابجایی ۲۵/۳ کیلومتر در دوره حرکتی و ۳/۲ کیلومتر در دوره استراحتی داشت. جابه‌جایی کل در دوره حرکتی بازه تغییرات بسیار بزرگ‌تری (به ترتیب ۱/۷-۷۶/۶ کیلومتر) نسبت به دوره استراحتی داشت (به ترتیب ۵/۷-۸/۴ کیلومتر). پلنگ متوسط جابه‌جایی ۲۲/۸ کیلومتر در دوره حرکتی و ۰/۸ کیلومتر در دوره استراحتی داشت. جابه‌جایی کل در دوره حرکتی بازه

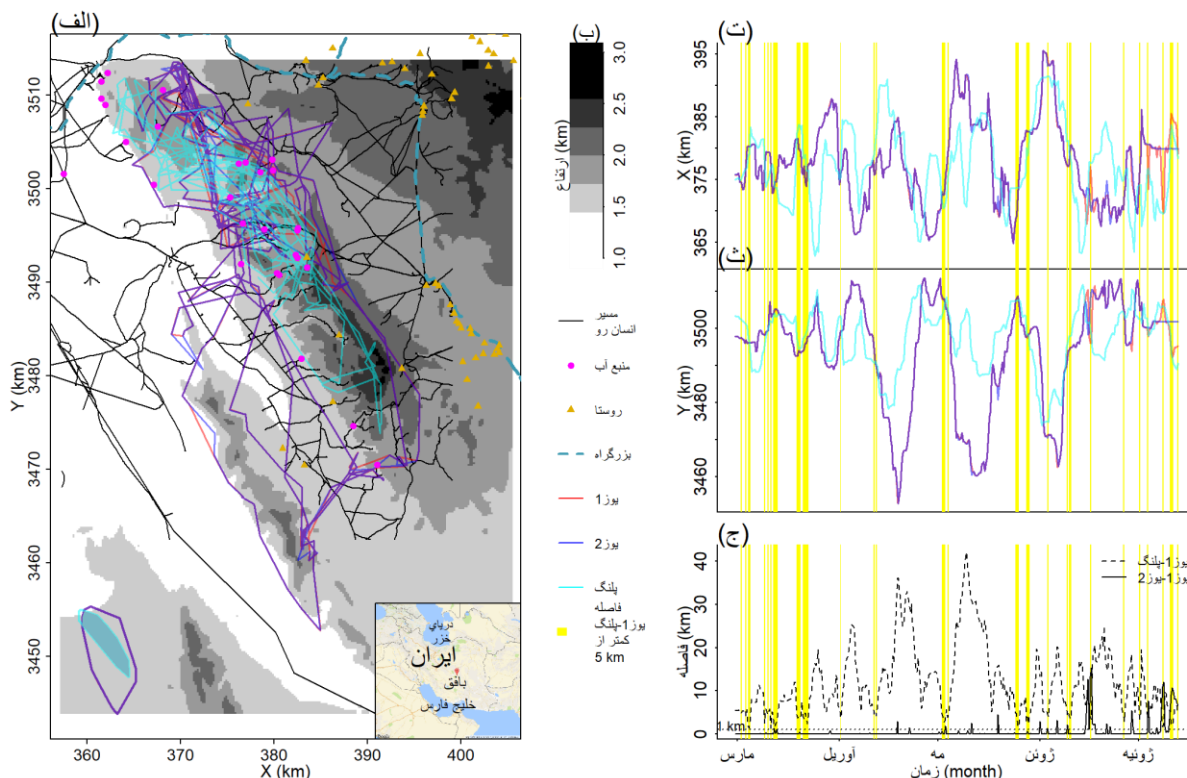
تغییرات بسیار بزرگ‌تری (۰-۶۴ کیلومتر) نسبت به دوره استراحتی داشت (۰-۳/۵ کیلومتر). سرعت جابه‌جایی یوزا در وضعیت حرکتی، ۰/۴۵ km/day، کمی بیشتر از سرعت حرکت پلنگ (۰/۳۵ km/day) بود. در دوره استراحتی، سرعت یوز از پلنگ بیشتر بود (۰/۰۹ km/day در برابر ۰/۰۳ km/day) (شکل ۲ب).

۳.۵. همکنش در نقاط هم‌زمان

دو یوز بیشتر زمان خود را در ائتلاف به سر بردند: میانه فاصله جدایی آن‌ها ۱۲ متر بوده و تقریباً ۸۲ درصد از زمانشان را در فاصله ۱۰۰ متری از هم گذراندند. از اواسط خرداد (شکل ۳ث)، ائتلاف ضعیف‌تر شده و براساس داده‌های ردیابی، چندین جدایی با فواصل بلند، بین دو یوز رخ داده که نهایتاً به مرگ یوزا منجر شد. در بازه مشترک مشاهدات یوزا و پلنگ، کمینه، میانگین و بیشینه فاصله بین یوزا و پلنگ ۰/۴۹، ۱۲/۲۱ و ۴۲/۱۶ کیلومتر بود. شکار یوزا توسط پلنگ، در نخستین بازه ۸ ساعتی کمترین فاصله مشاهده شده در داده‌های حرکتشان صورت گرفته است.



شکل ۲ الف. نمودار پراکنده‌گی، ارتباط بین مدت ماندگاری و جابه‌جایی کل در دوره‌های رفتاری طبقه‌بندی شده براساس حالت رفتاری را نمایش می‌دهد. خطها با استفاده از برازش رگرسیون خطی به داده‌ها ترسیم شده‌اند. شیب هر خط، تخمین پایداری از سرعت هر جانور در هر «حالت رفتاری» است. ب. نمایش تصویری جابه‌جایی کل و خط مستقیم حرکت جانور در دوره رفتاری حرکتی (دایره توپر) و استراحتی (دایره توخالی).



شکل ۳. نقشه منطقه مطالعه شده و نمودارهای سری زمانی مختصات و فاصله جفت-جانور. الف. نقشه منطقه مطالعه شده به همراه لایه‌های مکانی مسیر انسان‌رو، بزرگراه، روستا، منابع آب و مسیرهای جانور. مسیرهای ائتلاف یوزها تقریباً مشابه است. در مکان‌هایی که یوزها جدا شده‌اند، این تمایز رنگ مشخص است. دیتوم: بیضوی WGS84، سیستم تصویر: UTM، زون: ۴۰ شمالی. پایین سمت چپ: مقایسه محدوده اقامت یوزها و پلنگ در بازه زمانی مشترک. یوز محدوده اقامت بزرگ‌تری، تقریباً سه برابر محدوده اقامت پلنگ دارد. سطح محدوده اقامت ائتلاف یوزها ۹۵/۵ درصد از سطح محدوده اقامت پلنگ را می‌پوشاند. ب. راهنمای نقشه و نمودارها پ-ت. پروفیل سری زمانی مختصات x و y. ث. سری زمانی جدایی‌های هر جفت جانور. در (ت-ث-ج)، مسیرهای حرکت به بازه زمانی مشترک برش داده شده و در (ج) فواصل در موقعیت‌های هم‌زمان در ساعت‌های ۰۰+ و ۸:۰۰+ و ۱۶:۰۰+ محاسبه شده‌اند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

این تحقیق به تحلیل دقیق حرکت دو گونه در خطر انقراض از بعد مکانی می‌پردازد. با به‌کارگیری روش‌های آماری و مکانی به داده حرکت یوز و پلنگ، رفتار حرکت جانوران و ارتباط حرکتشان با یکدیگر و با متغیرهای محیطی ارائه شده است. یوزها گستره وسیع‌تری از منطقه بیابانی بافق را نسبت به پلنگ پوشش داده‌اند. همانند هم‌تای آفریقایشان، یوزهای آسیایی شکارگرهایی با حرکت وسیع^{۴۷} هستند که کل زیستگاه پیرامون خود را می‌پیمایند^{۴۸} (Moqanaki & Cushman, 2016). بعد از چهار و نیم ماه ردیابی، ائتلاف دو یوز، حرکت تقریباً یکسانی (میان فاصله ۱۲ متر) بروز داده و یوزی که دقیقاً

انتخاب مدل رگرسیون فاصله یوز ۱-پلنگ (متغیر مستقل) و متغیرهای محیطی (متغیر مستقل) بر فاصله یوز ۱-یوز ۲ (متغیر پاسخ)، به انتخاب مدلی با تابع درجه دو فاصله تا آب، تابع درجه دو ارتفاع و رابطه خطی فاصله یوز ۱-پلنگ به‌عنوان متغیرهای مؤثر منجر شد. فاصله یوز ۱-پلنگ بیشترین واریانس موجود در متغیر پاسخ را تشریح کرد. این موضوع بدین معنا است که احتمال جدایی دو یوز، وقتی که پلنگ به آن‌ها نزدیک‌تر بوده (با بیشینه احتمال در فاصله ۰/۵ کیلومتر)، بیشتر شده است. برعکس، یوزها در فواصل میانی تا آب و ارتفاعات متوسط (تراکم بیشتر طعمه)، احتمال جدایشان کمتر بوده است.

بررسی شد، نماینده حرکت هر دو بود. در محیطی با جمعیت کم و پراکنده از یوز، حرکت آن‌ها اساساً با اجتناب از زیرساخت‌های بشرساخت همراه بود. محدوده اقامت یوزها توسط بزرگراه‌های شمالی و شرقی محاط شده است و یوزها هرگز نزدیک‌تر از ۲/۵ کیلومتر به بزرگراه‌ها نشدند. یوزها در محدوده ۱۱۰۰ کیلومترمربع (۶۰/۸ کیلومتر شمالی تا جنوب و ۳۰/۷ کیلومتر غرب به شرق) حرکت بازگشتی داشته و عمدتاً در محدوده کوهستانی قسمت شمالی منطقه، با چندین سفر طولانی حلقه‌ای به کوه‌های جنوب غربی، حرکت کرده‌اند. زمان نسبتاً کمی صرف نواحی هموار بین رشته‌کوه‌های شمالی-جنوبی شده است. پلنگ تمایل به ماندن در مناطق مرکزی و شمالی کوهستانی منطقه بافق را داشته است و هرگز به چند کیلومتری بزرگراه نزدیک نشده که بیانگر اجتناب آن از عناصر انسانی است.

رفتار اجتماعی و حرکتی یوز آفریقایی، با مادگان منفرد^{۴۹} و کوچ‌گرا^{۵۰} و نرهای اجتماعی‌تر و غیرمهاجر^{۵۱}، در بین گربه‌سانان بی‌همتا است. نرها معمولاً از قلمرو کوچک خود (۳۷ تا ۸۰ کیلومترمربع) دفاع می‌کنند یا نرهای شناور^{۵۲}، نواحی وسیع‌تری را پوشش می‌دهند، درحالی‌که ماده‌ها قلمروگرا نبوده و نواحی وسیعی (۵۰-۳۰۰۰ کیلومتر مربع) را طی می‌کنند. متوسط محدوده نرهای شناور در سرنگاتی آفریقا ۷۷۷ کیلومتر مربع است (Gottelli et al., 2007). یوزهای آسیایی در این مطالعه با بیش از ۱۱۳۷ کیلومتر مربع، بیشتر شبیه به مادگان مهاجر آفریقایی حرکت کرده‌اند. هر چند شرایط زندگی در سرنگاتی، عمدتاً با صحرای بافق با طعمه کم متفاوت است. علاوه بر این، محدوده اقامت گزارش شده در این مطالعه کوچک‌تر از محدوده اقامت گزارش شده برای یک ماده یوز آسیایی و سه توله (۳۶۰۰ کیلومترمربع) و یک ائتلاف از ۳ یوز نر آسیایی (۴۸۰۰ کیلومتر مربع) در سه سال بوده است (Farhadinia et al., 2013).

شایان ذکر است که دقت در شناسایی رفتار حرکتی و استراحتی محدود به بازه ۸ ساعته بین مشاهدات بود. یوزهای آفریقایی بیشتر روز (تا ۹۰ درصد در روزهای گرم) را استراحت می‌کنند (Bothma & Walker, 2013) و بیشتر در صبح زود و غروب فعال هستند. یک سیگنال ضعیف از احتمال قوی‌تر حالت استراحتی در طول شب (۱۶-۲۴) نسبت به نیمه‌شب (۸:۰۰-۰۰:۰۰) و روز (۱۶:۰۰-۸:۰۰) ملاحظه شد. با توجه به خشک و بیابانی بودن منطقه (میانگین دمای روزانه ۲۷ درجه با بیشینه ۴۶ درجه در سال ۲۰۰۷)، احتمالاً یوزهای آسیایی بیشتر روز را استراحت می‌کنند. بنابراین وضعیت استراحتی، می‌تواند بازه‌ای از زمان با حرکت محلی (سرعت کمتر از 2 km/day) و احتمالاً مرتبط با هضم طعمه‌های بزرگ‌تر، یا ماندگاری در یک سایت برای شکار، تفسیر شود.

شیب رگرسیون جابه‌جایی بر مدت ماندگاری در حین حرکت به ترتیب ۰/۴۶ km/h و ۰/۳۵ km/h برای یوز و پلنگ، تخمینی پایدار^{۵۳} از سرعت حرکت بود. در دوره حرکتی استثنایی، یوز ۱۳۰ کیلومتر را در ۱۴/۵ روز در منطقه حفاظت‌شده (بافق) حرکت کرده است. یوز بین ۳ نقطه حساس، در قسمت‌های شمال-غربی و مرکزی محدوده اقامت، احتمالاً برای شکار طعمه به‌طور پیوسته رفت‌وآمد کرده، اما موفقیتی در شکار نداشته است. حرکت‌های طولانی مشابه (۱۵۰ کیلومتر) از یوز گزارش شده (Farhadinia et al., 2013)، هر چند آن حرکت برای اتصال چندین منطقه حفاظت‌شده بوده است. پلنگ در ۵ دوره حرکتی استثنایی، محدوده اقامتش را می‌پیماید. دلیل این جستجو می‌تواند نامناسب بودن زیست‌بوم و جستجوی مداوم پلنگ برای طعمه باشد.

مؤثر بودن فاصله پلنگ-یوز ۱ در رگرسیون خطی، بیانگر نوعی جذب دوره‌ای بین پلنگ و ائتلاف یوزها است. تشخیص اینکه یوزها با نزدیک شدن پلنگ از هم دور شدند یا پلنگ وقتی که ائتلاف ضعیف شده، به یوزها نزدیک شده، غیرممکن است. این جذب، در میان دیگر امان‌های زیست‌بوم شامل ارتفاع و فاصله تا آب، عاملی بر

گونه‌های پراکنده و با محدوده اقامت بزرگ مانند یوز کافی نیست (Durant et al., 2016). برای حفاظت از دو گونه در حال انقراض می‌توان گفت که منطقه بافق به نظر یک زیست‌بوم مناسب برای پلنگ است، درحالی‌که محافظت از یوز آسیایی وابسته به ایجاد راهروهای متصل‌کننده بین بافق و مناطق حفاظت‌شده دیگر، یا گسترش زیست‌بوم حفاظت‌شده بافق به کوه‌های جنوبی است (Farhadinia et al., 2016; Moqanaki & Cushman, 2016). ایجاد فضای حفاظت‌شده مخصوص این گونه از دیگر ابزارهای حفاظت از آن‌ها است (Durant et al., 2016).

۵. تشکر و قدردانی

نویسندگان از برنامه توسعه سازمان ملل^{۶۱} و سازمان محیط‌زیست، برای حمایت مالی از داده‌های پروژه، پروژه حفاظت از یوز آسیایی^{۶۲} برای هماهنگی، جامعه حفاظت حیات وحش^{۶۳}، برای فناوری و تخصص جمع‌آوری داده تشکر می‌کنند. به‌ویژه از جناب آقای هومن جوکار و جواد نجفی از پروژه حفاظت از یوز آسیایی و لوک هانترو استفان استروفسکی از جامعه حفاظت از حیات وحش برای همکاری و نظرهای سازنده ایشان درباره زیست‌بوم یوز آسیایی قدردانی می‌شود.

یادداشت‌ها

1. *Panthera leo persicus*
2. *Panthera tigris virgata*
3. *Acinonyx jubatus venaticus*
4. *Panther pardus saxicolor*
5. *Lynx lynx dinniki*
۶. قفقاز (Caucasus)، ناحیه‌ای در مرز آسیا و اروپا میان دریای خزر و دریای سیاه است که رشته‌کوه قفقاز در آن واقع است.
7. Habitat
8. Conservation
9. United Nations Development Business
10. World Conservation Society
11. International Union for Conservation of Nature
12. www.cacp.ir
13. GPS Collar
14. GIScience
15. Ecology

جدایی دو یوز بوده است. جستجو برای جفت‌گیری و زاد و ولد، یا اثرپذیری از حضور دیگر یوزهای نر، عوامل ممکن اما غیرمحمتمل بر جدایی دو یوز است. زیرا تعداد یوزها در منطقه بافق بسیار محدود است.

شکارگران رأس^{۵۴} (پلنگ)، با ایجاد وحشت و شکار شکارگران میانی^{۵۵} (یوز)، از رشد آن‌ها ممانعت می‌کنند. این ایجاد وحشت و شکار به تغییر در رفتار حرکت، نحوه استفاده از زیست‌بوم، توزیع و فراوانی^{۵۶} شکارگران میانی منجر می‌شوند (Ritchie & Johnson, 2009). تغییر در توزیع زاویه چرخش یوز ۱ بعد از نخستین جدایش از یوز ۲ می‌توانسته به دلیل نوعی آسیب جسمی باشد. براساس گزارش‌های شفاهی میدانی، این پلنگ به‌طور ساختاریافته، از یوز شکار شده تغذیه نکرده است که بیانگر شکار برای حذف رقیب است. پلنگ به‌طور ساختاریافته ماهیچه‌های شکارش را هدف قرار می‌دهد (Farhadinia et al., 2018) و در مورد یوز ۱ ماهیچه‌ها مورد هدف قرار نگرفته‌اند. علاوه‌براین، در زمان رویداد لاشه طعمه دیگری در محدوده یافت شده که احتمالاً پلنگ از آن تغذیه کرده است.

تهدید اصلی پلنگ در ایران، اختلال در زیست‌بوم، تعقیب و شکار غیرمجاز توسط انسان‌ها است. یوزها علاوه بر مواجهه با این ریسک‌ها، شدیداً نسبت به پلنگ^{۵۷} آسیب‌پذیرند. حذف شکارگران رأس به شیوع شکارگران میانی^{۵۸} می‌انجامد که خود به شکار بیشتر طعمه‌های کوچک‌تر و در برخی مواقع به تزلزل زیستگاه و انقراض محلی این طعمه‌ها منجر می‌شوند (Conner & Morris, 2015; Prugh et al., 2009). حذف شکارگران میانی می‌تواند به ازدیاد طعمه‌های کوچک‌تر و همچنین شکارگران رأس بیانجامد که خود به شکار دام اهلی منجر شده و مستعد کنترل مرگ‌آور^{۵۹} است.

صیانت و حفاظت از مناطق حفاظت‌شده، از کلیدی‌ترین ابزارها در حفاظت از تنوع زیستی^{۶۰} است. هر چند این رویکرد برای بسیاری از گونه‌ها، مخصوصاً

42. Significant
 43. Conservation of Asiatic Cheetah (CACP; www.cacp.ir)
 44. Gap
 45. median
 46. coalition
 47. Wide-ranging
 48. Habitat generalist
 49. Solitary
 50. Nomadic
 51. Sedentry
 52. floater
 ۵۳. منظور از تخمین پایدار (robust) تخمینی است که نسبت به خطای فاحش (outlier) حساس نباشد.
 54. Apex-predator
 55. Meso-predator
 56. Abundance
 ۵۷. هر چند حضور گرگ خاکستری، گفتار و شغال در منطقه بافق تهدیدی برای یوز محسوب نمی‌شود.
 ۵۸. به این پدیده در زیست بوم‌شناسی، meso-predator release می‌گویند.
 59. Lethal control (کشتار جانور توسط انسان برای کنترل (جمعیت)
 60. Biodiversity
 61. UNDP (united nation development plan)
 62. Conservation of Asiatic cheetah project (CACP)
 63. WCS (wildlife conservation society)

16. Computational movement analysis (CMA)
 17. Mobility
 18. Movement ecology
 ۱۹. قسمت‌هایی که جانور رفتار حرکت ثابتی داشته است.
 20. Brownian bridge kernel
 ۲۱. روش Product kernel زمان روز را یک آماره دایره‌ای در نظر می‌گیرد.
 22. Single-linkage cluster analysis
 23. Local convex hulls
 24. Convex hull
 25. Characteristic hull
 26. Isopleth
 27. 100% minimum convex polygon (MCP)
 28. Energetics
 29. Time budgeting
 30. Segmentation
 ۳۱. داده‌های GPS (با حدود ۱۰ متر خطا) نسبت به ARGOS (تا چند کیلومتر) خطای کمی دارد.
 32. Resting
 33. Moving
 34. Encamped (resting) behavior
 35. Uniform distribution
 36. Skewness
 37. Concentration (kappa)
 ۳۸. در بوم‌شناسی مکانی کلمه behavioral bout یا دوره رفتاری استفاده می‌شود.
 39. Cumulative sum
 40. Beeline
 ۴۱. کلمات همکنش حیات وحش (wildlife interaction)، برهمبستگی حرکت (interdependence) یا پویایی جمعیت (group dynamics) در تحقیقات دیده می‌شوند و معادل هم هستند.

منابع

- Amiraslani, F. and Dragovich, D. 2011. Combating desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches. *Journal of Environmental Management* 92, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.08.012>
- Backstrom, L., Huttenlocher, D., Kleinberg, J. and Lan, X. 2006. Group Formation in Large Social Networks: Membership, Growth, and Evolution, in: *Proceedings of the 12th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD '06*. ACM, New York, NY, USA, pp. 44–54. <https://doi.org/10.1145/1150402.1150412>
- Bothma, J. du P. and Walker, C. 2013. *Larger Carnivores of the African Savannas*. Springer Science & Business Media.
- Burt, W.H. 1943. Territoriality and Home Range Concepts as Applied to Mammals. *Journal of Mammalogy* 24, 346–352. <https://doi.org/10.2307/1374834>
- Conner, L.M. and Morris, G. 2015. Impacts of Mesopredator Control on Conservation of Mesopredators and Their Prey. *PLOS ONE* 10, e0137169. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137169>
- Downs, J.A. and Horner, M.W. 2009. A characteristic-hull based method for home range estimation. *Transactions in GIS* 13, 527–537. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2009.01177.x>

- Durant, S.M., Mitchell, N., Groom, R., Pettorelli, N., Ipavec, A., Jacobson, A.P., Woodroffe, R. and et al. 2016. The global decline of cheetah *Acinonyx jubatus* and what it means for conservation. PNAS 201611221. <https://doi.org/10.1073/pnas.1611122114>
- Farhadinia, M.S., Akbari, H., Mousavi, S.-J., Eslami, M., Azizi, M., Shokouhi, J., Gholikhani, N. and Hosseini-Zavarei, F. 2013. Exceptionally long movements of the Asiatic cheetah *Acinonyx jubatus venaticus* across multiple arid reserves in central Iran. Oryx 47, 427–430. <https://doi.org/10.1017/S0030605313000641>
- Farhadinia, M.S., Alinezhad, H., Hadipour, E., Memarian, I., Ostrowski, S., Hobeali, K. and et al. 2018. Intraspecific killing among leopards (*Panthera pardus*) in Iran (Mammalia: Felidae). Zoology in the Middle East.
- Farhadinia, M.S., Gholikhani, N., Behnoud, P., Hobeali, K., Taktehrani, A., Hosseini-Zavarei, F., Eslami, M. and Hunter, L.T.B. 2016. Wandering the barren deserts of Iran: Illuminating high mobility of the Asiatic cheetah with sparse data. Journal of Arid Environments 134, 145–149. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.06.011>
- Farhadinia, M.S., Moqanaki, E.M. and Hosseini-Zavarei, F. 2014. Predator–prey relationships in a middle Asian Montane steppe: Persian leopard versus urial wild sheep in Northeastern Iran. Eur J Wildl Res 60, 341–349. <https://doi.org/10.1007/s10344-013-0791-y>
- Getz, W.M., Fortmann-Roe, S., Cross, P.C., Lyons, A.J., Ryan, S.J. and Wilmers, C.C. 2007. LoCoH: Nonparametric Kernel Methods for Constructing Home Ranges and Utilization Distributions. PLOS ONE 2, e207. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000207>
- Gottelli, D., Wang, J., Bashir, S. and Durant, S.M. 2007. Genetic analysis reveals promiscuity among female cheetahs. Proc Biol Sci 274, 1993–2001. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.0502>
- Gudmundsson, J., Laube, P. and Wolle, T. 2011. Computational Movement Analysis, in: Kresse, W., Danko, D.M. (Eds.), Springer Handbook of Geographic Information. Springer Berlin Heidelberg, pp. 423–438. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72680-7_22
- Gurarie, E., Bracis, C., Delgado, M., Meckley, T.D., Kojola, I. and Wagner, C.M. 2016. What is the animal doing? Tools for exploring behavioural structure in animal movements. J Anim Ecol 85, 69–84. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12379>
- Han, J., Pei, J. and Kamber, M. 2011. Data Mining: Concepts and Techniques. Elsevier.
- Hand, D.J., Mannila, H. and Smyth, P. 2001. Principles of Data Mining. MIT Press.
- Kenward, R.E., Clarke, R.T., Hodder, K.H. and Walls, S.S. 2001. Density and linkage estimators of home range: nearest-neighbor clustering defines multinuclear cores. Ecology 82, 1905–1920. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[1905:DALEOH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[1905:DALEOH]2.0.CO;2)
- Kingdon, J., 2015. The Kingdon Field Guide to African Mammals: Second Edition. Bloomsbury Publishing.
- Langrock, R., King, R., Matthiopoulos, J., Thomas, L., Fortin, D. and Morales, J.M. 2012. Flexible and practical modeling of animal telemetry data: hidden Markov models and extensions. Ecology 93, 2336–2342. <https://doi.org/10.1890/11-2241.1>
- Laube, P., 2014. Computational Movement Analysis. Springer.
- Long, J.A., Nelson, T.A., Webb, S.L. and Gee, K.L. 2014. A critical examination of indices of dynamic interaction for wildlife telemetry studies. J Anim Ecol 83, 1216–1233. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12198>
- Michelot, T., Langrock, R. and Patterson, T.A. 2016. moveHMM: an R package for the statistical modelling of animal movement data using hidden Markov models. Methods Ecol Evol 7, 1308–1315. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12578>
- Miller, H.J. and Han, J. 2009. Geographic Data Mining and Knowledge Discovery, Second Edition. CRC Press.
- Moen, R., Pastor, J., Cohen, Y. and Schwartz, C.C. 1996. Effects of Moose Movement and Habitat Use on GPS Collar Performance. The Journal of Wildlife Management 60, 659–668. <https://doi.org/10.2307/3802085>
- Mohammadi, A. and Kaboli, M. 2016. Evaluating wildlife–vehicle collision hotspots using kernel-based estimation: a focus on the endangered Asiatic cheetah in central Iran. Human-Wildlife Interactions 10.
- Mohr, C.O. 1947. Table of Equivalent Populations of North American Small Mammals. The American Midland Naturalist 37, 223–249. <https://doi.org/10.2307/2421652>
- Moqanaki, E.M. and Cushman, S.A. 2016. All roads lead to Iran: Predicting landscape connectivity of the last stronghold for the critically endangered Asiatic cheetah. Anim Conserv n/a-n/a. <https://doi.org/10.1111/acv.12281>
- Nathan, R. 2008. An emerging movement ecology paradigm. PNAS 105, 19050–19051. <https://doi.org/10.1073/pnas.0808918105>

- Nathan, R., Getz, W.M., Revilla, E., Holyoak, M., Kadmon, R., Saltz, D. and Smouse, P.E. 2008. A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *PNAS* 105, 19052–19059. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800375105>
- Prugh, L.R., Stoner, C.J., Epps, C.W., Bean, W.T., Ripple, W.J., Laliberte, A.S. and Brashares, J.S. 2009. The Rise of the Mesopredator. *BioScience* 59, 779–791. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.9.9>
- Ripple, W.J., Estes, J.A., Beschta, R.L., Wilmers, C.C., Ritchie, E.G., Hebblewhite, M. and et al. 2014. Status and Ecological Effects of the World's Largest Carnivores. *Science* 343, 1241484. <https://doi.org/10.1126/science.1241484>
- Ritchie, E.G. and Johnson, C.N. 2009. Predator interactions, mesopredator release and biodiversity conservation. *Ecol. Lett.* 12, 982–998. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01347.x>
- Schmitz, O.J., Hawlena, D. and Trussell, G.C. 2010. Predator control of ecosystem nutrient dynamics. *Ecology Letters* 13, 1199–1209. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01511.x>
- Wasserman, L. 2013. *All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference*. Springer Science & Business Media.
- Zucchini, W. and MacDonald, I.L. 2009. *Hidden Markov Models for Time Series: An Introduction Using R*. CRC Press.