



آلودگی نوری و پیامدهای منفی آن بر حفاظت از تنوع زیستی

غلامرضا نادری

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل

تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۱۵

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲

چکیده

آلودگی نوری تهدیدی رو به گسترش بوده که زیستگاه های حساس و حیات وحش را متاثر ساخته است. تاثیر میزان نور طبیعی در تنظیم برهم کنش گونه های مختلف تاکنون توسط پژوهشگران بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. اما به جز موارد معدود، مطالعه ای در مورد تبعات نور مصنوعی بر این برهم کنش ها انجام نشده است. با گسترش سکونت گاه های انسانی، میزان نور مصنوعی نیز رو به افزایش گذاشته است به نحوی که بر زیست شناسی و بوم شناسی گونه های حیات وحش اثراتی اساسی باقی گذاشته است. برخی از اثرات افزایش نور مصنوعی بر گروه های تاکسونومیکی خاص شناخته شده می باشد. مثلا مرگ و میر پرندگان مهاجر در اطراف سازه های نورانی بلند و همچنین اشتباه در جهت یابی لاکپشت های دریایی به دلیل افزایش نور مصنوعی در محل های زادآوری، اختلال در زمان فعالیت پستانداران کوچکی مثل جوندگان آنها قابل ذکر می باشند. اثرات افزایش نور مصنوعی در طول شب بر رفتار و بوم شناسی جوامع گونه ها کمتر مورد بررسی قرار گرفته و موضوعی جدید برای پژوهش در بوم شناسی و چالش های حفاظت می باشد.

واژه های کلیدی: آلودگی نوری، بوم شناسی، حفاظت، بوم سازگان ها

میزان

اصطلاح «آلودگی نوری» سال‌های زیادی است که توسط حامیان محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد که عمدتاً به کاهش دید انسان‌ها از آسمان در طول شب اطلاق می‌گردد. چنین آلودگی اصطلاحاً «آلودگی نوری نجومی» نامیده می‌شود که منظره ستاره‌ها و سایر اجسام نورانی آسمانی در شب قابل رؤیت نیست. طبق تعریف، آلودگی نوری عبارت است از «هرگونه اثر منفی نور مصنوعی شامل انعکاس نور در آسمان، درخشش، وارد شدن نور به محدوده خصوصی، اغتشاش نوری، کاهش قابلیت دید در شب و هدر روی انرژی». نوری که از آسمان منعکس می‌گردد «درخشش آسمانی» نامیده می‌شود. تغییر الگوهای طبیعی روشنایی و تاریکی در بوم‌سازگان‌ها به وسیله نور مصنوعی «آلودگی بوم شناختی نوری» نامیده می‌شود. منابع آلودگی بوم‌شناختی نوری شامل درخشش آسمانی، ساختمان‌ها و برج‌های نورانی، چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها، قایق‌های ماهیگیری، چراغ‌های امنیتی، چراغ اتومبیل‌ها، نور متصاعد شده از سکوها نفتی و حتی نورهای متصاعد شده از شناورهای تحقیقاتی زیر دریا و ... که همگی با درجاتی متفاوت باعث ایجاد اختلال در بوم‌سازگان‌ها می‌شوند. بنابراین این پدیده اثرات بالقوه‌ای در گستره‌ای از مقیاس‌های مکانی و زمانی را در برمی‌گیرد.

آلودگی نوری بوم شناختی، مسأله‌ای جهانی است (الویج و همکاران ۱۹۹۷). اولین اطلس روشنایی مصنوعی آسمان در طول شب حاکی از آن است که آلودگی نوری نجومی به تمامی قاره‌های مسکون گسترش یافته است. فقط ۴ درصد آمریکایی‌ها در محل‌هایی زندگی می‌کنند که در طول شب کاملاً تاریک است و ۱۸/۷ درصد سطح خشکی زمین در معرض روشنایی آسمان در طول شب یا همان آلودگی نوری نجومی است که از نظر استانداردهای علم نجوم آلوده محسوب می‌شود. (سینزانو و همکاران ۲۰۰۱). بوم‌سازگان‌هایی که تحت تأثیر این میزان نور قرار دارند و نورهایی که در روشنایی آسمان نقشی ندارند نیز تبعات بوم

انسان به عنوان گونه‌ای روز فعال، مدتی مدید است که به دنبال راه‌کارهای افزایش میزان نور محیط در طی شب می‌باشد. قبل از انقلاب صنعتی، تولید نور با کمک سوزاندن انواع مواد مثل چوب، نفت و حتی ماهی خشک‌شده انجام می‌شد. در عین حال که این روش‌های تولید نور، بر رفتار و بوم‌شناسی حیوانات به صورت محلی تأثیر می‌گذاشت ولی این اثرات محدود بودند. گسترش سریع ابزار الکترونیکی مولد نور، محیط را در طول شب در محدوده‌ای بسیار وسیع در سطح کره زمین دستخوش تغییر نموده است. حیوانات و گیاهان در طی میلیون‌ها سال به چرخه‌های نوری شب و روز سازش یافته‌اند و این سازش رفتارهای بسیاری را تکامل بخشیده است که از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. رفتارهای بسیاری مثل تغذیه، تولیدمثل، اجتناب از طعمه خواران، مهاجرت، مسیریابی و ... توسط افزایش نور مصنوعی در محیط دستخوش تغییر می‌شوند. در آمریکای شمالی سالانه صد میلیون پرنده در اثر برخورد با ساختمان‌های بلند نورانی و برج‌ها از بین می‌روند.

بوم‌شناسان از گسستگی بالقوه نظام‌های بوم‌شناختی در اثر نور مصنوعی کاملاً غافل نشده‌اند. برخی پژوهشگران، اثرات بالقوه نور مصنوعی بر گروه‌های تاکسونومیک و بوم‌سازگان‌ها را مورد مطالعه قرار داده‌اند (هیل ۱۹۹۰، فرانک ۱۹۸۸، اشمیدل ۲۰۰۱، ورهجن ۱۹۸۵، سالمون ۲۰۰۳). در این مقاله، مطالعات صورت گرفته بر این موضوع و نقش آلودگی نوری در تغییر برهم کنش‌های بوم‌شناختی تاکسون‌ها، مورد بررسی قرار گرفته است.

در ابتدا مقیاس و میزان آلودگی نوری بوم‌شناختی و رابطه آن با آلودگی نوری نجومی و اندازه‌گیری نور برای پژوهش بوم‌شناختی مورد بحث قرار گرفته سپس اثرات نور مصنوعی بر رفتار، بوم‌شناسی جمعیت، بوم‌شناسی جامعه و بوم‌شناسی بوم‌سازگان‌ها به ترتیب مورد بررسی قرار گرفته است. چنین طبقه‌بندی، به نوعی میزان گسترش تبعات بالقوه آلودگی نوری بوم‌شناختی را نیز نشان می‌دهد.

شناختی به همراه دارند. با اطمینان به اینکه آلودگی بوم‌شناختی نوری، نسبتی بیشتر از سطح زمین را در بر می‌گیرد.

روشنایی ناشی از شناورهای ماهیگیری، سکوهای نفتی دور از ساحل و کشتی‌ها باعث ایجاد اختلال در روشنایی اقیانوس‌ها در طول شب می‌شوند. مناطق حاره، به ویژه به تغییر الگوهای روشنایی و تاریکی (در دوره ۲۴ ساعته) حساسند چرا که در طول سال چرخه‌های روزانه ثابت می‌باشند (گلیویچ ۱۹۹۹). یک شب کوتاه‌تر یا روشن‌تر، گونه‌های سازش یافته با الگوهای ثابت روشنایی و تاریکی را بیشتر از گونه‌های سایر مناطق که به تغییرات عمده‌ی فصلی سازگار شده‌اند، تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته گونه‌های مناطق قطبی و معتدله که فقط در بخشی از سال فعالیت می‌کنند از این کلیت مستثنی می‌باشند. گونه‌های مناطق معتدله نیز در صورتی که به تغییرات طول روز به عنوان کلیدهای رفتاری وابسته باشند، تحت تأثیر قرار خواهند گرفت.

اندازه‌گیری‌ها و واحدها

اندازه‌گیری آلودگی بوم‌شناختی نوری در منطقه‌ای خاص مستلزم تعیین روشنایی در آن منطقه می‌باشد. روشنایی عبارت است از مقدار نور تابیده شده در هر واحد سطح.

نور از نظر شدت (تعداد فوتون‌ها در واحد سطح) و محتوای طیفی (طول موج) متفاوت می‌باشد. به همین ترتیب، باید بوم‌شناسان میزان روشنایی را بر اساس فوتون در هر متر مربع در هر ثانیه و همچنین نوع طول موج‌های موجود در نور را اندازه‌گیری نمایند. اغلب میزان روشنایی بر اساس لوکس (Lux) اندازه‌گیری می‌شود که میزان روشنایی نور دریافت شده توسط چشم انسان را بیان می‌کند. لوکس بیشتر بر طول موج‌های نوری تأکید می‌کند که چشم انسان به بهترین حالت می‌بیند و بر آن طول موج‌هایی که به شکلی ضعیف توسط چشم انسان دریافت می‌شود کمتر تأکید می‌شود. لوکس میزان روشنایی و شدت نور دریافت شده توسط چشم انسان نیز تعریف می‌شود.

از آنجایی که سایر ارگانیسم‌ها به شکلی متفاوت نور را دریافت می‌کنند (و همچنین طول موج‌هایی که برای انسان‌ها قابل مشاهده نیستند) باید مطالعات آتی در مورد آلودگی بوم‌شناختی این واکنش‌ها را شناسایی کرده و میزان نور را اندازه‌گیری نمایند. به عنوان مثال گال و همکاران (۱۹۹۹) منحنی واکنش برخی میگوها به نور را محاسبه کرده و میزان روشنایی را بر حسب لوکس و بنا بر حساسیت طیفی گونه‌ها تعیین کردند. بوم‌شناسان در محاسبه شرایط نوری با مشکلات عملی روبرو هستند، لوکس استاندارد است که تقریباً توسط تمامی طراحان نور، مهندسان برق و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای اخذ اطلاعات از آنها باید از واحد لوکس استفاده نمود. با این وجود، استفاده از لوکس اطلاعات زیستی مرتبط را در نظر نمی‌گیرد. شدت و طول موج نوری با این واحد چندان بیان نمی‌شود. به عنوان مثال لامپ‌های سدیم فشار بالا به دلیل وجود نور فرابنفش برخی از حشرات را جلب می‌نمایند اما لامپ‌های سدیم فشار پایین با شدت یکسان، چون نور فرابنفش تولید نمی‌کنند باعث جلب این حشرات نمی‌شوند (ریدل ۱۹۹۲). با این وجود، به دلیل لزوم استفاده از واحدی مشترک با متخصصین امر و همچنین کاربرد گسترده در گذشته و حال بهتر است از لوکس استفاده شود.

بوم‌شناسان همچنین جنبه‌های محیط نور را به غیر از سطوح مطلق روشن اندازه‌گیری می‌کنند. تغییر ناگهانی در روشنایی برای برخی گونه‌ها ایجاد اختلال می‌نماید (بوچانان ۱۹۹۳). بنابراین درصد تغییر در نرخ روشنایی یا اندازه‌گیری‌های مشابه غیرممکن است مرتبط باشد. بوم‌شناسان همچنین درخشندگی (یعنی روشنایی) منبع تولید نور را نیز که برای ارگانیسم‌ها قابل مشاهده است اندازه‌گیری می‌نمایند.

بوم‌شناسی رفتار و جمعیت

آلودگی بوم‌شناختی نوری به صورت اثرات قابل تشریح بر بوم‌شناسی رفتار و جمعیت ارگانیسم‌ها در زیستگاه‌های

طبیعی تأکید می‌نماید. این اثرات شامل تغییر در جهت یابی، اختلال در جهت‌یابی یا عدم جهت‌یابی و جذب شدن یا دور شدن از محیط تغییر یافته از نظر میزان نور، که در عوض باعث تحت تأثیر قرار گرفتن تغذیه، تولیدمثل، مهاجرت و ارتباطات می‌گردد. بسیاری از حیوانات به ویژه پستانداران کوچک شب فعال از میزان نور مهتاب به عنوان کلیدی برای شروع فعالیت خود استفاده می‌نمایند. در بسیاری از موارد حتی میزان نور مهتاب بر شدت خطر طعمه خواری نیز تاثیر دارد.

اختلال در جهت‌یابی، جلب شدن یا گریزان شدن

جهت‌یابی و عدم جهت‌یابی واکنشی است به میزان روشنایی محیط (یعنی میزان نوری از سطح اشیا در محیط پراکنده می‌گردد). در مقابل جلب شدن یا دور شدن از منبع نور واکنشی به درخشندگی یا روشنایی منبع نور دارد. افزایش روشنایی ممکن است باعث امتداد یافتن رفتارهایی مثل روزفعالی یا فعالیت در اوایل طلوع یا غروب (crepuscular) به شب، و بهبود بخشیدن به توانایی حیوان در جهت‌یابی شود.

بسیاری از پرندگان روز فعال (هیل ۱۹۹۰) و خزندگان (شوارتز و هندرسون ۱۹۹۱) در زیر نور مصنوعی به تغذیه می‌پردازند. اصطلاحاً به این مسأله «آشیان بوم شناختی روشن شب» اطلاق می‌گردد و به نظر برای گونه‌هایی مفید است که می‌توانند از آن بهره‌برداری کنند ولی برای گونه‌های طعمه مفید نیست (شوارتز و هندرسون ۱۹۹۱). علاوه بر تغذیه و جهت‌یابی ممکن است رفتارهایی دیگر مثل آوازخوانی برای تعیین قلمرو (برگن و آبس ۱۹۹۷) نیز تحت تأثیر قرار بگیرد. در مرغ مقلد آمریکای شمالی نرها قبل از جفت‌گیری در طول شب آواز می‌خوانند اما وقتی جفت‌گیری کردند فقط در مناطقی که دارای روشنایی مصنوعی و یا زمانی که قرص ماه کامل باشد آواز می‌خوانند (دریکسون ۱۹۸۸). اثرات این رفتارهای القا شده در اثر نور بر برزش افراد هنوز مشخص نیست. روشنایی مصنوعی و مداوم در طول شب ممکن است باعث ایجاد اشتباه در

جهت‌یابی ارگانیسم‌هایی گردد که به جهت‌یابی در تاریکی سازش یافته‌اند. بهترین مثال برای این موضوع، اشتباه در جهت‌یابی لاکپشت‌های دریایی است که در سواحل شنی از لانه‌ها خارج می‌شوند. تحت شرایط طبیعی، افراد تازه به دنیا آمده از سایه‌های کوتاه و تاریک دور می‌شوند (پوشش گیاهی مناطق ساحلی) تا امکان خزیدن به سمت اقیانوس فراهم شود. با روشن شدن ساحل، سایه‌هایی که به عنوان راهنمایی برای حرکت به سمت اقیانوس محسوب می‌شوند دیگر قابل درک نبوده و منجر به جهت‌یابی غلط می‌گردد (سالمون و همکاران ۱۹۹۵). روشنایی مصنوعی همچنین رفتار تخم‌گذاری ماده‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (سالمون ۲۰۰۳). تغییر در سطح نور ممکن است جهت‌یابی در حیوانات شب فعال را نیز تحت تأثیر قرار دهد. گستره سازش‌ها برای فراهم‌آمدن امکان بینایی در طول شب بسیار زیاد است (پارک ۱۹۴۰) و افزایش سریع نور می‌تواند باعث کوری حیوانات شود. افزایش سریع روشنایی باعث کاهش قابلیت انطباق بینایی شده و برگشت آن به حالت طبیعی ممکن است چندین ساعت به طول بینجامد (بوچانان ۱۹۹۳). پس از وفق یافتن با نور، قورباغه‌ها نیز ممکن است به آن جذب شوند (جاگر و هایلین ۱۹۷۳). پرندگان ممکن است در جهت‌یابی دچار اشتباه شوند (اوگدن ۱۹۹۶). زمانی که یک پرنده در منطقه‌ای نورانی قرار گیرد ممکن است «به تله افتاده» و آن منطقه را ترک نکند. بنابراین زمانی که شرایط اقلیمی، پرندگان را به سمت نور می‌کشاند، تعداد زیادی از پرندگانی که در طول شب پرواز می‌نمایند نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بندپایانی که قادر به پرواز نیستند واکنش‌های متفاوتی به نور نشان می‌دهند، برخی عنکبوت‌های شب فعال، فتوتاکتیک منفی و برخی دیگر جذب نور می‌گردند (ناکامورا و یاماشیتا ۱۹۹۷). برخی از حشرات همیشه فتوتاکتیک مثبت نشان می‌دهند که نوعی رفتار سازشی است.

مدیران منابع طبیعی می‌توانند از واکنش حیوانات به نور در مدیریت جمعیت‌ها استفاده نمایند. در برخی از موارد از نور می‌توان برای جذب ماهی‌ها به پلکان و دور نمودن آنها از

سدها و نیروگاه‌های برق استفاده نمود (هایلمن و همکاران ۱۹۸۴). به‌همین ترتیب نور می‌تواند لارو ماهیان را به سمت مرجانها جذب نماید (ماندی و همکاران ۱۹۹۸). در قلمروهای خشکی، شیرهای کوهی از مناطق روشن اجتناب می‌ورزند بنابراین در مدیریت جمعیت آنها می‌توان از نور استفاده نمود. افزایش میزان روشنایی شب به صورت مصنوعی می‌تواند منجر به افزایش مرگ و میر برخی پرندگان در اثر اصابت با سازه‌ها، جلب آنها به دودکش‌ها، سکوهای نفتی، ساختمان‌های بلند، قایق‌ها و کشتی‌ها و اختلال در مسیریابی شود (وایز و همکاران ۲۰۰۱). رفتارهای تولیدمثلی برخی از حیوانات نیز ممکن است در اثر این پدیده دستخوش تغییر گردند. به‌عنوان مثال جنس ماده نوعی در هنگام افزایش نور محیط، در انتخاب جفت‌گزینی عمل نمی‌کند تا سرعت جفت‌گیری افزایش یافته و خطر شکار شدن کاهش یابد (راند و همکاران ۱۹۹۷). افزایش روشنایی شب ممکن است با تحریک رفتار واکنش به نور (فتوتاکتیک) مانع از حرکت دوزیستان به مناطق زادآوری گردد. بوچانان و همکارانش (۱۹۹۸) در طی مطالعه‌ای دریافتند که در هنگام برگزاری مسابقات فوتبال در طول شب، قورباغه‌های ساکن در محیط اطراف ورزشگاه‌ها اقدام به جفت‌گیری نکرده و در صورت قرار دادن مانعی بر ورود نور، جفت‌گیری انجام خواهد شد. همچنین این محققین شواهدی را مبنی بر کاهش گزینش مکان‌های زادآوری در پرندگان ارائه می‌نمایند.

مور و همکارانش (۲۰۰۰) اثرات نور پراکنده شده از سطح جاده‌ها را بر نوعی تلیله در زیستگاه‌های مرطوب چمنزاری مورد بررسی قرار دادند. تراکم این پرندگان در مکان‌های زادآوری در طی دو سال ثبت گردید و مناطق اطراف جاده‌ها و مناطقی با نصب منابع نوری مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که آشیانه‌سازی در مناطقی که حداقل ۳۰۰ متر از جاده و همچنین از منطقه شاهد فاصله دارند انجام می‌گیرد. آلودگی نوری، رفتار برخی گونه‌های طعمه را مثل نوعی سالمون، را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اگر این جاندار در معرض نوری بیش از یک دهم لوکس قرار

گیرد، از شنا کردن به پایین دست رودخانه اجتناب کرده و به مناطق با شدت نور کمتر حرکت می‌کند و این باعث افزایش میزان فشار طعمه‌خواری بر این جاندار می‌گردد. یکی از دلایل کاهش جمعیت این ماهی در برخی رودخانه‌های واشنگتن این پدیده می‌باشد (یورک و تیریتز ۲۰۰۰).

برقراری ارتباط

ممکن است ارتباط چشمی گونه‌ها بایکدیگر در اثر آلودگی نوری متاثر گردد. برخی از گونه‌ها از نور برای برقراری ارتباط استفاده می‌کنند و به این ترتیب به اختلال نوری حساس می‌باشند. به‌عنوان مثال کرم‌های شب تاب ماده با استفاده از نور متصاعد شده، نرها را حتی از فاصله ۱۴ متری جلب می‌نمایند (لیوید ۱۹۹۴). کایوت‌ها، شغال‌ها و گرگ‌ها از زوزه کشیدن برای تعیین موقعیت یکدیگر، برقراری ارتباط و تعیین گروه‌ها استفاده می‌کنند بررسی‌ها حاکی از آن است که میزان زوزه کشیدن در زمان‌های ابتدایی و انتهایی ماه قمری بیشتر می‌باشد. آلودگی نوری در اثر روشن شدن آسمان می‌تواند این رفتار را تحت تأثیر قرار دهد. چنین تغییر رفتارهایی می‌تواند نگرانی‌هایی را در برنامه‌های حفاظت از گونه‌های در معرض خطر به دنبال داشته باشد و دامنه این تبعات حتی به بوم‌سازگان‌ها نیز کشیده شود.

بوم‌شناسی جامعه

رفتارهای بازداشته شده توسط افراد در واکنش به افزایش نور محیط (جهت یابی، اشتباه در جهت یابی) و درخشندگی (جلب شدن، دور شدن) برهمکنش‌هایی مثل رقابت و طعمه‌خواری را در جامعه تحت تأثیر قرار می‌دهند.

رقابت

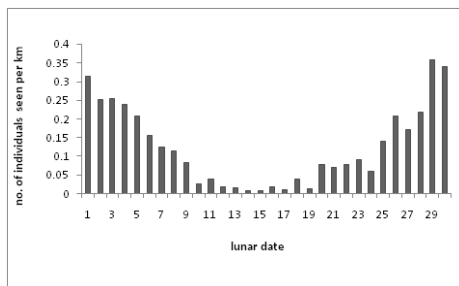
افزایش روشنایی مصنوعی شب ممکن است برهم‌کنش‌های گروه‌هایی از گونه‌ها که در طول گزاردیان‌های نوری مختلف، نوعی تخصیص منابع را نشان می‌دهند دچار اختلال نماید. به‌عنوان مثال در جوامع طبیعی زمان‌های تغذیه در بین گونه‌ها در یک مکان متفاوت بوده و نوعی

تخصیص زمانی مشاهده می‌گردد. نوعی قورباغه می‌تواند در سطوح نوری بسیار پایین 10^{-5} لوکس جهت یابی و تغذیه نماید و تحت شرایط طبیعی در روشنایی بالاتر از 10^{-1} لوکس تغذیه نخواهد کرد (بوچانان ۱۹۹۸). وزغ غربی فقط در سطوح روشنایی بین 10^{-1} و 10^{-5} لوکس تغذیه می‌نماید در حالی که قورباغه دم‌دار فقط در تاریک‌ترین زمان شب و در روشنایی کمتر از 10^{-3} لوکس به تغذیه می‌پردازد (هایلمن ۱۹۸۴). از آنجاییکه این سه گونه لزوماً هم بوم هستند (یعنی ساکن بودن در یک منطقه) نوعی تخصیص زمانی در طول تغییرات میزان روشنایی را نشان می‌دهند. بسیاری از خفاش‌ها به سمت حشراتی حرکت می‌کنند که در اطراف منابع نور تجمع یافته‌اند (فرانک ۱۹۸۸) اگرچه ممکن است این قضیه اثری مثبت در نظر گرفته شود، افزایش تجمع آیت‌های غذایی فقط برای گونه‌هایی منفعت به همراه دارد که از منابع نوری بهره‌مندی می‌گیرند. خفاش‌هایی که سریعتر پرواز می‌کنند به سمت این منابع نور بیشتر جذب می‌شوند تا خفاش‌هایی که سرعت پرواز آنها پایین است (بلیک و همکاران ۱۹۹۴، ریدل و باگ ۱۹۹۶). با جابجا شدن زمان فعالیت گونه‌های روزفعال به آشیان روشن شب، تغییراتی در جوامع رقیب به وقوع خواهد پیوست (شوارتز و هندرسون ۱۹۹۱). این مساله ابتدا در مورد خزندگان مورد مطالعه قرار گرفت اما در پرندگان و برخی پستانداران نیز دارای مصداق می‌باشد (هیل ۱۹۹۰).

طعمه‌خواری

اگرچه به نظر افزایش زمان تغذیه و امتداد فعالیت برخی گونه‌ها تا شب مفید می‌باشد اما به نوبه خود باعث افزایش خطر شکار شدن نیز می‌شود (گاتارد ۲۰۰۰). توازن بین سود حاصله از ازدیاد زمان فعالیت و تغذیه و افزایش خطر طعمه‌خواری موضوعی محوری در پژوهش در مورد پستانداران کوچک، خزندگان، و پرندگان می‌باشد (کوئتلر ۱۹۸۴، لیما ۱۹۹۸). جوندگان کوچک در روشنایی زیاد کمتر به تغذیه می‌پردازند (لیما ۱۹۹۸). این مساله در برخی خرگوش‌ها (گیلبرت و بوتین ۱۹۹۱)، کیسه‌داران (لافریر

۱۹۹۷)، مارها (کلابر ۱۹۳۹)، خفاش‌ها (ریدل ۱۹۹۲)، ماهی‌ها (گیبسون ۱۹۷۸)، بی‌مهرگان آبی (مور و همکاران ۲۰۰۰) مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان نمونه به مطالعه‌ای که توسط همای و همکاران (۲۰۱۰) در مورد دوپای فیروز (شکل ۱) صورت گرفته است اشاره می‌شود. در بررسی رفتار دوپای فیروز در زیستگاه طبیعی آن در استان اصفهان، تحلیل داده‌های به دست آمده از طریق شمارش افراد در ترانسکت‌های پیمایش شده (نرخ برخورد) با کمک عملیات آماری رگرسیون حاکی از آن بود که زمان فعالیت افراد گونه با زمان طلوع ماه و تاریخ ماه قمری همبستگی معنی‌داری دارد به گونه‌ای که قبل از طلوع ماه و همچنین در اوائل یا اواخر ماه‌های قمری نرخ برخورد با افراد حداکثر بوده و در اواسط ماه‌های قمری و یا در طلوع کامل ماه نرخ برخورد با افراد گونه حداقل ثبت گردید 0.86 ، $(R^2 = P < 0.001)$ (نمودار ۱). نتایج به دست آمده در مورد رابطه رفتار این گونه با میزان روشنایی ماه حاکی از آن است که در شب‌های مهتابی افراد مشاهده شده در محل‌هایی قرار داشتند که پوشش گیاهی انبوه بوده و در شب‌های با روشنایی کمتر (یک چهارم ابتدایی و انتهایی ماه قمری)، عمدتاً مشاهده افراد در محل‌های عاری از پوشش گیاهی صورت گرفت.



شکل ۱- رابطه میزان نرخ برخورد با افراد گونه و شب‌های مختلف ماه قمری



شکل ۲- دوپای فیروز در منطقه مورد مطالعه (عکس توسط نادری ۱۳۸۷)

تغییرات غیر عادی در میزان روشنایی در طول شب نیز ممکن است باعث ایجاد اختلال در روابط طعمه و طعمه خواری گردد. به عنوان مثال در طول شب زئوپلانکتون‌ها به سمت سطح آب حرکت می‌نمایند تا به تغذیه بپردازند و زمانی که قرص ماه کامل است میزان شکار زئوپلانکتون‌ها توسط ماهی‌ها به حداکثر می‌رسد (گیلیویچ ۱۹۹۹). افزایش آلودگی نوری این روابط را تا حدی دچار اختلال می‌نماید. اختلال در این روابط و رفتارها به نوبه خود بر بوم سازگان‌ها نیز تاثیر می‌گذارد.

اثر بر بوم سازگان‌ها

اثرات تجمعی تغییرات رفتاری ناشی از آلودگی نوری و تاثیر آن بر برهمکنش‌هایی مثل رقابت و طعمه خواری ممکن است باعث ایجاد اختلال در کارکردهای کلیدی بوم‌سازگان‌ها شود. به عنوان نمونه می‌توان به تاثیر آلودگی نوری بر شکوفایی برخی بوم‌سازگان‌های آبی اشاره کرد. بسیاری از بی مهرگان آبی مثل زئوپلانکتون‌ها، در طی دوره ۲۴ ساعته در ستون آب به بالا و پایین حرکت می‌نمایند که تحت عنوان مهاجرت عمودی شبانه روزی نامیده می‌شود. علت این رفتار، اجتناب از طعمه خواری در دوره روشنایی می‌باشد و بنابراین بسیاری از این جانداران فقط در شرایط تاریکی مطلق به تغذیه می‌پردازند (گیلیویچ ۱۹۸۶). روشنایی بیش از آنچه که در زمان نیمه ماه وجود دارد (کمتر از 10^{-1}) می‌تواند این رفتار را تحت تاثیر قرار دهد (دادسون ۱۹۹۰).

مور و همکارانش (۲۰۰۰) اثر آلودگی نوری بر مهاجرت‌های عمودی دافنی‌ها چه از نظر تعداد و چه شدت مهاجرت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که اختلال در مهاجرت دافنی‌ها به سطح آب ممکن است باعث ازدیاد جمعیت جلبک‌ها شده و احتمالا شکوفایی جلبکی به وقوع می‌پیوندد.

راه کارهای کاهش میزان آلودگی نوری

کاهش آلودگی نوری به چند راه ممکن است، مثل کاهش درخشش آسمان، کاهش بازتابش نور و بنابراین بهترین روش کاهش آلودگی نوری بستگی به این دارد که مشکل دقیقا چیست. به طور کلی راه کارهای زیر می‌تواند مفید واقع گردد:

- استفاده از منابع نوری با شدت حداقل تا حدی که نیاز به روشنایی برطرف گردد
- خاموش نمودن منابع تولید نور با استفاده از سنسورها یا به صورت دستی در زمان های عدم نیاز
- بهبود بخشی به اماکن و سطوحی که نیاز به روشنایی دارند
- استفاده از لامپ‌هایی که طول موج های مضر از دیدگاه آلودگی نوری را ساطع نمایند
- تجدید نظر در طرح‌های مهندسی روشنایی بخشی
- حذف لامپ‌های بدون پوشش و هر منبع نوری قرار گرفته به سمت آسمان
- استفاده حداقل و در حد نیاز از منابع نوری به ویژه در مناطق حساس مثل نورافکن های ساحلی و ...
- قرارگیری موانع مانع پخش نور در جاده‌هایی که از کنار مناطق حفاظت شده، جنگل‌ها و ... عبور می‌کنند
- نصب منابع نوری در کف جاده‌ها به جای استفاده از تیرهای چراغ برق
- استفاده از لامپ‌های نوری با طول موج بلند و ترجیحا قرمز یا زرد رنگ
- ممنوعیت استفاده از پرژکتورهای بزرگ متمرکز کننده نور که برای تبلیغات استفاده می‌شوند

9. Elvidge C, Baugh KE, Kihn EA, and Davis ER. 1997. Mapping city lights with nighttime data from the DMSP Operational Linescan System. *Photogramm Eng Rem S* 63: 727–34.
10. Frank KD. 1988. Impact of outdoor lighting on moths: an assessment. *J Lepidop Soc* 42: 63–93.
11. Gal G, Loew ER, Rudstam LG, and Mohammadian AM. 1999. Light and diel vertical migration: spectral sensitivity and light avoidance by *Mysis relicta*. *Can J Fish Aquat Sci* 56: 311–22.
12. Gibson RN. 1978. Lunar and tidal rhythms in fish. In: Thorpe JE (Ed). *Rhythmic activity of fishes*. London: Academic Press.
13. Gilbert BS and Boutin S. 1991. Effect of moonlight on winter activity of snowshoe hares. *Arctic Alpine Res* 23: 61–65.
14. Gliwicz ZM. 1986. A lunar cycle in zooplankton. *Ecology* 67: 883–97.
15. Gliwicz ZM. 1999. Predictability of seasonal and diel events in tropical and temperate lakes and reservoirs. In: Tundisi JG, Straskraba M (Eds). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. S o Carlos: International Institute of Ecology.
16. Gorenzel WP and Salmon TP. 1995. Characteristics of American Crow urban roosts in
1. Bergen F. and Abs M. 1997. Etho-ecological study of the singing activity of the blue tit (*Parus caeruleus*), great tit (*Parus major*) and chaffinch (*Fringilla coelebs*). *J Ornithol* 138: 451–67.
2. Blake D, Hutson AM, Racey PA, et al. 1994. Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. *J Zool* 234: 453–62.
3. Buchanan B.W. 1993. Effects of enhanced lighting on the behaviour of nocturnal frogs. *Anim Behav* 45: 893–99.
4. Buchanan BW. 1998. Low-illumination prey detection by squirrel treefrogs. *J Herpetol* 32: 270–74.
5. Cinzano P, Falchi F, and Elvidge CD. 2001. The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon Not R Astron Soc* 328: 689–707.
6. Derrickson KC. 1988. Variation in repertoire presentation in northern mockingbirds. *Condor* 90: 592–606.
7. Dick MH and Donaldson W. 1978. Fishing vessel endangered by crested auklet landings. *Condor* 80: 235–36.
8. Dodson S. 1990. Predicting diel vertical migration of zooplankton. *Limnol and Oceanogr* 35: 1195–1200.

- philander). *J Mammal* 78: 251–55.
24. Lima SL. 1998. Stress and decision-making under the risk of predation: recent developments from behavioral, reproductive, and ecological perspectives. *Adv Stud Behav* 27: 215–90.
25. Lloyd JE. 1994. Where are the lightningbugs? *Fireflyer Companion* 1: 1, 2, 5, 10.
26. Moore MV, Pierce SM, Walsh HM, et al. 2000. Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *Verh Internat Verein Limnol* 27: 779–82.
27. Munday PL, Jones GP, Ohman MC, and Kaly UL. 1998. Enhancement of recruitment to coral reefs using light-attractors. *B Mar Sci* 63: 581–88.
28. Nakamura T and Yamashita S. 1997. Phototactic behavior of nocturnal and diurnal spiders: negative and positive phototaxes. *Zool Sci* 14: 199–203.
29. Ogden LJE. 1996. Collision course: the hazards of lighted structures and windows to migrating birds. Toronto, Canada: World Wildlife Fund Canada and Fatal Light Awareness Program.
30. Park O. 1940. Nocturnalism the development of a problem. *Ecol Monogr* 10: 485–536.
31. Rand AS, Bridarolli ME, Dries L, and Ryan MJ. 1997. Light levels influence female choice California. *J Wildlife Manage* 59: 638–45.
17. Hailman JP. 1984. Bimodal nocturnal activity of the western toad (*Bufo boreas*) in relation to ambient illumination. *Copeia* 1984: 283–90.
18. Hemami, M.R., G.H. Naderi, M. Karami and S. Mohammadi. 2011. Nocturnal activity of Iranian Jerboa *Allactaga firouzi* (*Mammalia:Rodentia: Dipodidae*). *Mammalia* 75: 31–34.
19. Hill D. 1990. The impact of noise and artificial light on waterfowl behaviour: a review and synthesis of the available literature. Norfolk, United Kingdom: British Trust for Ornithology Report No. 61.
20. Jaeger RG and Hailman JP. 1973. Effects of intensity on the phototactic responses of adult anuran amphibians: a comparative survey. *Z Tierpsychol* 33: 352–407.
21. Klauber LM. 1939. Rattlesnakes: their habits, life histories, and influence on mankind. Berkeley, CA: University of California Press.
22. Kotler BP. 1984. Risk of predation and the structure of desert rodent communities. *Ecology* 65: 689–701.
23. Laferrier J. 1997. The influence of moonlight on activity of wooly opossums (*Caluromys*

- causations, remedies. *Exp Biol* 44: 1–18.
39. Wiese FK, Montevecchi WA, Davoren GK, et al. 2001. Seabirds at risk around offshore oil platforms in the North-west Atlantic. *Mar Pollut Bull* 42: 1285–90.
40. Yurk H and Trites AW. 2000. Experimental attempts to reduce predation by harbor seals on out-migrating juvenile salmonids. *Trans Am Fish Soc* 129: 1360–66.
- in Tungara frogs: predation risk assessment *Copeia* 1997: 447–50.
32. Rydell J. 1992. Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Funct Ecol* 6: 744–50.
33. Rydell J and Baag e HJ. 1996. Gatlampor kar fladderm ssens predation pfjrilar [Streetlamps increase bat predation on moths]. *Entomol Tidskr* 117: 129–35.
34. Salmon M. 2003. Artificial night lighting and sea turtles. *Biologist* 50: 163–68.
35. Salmon M, Tolbert MG, Painter DP, et al. 1995. Behavior of logger-. head sea turtles on an urban beach. II. Hatchling orientation. *J Herpetol* 29: 568–76.
36. Schmiedel J. 2001. Auswirkungen künstlicher Beleuchtung auf die Tierweltein Überblick [Effects of artificial lighting on the animal world – an overview]. *Schriftenreihe Landschaftspflege und Naturschutz* 67: 19–51.
37. Schwartz A and Henderson RW. 1991. Amphibians and reptiles of the West Indies: descriptions, distributions, and natural history. Gainesville, FL: University of Florida Press.
38. Verheijen FJ. 1985. Photopollution: artificial light optic spatial control systems fail to cope with. Incidents,

