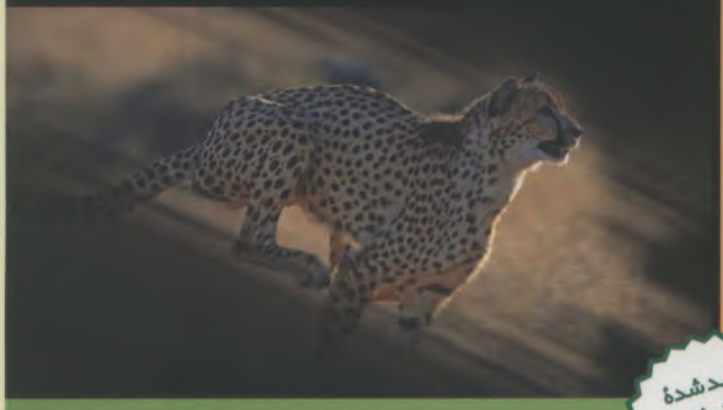
منابع آموزشی برای مرحله‌ی اول المپیادهای علمی

المپیاد زیست‌شناسی

نخبگان جوان و استعدادهای برتر



تأیید شدهٔ سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

# رفتارشناسی

محمد کرام‌الدینی

انتشارات فاطمی

منابع آموزشی برای مرحله‌ی اول المپیادهای علمی

المپیاد زیست‌شناسی

بنیاد نخبگان جوان و استعدادهای برتر

# رفتارشناسی

**محمد کرام‌الدینی**
عضو کمیته‌ی المپیاد زیست‌شناسی باشگاه دانش‌پژوهان جوان

مدیر اجرایی مجموعه: حسین میرزایی

انتشارات فاطمی

مدیر تولید: فرید مصلحی
حروفچینی: اعظم سیاهوشی
صفحه‌آرایی: فاطمه ثقفی

طراحی جلد: زهرا قورچیان
نظارت بر چاپ: علی محمدپور
چاپ و صحافی: خاشع

منابع آموزشی برای مرحله‌ی اول المپیادهای علمی

**رفتارشناسی**

مؤلف: محمد کرام‌الدینی
ویراستار: الهه علوی
ناشر: انتشارات فاطمی
چاپ چهارم، ۱۳۹۷
شابک ۶_۶۴۵_۳۱۸_۹۶۴_۹۷۸
ISBN 978-964-318-645-6

**انتشارات فاطمی**
**۲۵۰۰۰ تومان**

■ ***کلیه‌ی حقوق این اثر برای انتشارات فاطمی محفوظ است. تکثیر، انتشار و ذخیره‌سازی تمام یا بخشی از این اثر به هر شکل (چاپی، الکترونیکی و . . .) و با هر هدف بدون مجوز از ناشر، غیرقانونی و قابل پیگرد است.***

نشانی دفتر: میدان فاطمی، خیابان جویبار، خیابان میرهادی،
شمارهٔ ۱۴، کدپستی ۱۴۱۵۸۸۴۷۴۱، تلفن: ۸۸۹۴۵۵۴۵ (۲۰ خط)
نمابر: ۸۸۹۴۴۰۵۱ www.fatemi.ir • info@fatemi.ir
نشانی فروشگاه: تهران، خیابان انقلاب، خیابان دانشگاه،
تقاطع شهدای ژاندارمری تلفن: ۶۶۹۷۳۴۷۸ نمابر: ۶۶۹۶۱۷۲۸

کرام‌الدینی، محمد، ۱۳۳۴ـ .
رفتارشناسی / مؤلف محمد کرام‌الدینی؛ ویراستار الهه علوی. ــ تهران: فاطمی، ۱۳۹۰.
نه، ۱۰۶ ص.: مصور، عکس. ــ (منابع آموزشی برای مرحله‌ی اول المپیادهای علمی؛ زیست‌شناسی)
ISBN 978-964-318-645-6
فیپا.
چاپ چهارم: ۱۳۹۷.
واژه‌نامه: ۱۰۳.
۱. حیوان‌ها ـ ـ عادات و رفتار. الف. علوی، الهه، ۱۳۴۷ـ ، ویراستار. ب. عنوان.
QL۷۵۱/ک۲۷ر۷
۵۹۱/۵
۱۳۹۰
کتابخانهٔ ملی ایران
۲۲۷۰۰۲۲

# فهرست


درباره‌ی ناب پنج
سخن ناشر هفت
پیشگفتار مؤلف نه
**فصل۱ رفتار و رفتارشناسی ۱**
۱-۱ مقدمه ۱
۱-۲ رفتارشناسی امروز ۳
۱-۳ انواع رفتار ۶
**فصل۲ رفتارهای غریزی،رفتارهای آموختنی ۹**
۲-۱ رفتارهای غریزی ۹
۲-۲ رفتارهای آموختنی ۱۳
**فصل۳ تجربه و وراثت ۱۹**
۳-۱ ژنتیک رفتار ۱۹
۳-۲ اندیشه و شناخت در جانوران ۲۵
۳-۳ ریتم‌های زیستی ۲۷
۳-۴ رفتارهای مهاجرتی ۳۳
**فصل۴ بوم شناسی رفتار ۳۵**
۴-۱ تکامل رفتار ۳۵

۴-۲ رفتار جست‌وجوی غذا ۳۸
۴-۳ قلمروداری ۴۴
**فصل ۵ رفتارهای زادآوری ۴۹**
۵-۱ راهبردهای زادآوری ۴۹
۵-۲ انتخاب جفت و آمیزش ۵۱
۵-۳ تئوری بازی ۵۸
**فصل ۶ رفتارهای گروهی ۶۱**
۶-۱ رفتارهای ارتباطی ۶۱
۶-۲ زیستن در گروه ۶۴
۶-۳ دگرخواهی ۶۶
۶-۴ یاریگری ۶۹
**پیوست‌ها ۷۱**
پیوست «الف»: پرسش‌های رفتارشناسی در آزمون‌های کشوری ۷۳
پیوست «ب»: پرسش‌های رفتارشناسی در المپیادهای جهانی زیست‌شناسی ۸۱
پیوست «ج»: واژه‌نامه‌ی توصیفی ۹۷
پیوست «د»: واژه‌نامه‌ی انگلیسی/فارسی ۱۰۳
**منابع ۱۰۶**

## دربارهٔ ناب

**ناب** بخشی است در **مؤسسه فرهنگی فاطمی** که وظیفهٔ تأمین منابع آموزشی مفید برای نخبگانِ جوان و استعدادهای برتر کشور را برعهده دارد. رشد خلاقیت، افزایش توان رقابت، و ارتقای علمی دانش‌پژوهان علاقه‌مند به مسابقه‌های علمی، به‌ویژه المپیادهای علمی داخلی و بین‌المللی، مورد توجه این بخش است. کتاب‌ها و منابع آموزشی **ناب** در همین چارچوب با همکاری کارشناسان و صاحب‌نظران باتجربه با شیوهٔ نوآورانه، و دقت بالای علمی تألیف و منتشر می‌شود.

کتاب‌های ناب علاوه بر آنکه برای دانش‌آموزان مشتاق به حضور در مسابقه‌ها و المپیادهای علمی مفید است، برای کلیهٔ دانش‌آموزانی که علاقه‌مند به فراگیری عمیق مطالب علمی در سطحی فراتر از برنامه‌های عادی مدارس هستند نیز سودمند خواهد بود. دانشجویان و دبیران محترم نیز می‌توانند از «کتاب‌های ناب» به‌عنوان مرجعی قابل اعتماد استفاده کنند.

نخبگان جوان و استعدادهای برتر

به‌نام خدا

## سخن ناشر

از رویدادهای نویدبخش سال‌های اخیر، توجه وزارت آموزش و پرورش به المپیادهای علمی و استقبال دانش‌آموزان ممتاز دوره‌ی دبیرستان از این المپیادها است. بسیاری از دانش‌آموزان مستعد برای عضویت در تیم‌های ملی المپیاد و حضور در مسابقه‌های علمی در سطح جهان تلاش می‌کنند. بی‌شک موفقیت در این عرصه مستلزم پشتکار، وسعت و عمق معلومات، مهارت در حل مسئله، خلاقیت و نوآوری است. اما از سوی دیگر وجود منابع آموزشی سودمند و قابل اعتماد نیز برای کسب موفقیت‌ها ضروری و حتمی است.

مجموعه‌ی **منابع آموزشی برای مرحله‌ی اوّل المپیادهای علمی** شامل بیش از ۴۰ عنوان کتاب درسی و کتاب تمرین و مسائل است که بر اساس برنامه‌های درسی المپیادهای داخلی کشور در رشته‌های **ریاضی، کامپیوتر، فیزیک، نجوم، شیمی، زیست‌شناسی و ادبیات فارسی** طراحی شده است. این مجموعه را جمعی از مؤلفان باتجربه که در تدریس کلاس‌های المپیاد سابقه‌ی ممتد دارند و استادانی که تجربه‌ی سرپرستی تیم‌های المپیاد جهانی را برعهده داشته‌اند تألیف و ویرایش کرده‌اند.

در طراحی و تألیف کتاب‌ها تلاش شده است تا آنجا که ممکن است تمام سرفصل‌های برنامه‌ی درسی المپیاد پوشش داده شود. بنابراین، این مجموعه می‌تواند به‌عنوان یک منبع درسی قابل اعتماد در کلیه‌ی مدارس کشور که دانش‌آموزان را برای رقابت در مسابقه‌های علمی کشور آماده می‌کنند مورد استفاده قرار گیرد. از طرف دیگر روش نگارش کتاب‌ها و وجود مثال‌های حل شده‌ی فراوان این امکان را نیز فراهم می‌کند تا دانش‌آموزان علاقه‌مند در اقصی نقاط کشور بتوانند، حتی بدون نیاز به معلم، با مطالعه‌ی آنها خود را برای رقابت در المپیادهای علمی آماده کنند.

برای پشتیبانی علمی از کتاب‌های این مجموعه و تعامل با دانش‌آموزان و مدرسان، وبگاه مخصوصی پیش‌بینی شده است که به‌زودی راه‌اندازی می‌شود.

# پیشگفتار مؤلف

رفتارشناسی یکی از قدیم‌ترین و در عین حال جدیدترین موضوع‌های زیست‌شناسی است. بی‌گمان این موضوع پیشینه‌ای به درازای تاریخ زندگی آدمی دارد، چون ادامه‌ی زندگی او بدون جانوران ممکن نبوده و آدمی همواره ناگزیر به شناخت رفتار آنها بوده است. از سوی دیگر عمر رفتارشناسی نوین تا زمان نوشتن این سطور (۱۳۸۹) از ۸۰ سال گذر نمی‌کند.

رفتارشناسی در کشور ما موضوعی نوین است. از ورود مجدد آن به کتاب‌های درسی دبیرستانی بیش از ده سال نمی‌گذرد. به همین علت منابع نوشتاری محدودی درباره‌ی آن به زبان فارسی وجود دارد. نبودِ منابع از یک سو و نیاز به مطالعه‌ی رفتارشناسی از سوی دیگر تألیف کتابی جامع و در عین حال خلاصه و عاری از زواید و شرح‌های مبسوط، لزوم پدید آمدن این کتاب را فراهم آورد که امید است مفید افتد.

م.ک.

# فصل ۱

# رفتار و رفتارشناسی

## ۱-۱ مقدمه

**مفاهیم کلیدی**

- **اگر چه در سده‌های هجدهم و نوزدهم همه‌ی رفتارهای جانوران را ارثی و غریزی می‌دانستند، اما امروزه معلوم شده است که برخی از رفتارها آموختنی‌اند.**
- **رفتارشناسان از تفسیر رفتارهای آدمی در چهارچوب رفتارهای جانوری می‌پرهیزند.**

در سرزمین ما چهار گونه پرنده از خانواده‌ی کوکویان (*Cuculidae*) زندگی می‌کنند: کوکوی تاج‌دار، کوکوی خال‌دار، کوکوی آسیایی و کوکوی معمولی. این چهار گونه نوعی زندگی انگلی- راهزنی دارند، یعنی در آشیانه‌ی پرندگان گونه‌های دیگر تخم می‌گذارند و مراقبت از جوجه‌ها را یک‌سره به میزبان وامی‌گذارند.

کوکوی معمولی (*Cuculus canorus*) در کناره‌های جنگل‌ها، در بوته‌زارها و علفزارهای بی‌درخت زندگی می‌کند. کوکوی معمولی ماده برای زادآوری نخست آشیانه‌ی پرنده‌ای میزبان را که بیشتر از دم‌جنبانک‌ها و سِسک‌ها هستند، زیر نظر می‌گیرد. وقتی که مطمئن می‌شود پرنده‌ی ماده به‌تازگی در آن تخم گذاشته است و روی آنها می‌خوابد، منتظر فرصتی کوتاه می‌ماند که پرنده‌ی میزبان به مدت چند لحظه آشیانه را ترک کند. آن‌گاه با سرعت روی آشیانه‌ی میزبان فرود می‌آید، در مدت چند ثانیه تخم کوچکی که شباهت بسیار به تخم‌های میزبان دارد، می‌گذارد، یکی از تخم‌های میزبان را از درون آشیانه برمی‌دارد و آشیانه را ترک می‌کند، تا میزبان متوجه جانشینی تخم خود نشود. گویی می‌داند که میزبان روی تعداد تخم‌ها حساس است و اگر تعداد آنها کمتر یا بیشتر شود، فوراً آشیانه را ترک می‌کند.

جوجه‌ی کوکو بسیار زودتر از جوجه‌های میزبان از تخم بیرون می‌آید و در حالی‌که هنوز چشم باز نکرده، گویی می‌داند که باید رقیبان را از صحنه بیرون کند. این جوجه اولین کاری که می‌کند، آن است که هر چه درون آشیانه لمس می‌کند، روی پشت خود می‌گذارد و به پایین می‌اندازد و به این ترتیب همه‌ی تخم‌ها یا جوجه‌های میزبان را می‌کشد، به بیرون می‌اندازد و خود به یگانه جوجه‌ی آشیانه تبدیل می‌شود. مادر خوانده و پدر خوانده که در ظاهر نمی‌دانند که این جوجه بیگانه است، همچون جوجه‌ی خود از آن مراقبت می‌کنند تا بزرگ و مستقل شود و سپس آشیانه را ترک کند.

یکی از نخستین دانشمندانی که رفتار انگلی- راهزنی کوکو را مطالعه کرد، داروین بود. او مشاهده کرد که کوکو، حتی اگر در تنهایی پرورش یابد، می‌تواند همه‌ی این رفتار را بدون اشتباه انجام دهد و بدون آنکه در عمر خود کوکویی دیگر دیده باشد، جفت خود را پیدا و زادآوری می‌کند. می‌دانیم داروین در زمانی می‌زیست که هنوز ژن کشف نشده بود، اما با این حال او علت را سرشت پرنده می‌دانست و معتقد بود همه‌ی این رفتار ارثی است و هیچ‌یک آموختنی نیست.

اکنون یک بار دیگر به رفتار زادآوری کوکو توجه کنیم.

- نخست، کوکو به مراقبت از جوجه‌ها و غذارسانی به آنها نیاز ندارد؛ بنابراین، آشیانه نمی‌سازد، در عوض از انرژی خود برای تولید تعداد بیشتری تخم استفاده می‌کند و کوکوی ماده به سبب همین عدم نیاز به مراقبت از جوجه چندشوهر است.
- دوم، کوکوی ماده فقط در مدت چند ثانیه تخم می‌گذارد، چون هر لحظه ممکن است پرنده‌ی میزبان از راه برسد و با مشاهده‌ی غریبه‌ای در آشیانه‌ی خود، آن را ترک کند.
- سوم، کوکوی ماده پس از تخم‌گذاری یکی از تخم‌های میزبان را می‌دزدد تا در تعداد تخم‌ها تغییری ایجاد نشود و میزبان متوجه تخم بیگانه در آشیانه‌ی خود نشود.
- چهارم، اندازه‌ی تخم کوکو متناسب با اندازه‌ی بدنش نیست، بلکه کوچک‌تر است تا با تخم‌های میزبان تفاوت چندان نداشته باشد. به بیان دیگر پرنده‌ای با جثه‌ای به اندازه‌ی کبوتر، تخمی به اندازه‌ی گنجشک می‌گذارد.
- پنجم، جوجه‌ی کوکو خیلی زود از تخم خارج می‌شود تا مأموریت خود را که نابودی جوجه‌های پرنده‌ی میزبان است، انجام دهد.
- ششم، جوجه‌ی کوکو پس از مشاهده‌ی والدین میزبان خود دهان را باز می‌کند و پوشش نارنجی‌رنگ درون آن را که محرک نشانه برای غذارسانی والدین است، به آنها نشان می‌دهد.

بدیهی است که هیچ‌یک از این رفتارها آموختنی نیست. تئوری ارثی‌بودن رفتارهای جانوران که در سده‌های هجدهم و نوزدهم مورد توجه قرار داشت، هنوز هم درباره‌ی بسیاری از رفتارها، مانند رفتار انگلی- راهزنی کوکو صادق است. اما آنچه مهم است، آن است که برخی از رفتارها آموختنی‌اند، نه غریزی؛ مانند رفتارهای جانوران تربیت‌شده در سیرک‌ها. بی‌گمان شیرهایی که برای بازی در سیرک تربیت نشده‌اند، داوطلبانه از میان حلقه‌ی آتش عبور نمی‌کنند.

آدمی اما، در میان موجودات زنده استثناست. بسیاری از غرایزی که در سرشت جانوران وجود دارد و برای ادامه‌ی زندگی و بقای گونه لازم‌اند، در آدمی موجود نیستند، بلکه آدمی باید آنها را بیاموزد. مثلاً جانوران می‌توانند به‌طور غریزی در آب شنا کنند. آدمی گرچه در روزهای نخست پس از تولد می‌تواند به‌طور غریزی شنا کند، اما کمی بعد این غریزه را از دست می‌دهد و باید شناکردن بیاموزد. معمولاً به همین سبب، یعنی به علت افزونی رفتارهای آموختنی در آدمی، بسیاری از رفتارهای جانوری را برای آدمی صادق نمی‌دانند.

## ۱-۲ رفتارشناسی امروز

### مفاهیم کلیدی

- **رفتارشناسی نوین از سال‌های دهه‌ی ۱۹۳۰ به علم زیست‌شناسی افزوده شد.**
- **رفتارشناسی از علوم عملی- نظری است، یعنی در آن موضوع‌های نظری به آزمایش گذاشته می‌شوند.**
- **به‌تازگی عصب‌شناسانِ رفتاری با شناخت سازمان‌بندی دستگاه عصبی به درک و توضیح رفتارهای جانوران می‌پردازند.**

گر چه بسیاری از پژوهندگان علم از زمان‌های بسیار قدیم به بررسی **رفتار** جانوران می‌پرداختند، اما آغاز **رفتارشناسی نوین** را از سال ۱۹۳۰، یعنی همزمان با آغاز کارهای علمی نیکلاس تینبرگن (Nikolaas Tinbergen) زیست‌شناس هلندی، کارل فون فریش (Karl von Frisch) و کنراد لورنتس (Konrad Lorenz) دو زیست‌شناس اتریشی می‌دانند. با اهدای جایزه‌ی نوبل پزشکی در سال ۱۹۷۳ به این سه تن، رفتارشناسی نیز به دوران نوینی وارد شد (شکل ۱-۱).

علم رفتارشناسی نخست در اروپا و اندکی پس از آن در امریکا جان گرفت و بالیدن آغاز کرد. تینبرگن در سال‌های پیش از جنگ دوم جهانی به دانشگاه آکسفورد کوچید و بخش رفتار جانوران را در این دانشگاه تأسیس کرد.

**شکل ۱-۱ بنیادگذاران رفتارشناسی** به ترتیب از راست به چپ: نیکلاس تینبرگن، کنراد لورنتس و کارل فون فریش. تینبرگن که نخستین بوم‌شناس رفتاری بود، کارهای خود را درباره‌ی اهمیت عملی رفتار انجام داد. لورنتس درباره‌ی توسعه‌ی اجتماعی (نقش‌پذیری) و تاریخ طبیعی رفتار تهاجمی و فریش درباره‌ی ارتباط میان زنبورهای عسل تحقیق کردند.

رفتارشناسی، علمی نظری- آزمایشگاهی است که با موضوع‌های دیگری به‌ویژه آناتومی عصب، بوم‌شناسی و تکامل ارتباط نزدیک دارد. روش رفتارشناسان چنین نیست که معمولاً نخست یک جانور را انتخاب کنند تا به مشاهده‌ی همه‌ی رفتارهای آن بپردازند، بلکه آنان الگوی خاصی از رفتار را انتخاب و آن را در گروه‌های مختلف جانوری بررسی می‌کنند.

کارل فون فریش یکی از نخستین رفتارشناسان مدرن بود. او برای نخستین‌بار در سال ۱۹۱۵ به این نتیجه رسید که میدان حسی زنبور عسل بسیار فراتر از احساس‌های آدمی است. او تعدادی شیشه‌ساعت را روی کاغذهایی به رنگ‌های مختلف رنگین‌کمان گذاشت و فقط درون شیشه‌ساعتی که روی کاغذ آب‌رنگ بود شربت قند ریخت تا زنبورهای عسل از آن بنوشند. سپس او کاغذ آبی‌رنگ دیگری را در زیر شیشه‌ساعت‌های خالی دیگر گذاشت و متوجه شد که زنبورها روی کاغذ آبی‌رنگ فرود می‌آیند. این نخستین آزمایش رفتارشناسی نوین بود که با آزمایش‌های رایج آن زمان متفاوت بود.

آزمایش‌های دیگر نشان دادند که زنبورهای عسل می‌توانند پرتوهای فرابنفش و جهت قطبیدگی نور را ببینند، صداهایی را بشنوند که آدمی نمی‌شنود، بوی نم، کربن‌دی‌اکسید و بوهایی را که ما نمی‌توانیم تشخیص دهیم، تشخیص دهند و میدان مغناطیسی زمین را احساس کنند.

**واژه‌شناسی**

Ethology را در زبان فارسی **رفتارشناسی** و گاه **رفتارشناسی علمی** ترجمه می‌کنند. این واژه از دو بخش یونانی ethos به معنی **منش** و **نهاد** و پسوند logia ـ ساخته‌شده است. Ethology در واقع بررسی علمی رفتار جانوران و در زمره‌ی موضوع‌های جانورشناسی است. واژه‌هایی مانند ethics که در زبان انگلیسی به معنی **اخلاق** است و Bioethics، یعنی **اخلاق زیستی** از آن برآمده، از همین ریشه گرفته شده‌اند.

چون رفتارشناسی از موضوع‌های علم زیست‌شناسی است، رفتارشناسان می‌کوشند رفتار جانوران را در چهارچوب تئوری وحدت‌بخشِ موضوع‌های مختلف زیست‌شناسی، یعنی انتخاب طبیعی درک کنند. برخی عقیده دارند که چارلز داروین نخستین رفتارشناس دوران نوین بود و نوشته‌های او در کتاب «بیان احساسات آدمی و جانوران»[1] بر رفتارشناسان امروزی اثرهای بسیار داشته است.

نیاز آدمی به شناخت هر چه بیشتر جهان جانوران، رفتارشناسی را به‌ویژه در آغاز هزاره‌ی سوم میلادی به علمی پیشرو تبدیل کرده است. به همین علت در سال‌های اخیر جایگاه رفتارشناسی در میان موضوع‌های مختلف زیست‌شناسی تغییر کرده و ارتقای بسیار یافته است.

مدت‌ها بود که آدمی تصور می‌کرد به برخی از رفتارهای جانوران، مانند رفتارهای ارتباطی جنسی یا رفتارهای آموختنی جانوران کاملاً پی برده است؛ اما امروزه با پیدایش موضوع جدید **عصب‌رفتارشناسی** نیاز به تجدید نظر در همه‌ی این دانسته‌ها پیدا شده است. عصب‌رفتارشناسان به شناخت سازمان‌بندی دستگاه عصبی، رشد و نمو کودک، ارتباط میان انسان‌ها، فرایند گونه‌زایی، سازمان‌بندی اجتماع‌ها و ساز و کار انتخاب طبیعی کمک بسیاری کرده‌اند. آدمی با بررسی رفتار جانوران به اصولی عمومی و کاربردی رسیده است.

خلاصه، رفتارشناسی پلی است که موضوع‌های مختلف زیست‌شناسی را به هم متصل می‌کند. هر یک از موضوع‌های تکامل، بوم‌شناسی، فیزیولوژی، ژنتیک و روان‌شناسی پیوندی منطقی و طبیعی با رفتارشناسی دارد. رفتارشناسان در هر کدام از این موضوع‌ها، از زاویه‌ای خاص به رفتار جانوران می‌نگرند و در هر موضوع پرسش‌های خاصی مطرح می‌کنند.

امروزه، رفتارشناسی موضوعِ علمیِ پراهمیتی است و شماری از مجلات علمی، به‌طور اختصاصی به آن می‌پردازند.

1. The Expression of the Emotions in Man and Animals

## ۱-۳ انواع رفتار

**مفاهیم کلیدی**

- **رفتار ممکن است ساده، یا پیچیده باشد.**
- **پیدایش دستگاه عصبی در جانوران موجب پیچیده‌تر شدن رفتار شده است.**
- **رفتار هر جانور مجموعه‌ای از الگوهای رفتاری است.**
- **رفتار ممکن است غریزی یا آموختنی باشد.**

رفتار، واکنش جانور به محرک یا محرک‌هاست که ممکن است ساده، یا پیچیده باشد. مثلاً، حرکت باکتری به سوی منطقه‌ای که در آنجا تراکم مواد غذایی بیشتر است، نوعی رفتار ساده به شمار می‌رود که آشکارا به زنده ماندن و زادآوری کردن آن کمک می‌کند. رفتار پیچیده مجموعه‌ای از رفتارهای ساده است؛ مثلاً، رفتار حل مسئله نمونه‌ای است از رفتارهای پیچیده.

با پیچیده‌تر شدن جانوران و پیدایش دستگاه عصبی در مسیر تکامل، رفتارها نیز پیچیده‌تر شده‌اند. دستگاه عصبی اطلاعات محرک‌های محیطی را درک می‌کند و جانور را وامی‌دارد که به آنها پاسخ‌هایی حرکتی بدهد. هر مجموعه از واکنش‌ها یک الگوی رفتاری نامیده می‌شود و رفتارهای هر جانور مجموعه‌ای از الگوهای رفتاری است.

رفتار ممکن است غریزی و یا آموختنی باشد. رفتار غریزی ارثی ( ژنتیک) است، اما رفتار آموختنی اگر چه پایه‌های ارثی دارد، اما در اثر تمرین، تکرار و تجربه به‌وجود می‌آید، تغییر می‌کند و ارثی نیست. البته، برخی رفتارهای غریزی در اثر آموختن تغییر می‌کنند. این تغییر را می‌توان در رفتار خوگیری مشاهده کرد.

محرک‌های معمول رفتارهای ساده عبارت‌اند از گرانش، نور، مواد شیمیایی و دما. رفتارهای جنبشی و گرایشی دو نوع از رفتارهای ساده‌ی جهت‌دار هستند. این دو نوع رفتار، جانور را به سوی محرک می‌برند یا از آن دور می‌کنند. برخی از جانوران و بسیاری از آغازیان فقط با تغییر سرعت حرکت یا تغییر جهت اتفاقی خود، به محرک‌ها واکنش نشان می‌دهند (شکل ۱-۲).

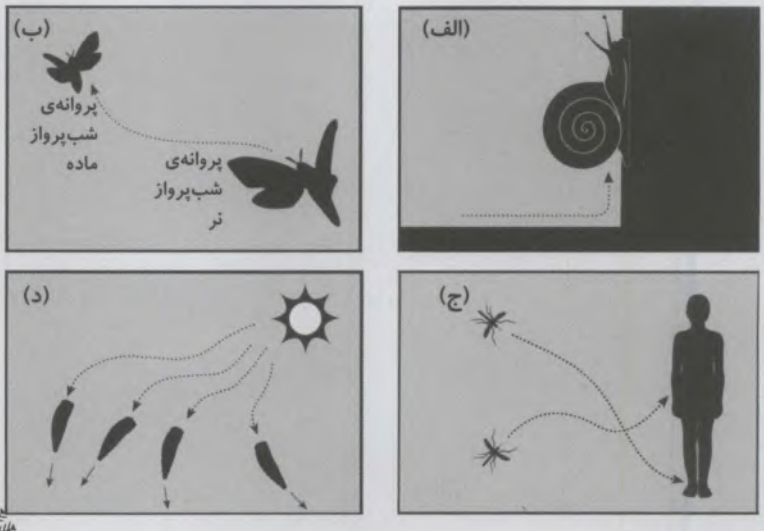
### انواع رفتارهای غریزی

- **رفتار انعکاسی** ساده‌ترین نوع رفتار است. محرک ناگهانی موجب واکنش خودکار، غیرارادی و کلیشه‌ای می‌شود و بسیاری از آنها دفاعی هستند.

- **رفتار جنبشی** جابه‌جا شدن اتفاقی جانور که در آنها شدت حرکت به شدت محرک بستگی دارد، اما جهت در آن نقش ندارد.
- **رفتار گرایشی** نزدیک شدن به محرک (گرایش مثبت) یا دور شدن از آن (گرایش منفی) است.
- **رفتار کلیشه‌ای** (الگوی عمل ثابت) وقتی ایجاد می‌شود که یک محرک خاص همواره واکنشی خاص در پی داشته باشد.

## انواع رفتارهای آموختنی

- **رفتار نقش‌پذیری** شکل‌گیری رفتاری در نخستین برخورد در دوره‌ای خاص از زندگی است.
- **خوگیری** کاهش واکنش در برابر محرکی است که مکرر و بدون اثر تکرار می‌شود.
- **رفتار بینشی** رفتار درست در نخستین برخورد، بدون تجربه‌ی قبلی است.
- **شرطی‌شدن کلاسیک** (یادگیری وابسته) مرتبط کردن محرکی با محرکی دیگر است.
- **شرطی‌شدن فعال** (کوشش و خطا) تغییر رفتار در اثر پاداش یا تنبیه است.




**شکل ۱-۲ چند رفتار ساده (الف)** حلزون وقتی در حال حرکت روی سطحی افقی به سطح عمودی می‌رسد، از آن بالا می‌رود. **(ب)** پروانه‌ی شب‌پرواز نر وقتی بوی فرومون ماده را احساس می‌کند، به سوی آن پرواز می‌کند. **(ج)** پشه در فضای در بسته از تغییر تدریجی دما، نقاط برهنه‌ی بدن را برای نیش‌زدن پیدا می‌کند. **(د)** نوزادان مگسِ گوشت با سرعت از نور می‌گریزند.

# فصل ۲

# رفتارهای غریزی، رفتارهای آموختنی

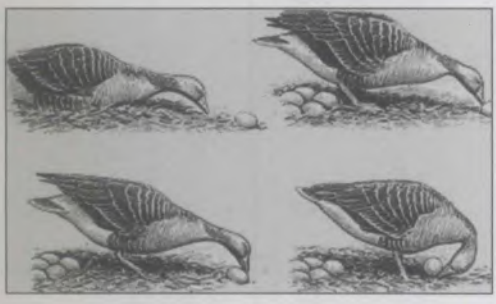
## ۲-۱ رفتارهای غریزی

**مفاهیم کلیدی**

- **رفتار کلیشه‌ای یا الگوی عمل ثابت، همواره و در همه‌ی افرادِ یک گونه به یک شکل ظاهر می‌شود.**
- **محرک نشانه یا محرک کلیدی رفتار کلیشه‌ای را آغاز می‌کند.**
- **رفتارهای کلیشه‌ای شاهدی بر ارثی بودن برخی رفتارها هستند.**

رفتارهای کلیشه‌ای همواره و در همه‌ی افرادِ یک گونه به یک شکل ظاهر می‌شوند. کارل فون فریش، کنراد لورنتس و نیکلاس تینبرگن نتیجه گرفته بودند که هر رفتار، ژن‌های خاص خود را دارد و برای آن راه‌های عصبی خاصی در مغز به‌وجود می‌آید. بنابراین، جانور معمولاً آن را انجام نمی‌دهد، مگر پس از نخستین برخورد با محرک که آن رفتار را به‌طور کامل انجام می‌دهد و تجربه و آموزش در تکامل آن تأثیر ندارند.

این رفتارشناسان، رفتارهایی را مانند رفتار بازگرداندن تخم به لانه، که غازها انجام می‌دهند، بررسی کرده بودند. غاز وقتی که روی تخم خوابیده است، اگر مشاهده کند که تخمی در خارج از لانه افتاده است، از جایش بلند می‌شود، به سوی تخم می‌آید، نخست با گردن و سپس با منقار خود آن را به لانه باز می‌گرداند. چنین رفتاری را رفتار **کلیشه‌ای** یا **الگوی عمل ثابت** می‌نامند، چون همواره به یک شکل انجام می‌شود و همه‌ی افراد یک گونه آن را به یک شکل انجام می‌دهند. رفتارشناسان معتقدند که مشاهده‌ی **محرک نشانه** یا **محرک کلیدی** که در اینجا همان تخم است، چنین رفتاری را آغاز می‌کند. مشاهده‌ی تخم در خارج از لانه سبب تحریک دستگاه

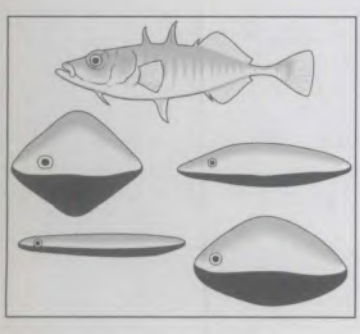


**شکل ۲-۱** رفتار کلیشه‌ای غاز برای بازگرداندن تخم به آشیانه

عصبی غاز و بروز رفتاری از نوع الگوی عمل ثابت می‌شود (شکل ۲-۱).

رفتار الگوی عمل ثابت دربرگیرنده‌ی همه‌ی اشیایی است که به محرک نشانه شباهت دارند. غازهایی که روی تخم خوابیده‌اند، اگر قلوه‌سنگی یا توپی کوچک شبیه تخم خود را در پیرامون ببینند، همین رفتار را نشان می‌دهند. اما وقتی این اشیا را به لانه می‌آورند، گویی می‌دانند که تخم نیستند، چون آنها را از لانه به بیرون می‌اندازند. فرض کنید در برابر غازی که روی تخم خوابیده است، دو محرک نشانه قرار دهیم: یک توپ تنیس و یک توپ والیبال. غاز محرک بزرگ‌تر را ترجیح می‌دهد. محرک بزرگ‌تر از اندازه‌ی طبیعی محرک خارق‌العاده نام دارد. علت این انتخاب روشن نیست. شاید علت آن باشد که محرک خارق‌العاده معمولاً در طبیعت وجود ندارد. ممکن است انتخاب طبیعی، رفتاری را انتخاب کرده باشد که تخم‌های بزرگ‌تر را انتخاب کند. رفتارهای کلیشه‌ای شاهدهایی از ارثی بودن برخی رفتارها هستند.

رفتار پرخاشگرانه‌ی ماهی آبنوس (ماهی سه‌خاره) (*Gastroasteus acculeatus*) که در دریای خزر زندگی می‌کند، نیز نمونه‌ای از این‌گونه رفتارهای کلیشه‌ای است. هر ماهی آبنوس نر به ماهی آبنوس نر دیگری که به قلمرو آن وارد شده است، حمله‌ور می‌شود. در واقع رنگ سرخ زیر شکم ماهی نر محرک نشانه است. تینبرگن که روی چنین رفتاری کار می‌کرد، متوجه شد که ماهی‌های آبنوس نر با مشاهده‌ی خودرو آتش‌نشانی نیز که رنگ سرخ دارد، به همان شکل واکنش نشان می‌دهند (شکل ۲-۲).

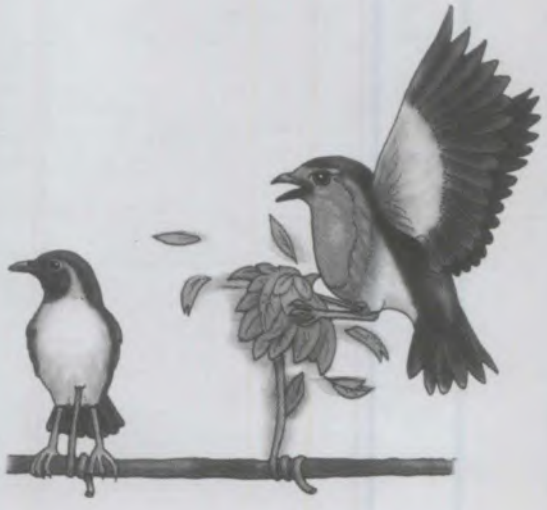


**شکل ۲-۲** محرک نشانه برای ماهی آبنوس هر نوع شیئی است که سطح زیرین آن سرخ‌رنگ باشد.

اگر پای جوجه‌ی مرغ خانگی را به تکه‌ی نخی و نخ را به شیء ثابتی ببندیم به‌طوری که جوجه نتواند خود را به مادر برساند، مرغ مادر در واکنش به فریاد جوجه بلافاصله برای کمک به آن نزدیک می‌شود. اما اگر در این حالت سرپوشی شیشه‌ای روی جوجه بگذاریم، به نحوی که مادر نتواند صدای جوجه‌اش را بشنود، مرغ مادر با آنکه جوجه‌ی گرفتار را می‌بیند، به ندای کمک‌خواهی آن واکنشی نشان نمی‌دهد. چون در چنین حالتی محرک نشانه صدای کمک‌خواهی جوجه است، نه دیدن آن.

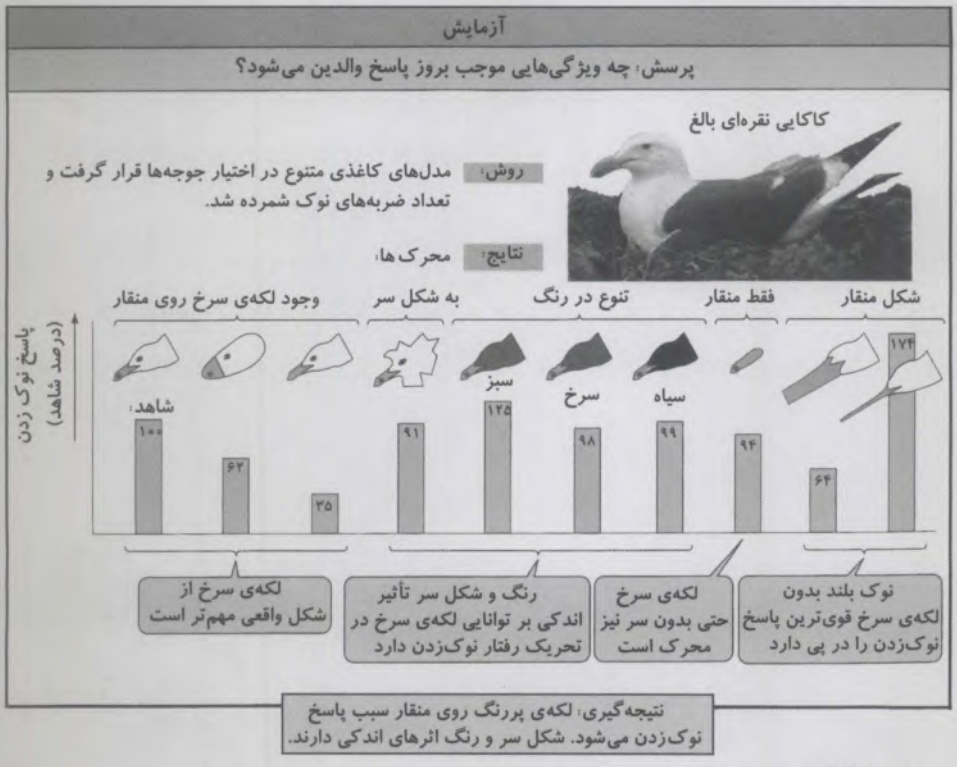
برخی از جانوران در واکنش به صدای جفت یا والدین به سوی آنها می‌روند. آدمی با تقلید این محرک‌های نشانه این جانوران را به سوی خود می‌کشد و گرفتار می‌کند.

رفتار پرخاشگرانه‌ی سینه‌سرخ نر در موسم جفت‌گیری و زادآوری نمونه‌ی دیگری از رفتارهای کلیشه‌ای است که بر اثر محرک نشانه بروز می‌کنند. پرهای سرخ‌رنگ روی سینه‌ی هر سینه‌سرخ نر برای نرهای دیگر نوعی محرک نشانه است. سینه‌سرخ‌های نر در برابر سینه‌سرخ‌های نر نابالغ که رنگ پرهای روی سینه‌ی آنها قهوه‌ای است، واکنش نشان نمی‌دهند. اما اگر در موسم جفت‌گیری یک پرنده‌ی نر مصنوعی را که پرهای روی سینه‌ی آن سرخ نیست، همراه با مفتولی سیمی که تعدادی پر سرخ‌رنگ در انتهای آن چسبانده شده است، در معرض دید سینه‌سرخ نر بالغی قرار دهیم، مشاهده می‌کنیم که سینه‌سرخ نر بالغ کاری با نر مصنوعی ندارد، بلکه در عوض به توده‌ی پرهای سرخ‌رنگ که در مجموع شباهتی به پرنده‌ی نر ندارند، حمله‌ور می‌شود (شکل ۲-۳).



**شکل ۲-۳ رفتار پرخاشگرانه**
توده‌ی پرهای سرخ‌رنگ سبب ایجاد رفتار پرخاشگرانه‌ی سینه‌سرخ می‌شود.

تینبرگن و پرداک (Perdock) آزمایش پیچیده‌تری را روی جوجه‌های کاکایی نقره‌ای انجام دادند. آنان متوجه شدند که کاکایی نقره‌ای والد وقتی که برای غذا دادن به جوجه‌ها به آشیانه باز می‌گردد، جوجه‌ها به منقار مادر که لکه‌ی سرخ‌رنگی روی آن وجود دارد، ضربه می‌زنند. کاکایی مادر با این ضربه‌ها تحریک می‌شود و غذا استفراغ می‌کند. تینبرگن و پرداک با طراحی و اجرای آزمایشی سعی کردند محرک نشانه‌ی این رفتار را شناسایی کنند. آنان مدل‌های کاغذی از سر کاکایی مادر در اندازه‌ها و رنگ‌های متفاوت ساختند. سپس مدل‌ها را به جوجه‌های گرسنه‌ی درون آشیانه نزدیک و نتایج ضربه‌زدن جوجه‌ها را به آنها ثبت کردند. شکل ۲-۴ نتایج را نشان می‌دهد.




**شکل ۲-۴ رفتار نوک‌زدن در جوجه‌های کاکایی نقره‌ای** در آزمایش‌هایی که روی رفتار نوک‌زدن جوجه‌های کاکایی زرد صورت گرفت، نوک‌زدن جوجه‌ها به مدل‌های مصنوعی مورد توجه قرار گرفت.

# ۲-۲ رفتارهای آموختنی

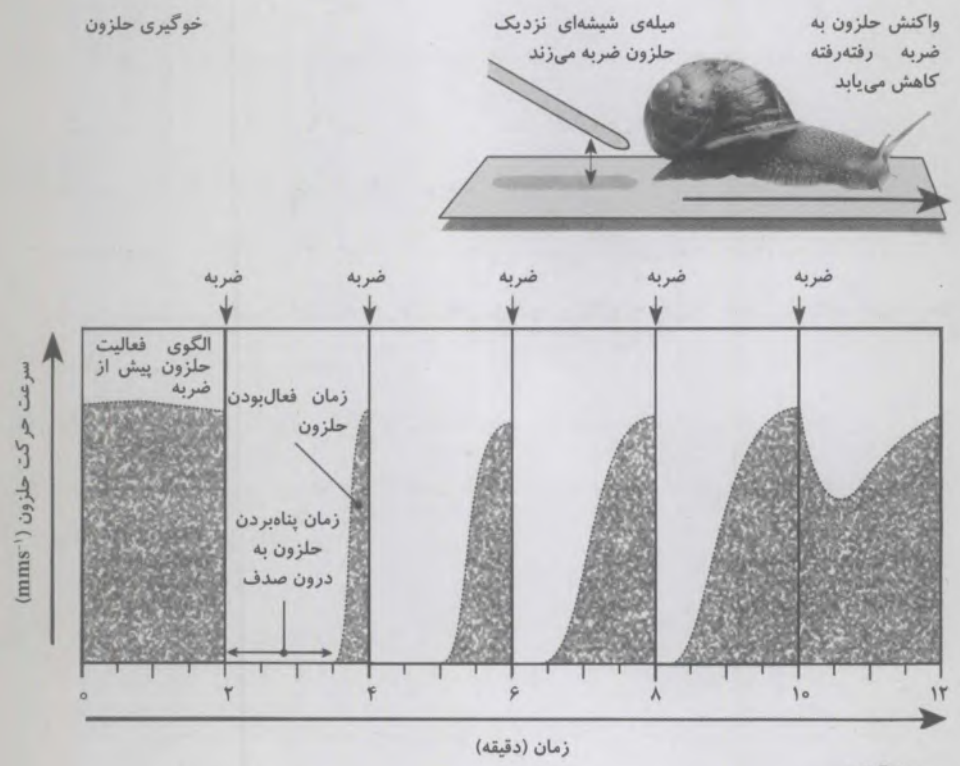
**مفاهیم کلیدی**

- **رفتارهایی که بر اثر تکرار یا آموزش تغییر می‌کنند، رفتارهای آموختنی نام دارند.**
- **خوگیری یکی از ساده‌ترین رفتارهای آموختنی است.**
- **در شرطی‌شدن ساده دو نوع محرک سبب ایجاد یک نوع واکنش در جانور می‌شوند.**
- **وقتی جانوری می‌آموزد که در پاسخ به پاداش یا تنبیه، رفتاری خاص از خود بروز دهد، می‌گویند شرطی‌شدن عملی روی می‌دهد.**
- **تعامل میان شکار و شکارچی نوعی از رفتارهای شرطی‌شدن است.**
- **نقش‌پذیری وقتی روی می‌دهد که جانوری در دوره‌ی خاصی در ابتدای زندگی فقط به یک نوع جانور یا شیء پاسخ خاص می‌دهد.**

برخی از رفتارها در اثر تکرار یا آموزش تغییر می‌کنند. این فرایندِ تغییر **یادگیری** نامیده می‌شود. امروزه مطالب بسیاری درباره‌ی رفتارهای آموختنی در بسیاری از جانوران می‌دانیم. خوگیری، شرطی‌شدن کلاسیک، شرطی‌شدن عملی (ابزاری) و انواع نقش‌پذیری (مادری، زادگاهی و جنسی) نمونه‌هایی از رفتارهای آموختنی هستند.

**خوگیری** یکی از ساده‌ترین رفتارهای آموختنی است. خوگیری یعنی کاهش واکنش جانور به محرکی که بدون اثر مثبت یا منفی ظاهر می‌شود. مثلاً جوجه‌های بسیاری از پرندگان در ابتدا با مشاهده‌ی هر شیء جنبنده‌ای قوز می‌کنند و بی‌حرکت می‌مانند. اما با گذشت زمان درمی‌یابند که بسیاری از اشیای متحرک، مانند برگ‌هایی که فرو می‌افتند و پرنده‌های هم‌گونه یا هم‌خانواده خطرناک نیستند. بنابراین کم‌کم شدت واکنش خود را به این اشیا کاهش می‌دهند و سرانجام واکنش به آنها را متوقف می‌کنند. پرندگان در ابتدا از مترسک‌هایی که آدمی برای ترساندن آنها در کشتزارها نصب می‌کند، می‌ترسند. اما پس از مدتی که آسیبی از سوی آنها مشاهده نمی‌کنند، ترسشان می‌ریزد و بر آنها می‌نشینند. اگر به خط‌کشی که حلزونی روی آن در حال حرکت است، در فواصل زمانی معین ضربه بزنیم، حلزون در واکنش به نخستین ضربه به درون صدف خود فرو می‌رود و مدتی در آن می‌ماند. با تکرار این عمل، مدتی که حلزون در درون صدف خود می‌ماند کاهش می‌یابد؛ یعنی حلزون به این محرکِ بی‌آزار خو می‌گیرد (شکل ۲-۵).

حذف محرک‌های بی‌اهمیتی که بر جانور اثری ندارند، برای زیستن در محیط پیچیده و پر

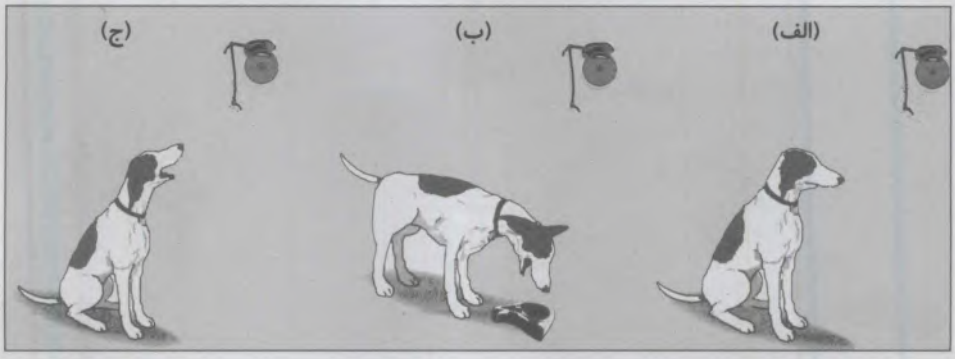



**شکل ۲-۵ خوگیری حلزون به ضربه‌های بی‌آزار** هر چه این ضربه‌ها بیشتر تکرار شوند، واکنش حلزون به آنها کمتر می‌شود.

از تهدید و فرصت و نیز برای زادآوری لازم است.

ممکن است جانور بیاموزد که بین دو محرک یا بین یک محرک و واکنش به آن ارتباط برقرار کند. رفتارهای **شرطی‌شدن** از این نوع رفتارهای آموختنی‌اند. رفتارهای شرطی‌شدن را به دو گروه **شرطی‌شدن ساده** و **شرطی‌شدن عملی** تقسیم می‌کنند.

در **شرطی‌شدن ساده** که به آن **شرطی‌شدن کلاسیک** یا **شرطی‌شدن پاولفی** هم می‌گویند، دو نوع محرک سبب ایجاد یک نوع واکنش در جانور می‌شوند. ایوان پاولف (Ivan Petrovich Pavlov) روانشناس روس، نخستین کسی بود که این رفتار را کشف کرد.




**شکل ۲-۶ شرطی‌شدن ساده یا کلاسیک یا پاولفی** از چپ به راست: **(الف)** زنگ به صدا درمی‌آید و هیچ تحریکی ایجاد نمی‌کند؛ **(ب)** اندکی پس از به صدا درآمدن زنگ، غذا در اختیار سگ قرار می‌گیرد. این مرحله چندین بار تکرار می‌شود؛ **(ج)** پس از مدتی سگ نسبت به صدای زنگ شرطی می‌شود و با به صدا درآمدن زنگ، بزاق ترشح می‌کند.

او متوجه شده بود که وقتی پودر گوشت به سگ می‌دهد، بزاق سگ در واکنش به آن ترشح می‌شود. او مدتی هم‌زمان با دادن پودر گوشت به سگ، زنگی را به صدا در می‌آورد. پس از مدتی متوجه شد که صدای زنگ (محرک شرطی) نیز به‌تنهایی، بدون همراهی با پودر گوشت (محرک غیرشرطی) سبب تحریک ترشح بزاق سگ می‌شود (شکل۲-۶).

وقتی جانوری می‌آموزد که در پاسخ به پاداش یا تنبیه، رفتاری خاص از خود بروز دهد، می‌گوییم **شرطی‌شدن عملی**، یا **شرطی‌شدن ابزاری** روی داده است. آزمایش معروف بی.اف. اسکینر (Burrhus Frederic Skinner) روان‌شناس امریکایی روی موش صحرایی یا کبوتر درون جعبه‌ای که به **جعبه‌ی اسکینر** معروف است، نشان داد که کوشش و خطا بر اصلاح رفتار جانوران اثر دارد و موجب بهتر زیستن و افزایش ماندگاری می‌شود. شرطی‌شدن عملی در بسیاری از مهره‌داران روی می‌دهد.

جعبه‌ی اسکینر طوری طراحی شده بود که وقتی جانور کلید خاصی را به‌طور اتفاقی فشار می‌داد، غذا در اختیارش قرار می‌گرفت. جانور پس از تکرار این کار می‌آموخت که میان کلید خاصی درون جعبه و دسترسی به غذا ارتباط وجود دارد. به چنین رفتاری **آموختن ابزاری** هم می‌گویند، چون رفتار جانور ابزاری است برای دسترسی به غذا. این نوع رفتار به فراوانی از

**شکل ۲-۷ جعبه‌ی اسکینر** در جعبه‌ی اسکینر یک یا دو دکمه تعبیه شده‌اند که فشار دادن یکی از آنها موجب پاداش می‌شود.

جانوران سر می‌زند (شکل ۲-۷).

تعامل میان شکار و شکارچی نوعی از رفتارهای شرطی‌شدن است. اگر یک زنبور بامبل را در اختیار وزغ گرسنه‌ای قرار دهیم، وزغ آن را در هوا می‌قاپد. اما پس از آنکه زنبور به وزغ نیش می‌زند، وزغ نه فقط می‌آموزد که دیگر هرگز زنبوری را که نوارهای زرد و سیاه دارد شکار نکند، بلکه از هر حشره‌ی دیگری که الگوی رنگ‌بندی بدن آن مانند زنبور بامبل است، پرهیز خواهد کرد.

تفاوت اصلی شرطی‌شدن عملی با شرطی‌شدن کلاسیک در این است که در شرطی‌شدن عملی، رفتارهای عملی جانور به تدریج اصلاح می‌شود. پی‌آمدها موجب اصلاح و ادامه‌یافتن رفتارهای عملی می‌شوند؛ در حالی‌که پی‌آمدها بر رفتارهایی که تحت تأثیر شرطی‌شدن کلاسیک قرار دارند، اثر ندارند.

**نقش‌پذیری** وقتی روی می‌دهد که جانوری می‌آموزد فقط به یک نوع جانور یا شیء پاسخ خاص بدهد. تفاوت نقش‌پذیری با دیگر انواع رفتارهای آموختنی در این است که نقش‌پذیری در دوره‌ی خاصی از زندگی جانور که دوره‌ی حساس نامیده می‌شود، روی می‌دهد. دوره‌ی حساس معمولاً اندک زمانی پس از تولد آغاز می‌شود. در نقش‌پذیری‌های مادری و زادگاهی، محرک‌های دیداری و شنیداری نقش دارند، در حالی‌که در نقش‌پذیری جنسی محرک‌های بویایی دخالت دارند.

**نقش‌پذیری مادری** مثلاً، در جوجه‌های غاز و اردک وجود دارد. این جوجه‌ها نمی‌توانند به‌طور غریزی والد خود را بشناسند. بنابراین به دنبال هر شیء متحرک که پس از خروج از تخم می‌بینند، روان می‌شوند. دوره‌ی حساس در نقش‌پذیری مادری حدود ۱۲ ساعت پس از تولد

آغاز می‌شود و تا چند روز ادامه می‌یابد.

نمونه‌ای از **نقش‌پذیری زادگاهی** در انواعی از ماهی‌های آزاد روی می‌دهد. ماهی‌های آزاد در آب شیرین رودخانه از تخم خارج می‌شوند و سپس راه دریا را در پیش می‌گیرند؛ چند سال بعد، برای تخم‌ریزی دوباره به محل زادگاه بازمی‌گردند. بوی آب‌های زادگاه راهنمای این نوع ماهی برای بازگشت به زادگاه است. خرس‌ها می‌آموزند که این نوع ماهی‌ها را که در حال بازگشت به زادگاه هستند، به ویژه هنگام پرش آنها از پایین به بالای آبشارها، شکار کنند.

برخی از جانوران می‌آموزند که برای انتخاب جنس مخالف **نقش‌پذیری جنسی** داشته باشند. در نقش‌پذیری جنسی شناسایی افراد هم‌گونه بر اساس محرک‌هایی است که در نخستین لحظه‌های تولد مشاهده می‌کنند. مدت دوره‌ی حساس در نقش‌پذیری جنسی بیشتر از نقش‌پذیری مادری است.

# فصل ۳

# تجربه و وراثت

## ۳-۱ ژنتیک رفتار

**مفاهیم کلیدی**

- **بعضی رفتارها وابسته به ژن‌ها و ارثی هستند.**
- **زاده‌های دو رگه حالت حد واسطی از رفتارهای ارثی نشان می‌دهند.**

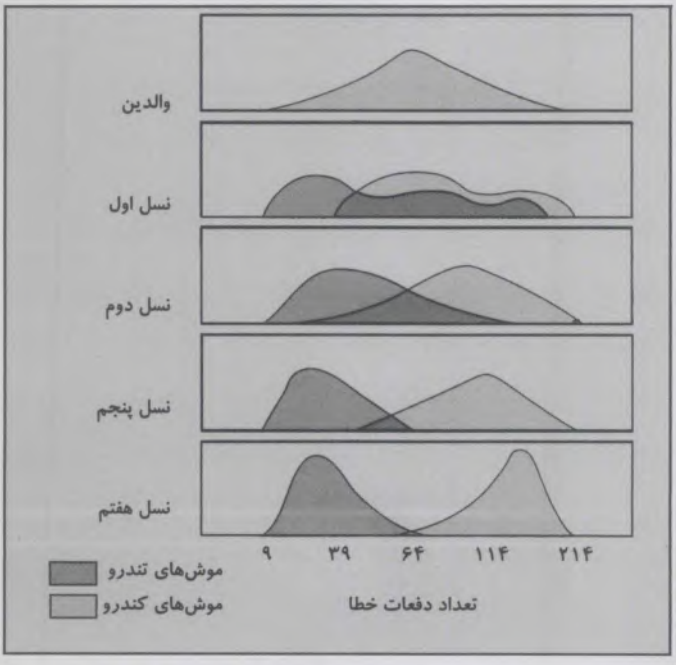
رابرت تریون (Robert Tryon) در سال‌های دهه‌ی ۱۹۴۰ توانایی موش رَت را در یافتن راه خود به سوی غذا، درون هزارتویی با کوچه‌های بن‌بستِ فراوان که فقط یک در خروجی داشت، آزمود. او دریافت که این توانایی در همه‌ی افراد موش‌های رَت یکسان نیست. در زمان مشخص، برخی از موش‌های رَت با خطاهای زیاد خود را به غذا می‌رسانند، در حالی‌که برخی دیگر با تعداد اندکی خطا و با سرعت این کار را می‌کنند. او برای پی بردن به علت این تفاوت، دست به آزمایش‌هایی زد.

تریون از یک‌سو موش‌هایی را که با کمترین خطا و با سرعت به غذا دست می‌یابند با هم آمیزش داد و از سوی دیگر موش‌هایی را نیز که در راهِ یافتن غذا خطاهای بسیار انجام می‌دهند، جدا کرد و آنها را با هم آمیزش داد. او مشاهده کرد که تعداد خطاهای زاده‌های افراد کم‌خطا در یافتن غذا درون هزارتو، حتی کمتر از والدین است و زاده‌های افراد پرخطا، بیشتر از والدین خود خطا می‌کنند.

او این کار را در چند نسل متوالی تکرار کرد و سرانجام دو تیپ موش رَت به‌وجود آورد که در این رفتار با هم اختلاف بسیار داشتند: یک تیپ که درون هزارتو با سرعت به غذا می‌رسیدند

و تیپ دیگر که پس از خطاهای بسیار آن را پیدا می‌کردند (شکل ۳-۱). واضح است که این رفتار وابسته به ژن‌ها و ارثی است.

پژوهش ویلیام دیلگر (William Dilger) روی دو نوع مرغ عشق افریقایی از سرده‌ی *Agapornis* که یکی (*A. fischeri*) مواد آشیانه‌سازی را با نوک حمل می‌کند و آن دیگری (*A. roseicollis*) آنها را لابه‌لای پرهای پهلوی خود جا می‌دهد، منجر به کشف نمونه‌ای از رفتارهای ارثی شد. دیلگر مشاهده کرد که دو رگه‌های حاصل از آمیزش این دو گونه، رفتاری حد واسط دو والد خود انجام می‌دهند. آنها به ترتیب یک بار با جای‌دادن مواد آشیانه‌سازی در منقار و بار دیگر با جای‌دادن آنها در میان پرهای پهلوی بدن خود آنها را به آشیانه می‌برند. بررسی‌های دیگری که روی آوازهای جفت‌یابی سوسری‌ها و قورباغه‌های درختی، نشان می‌دهند که رفتار دو رگه‌ها حد واسط رفتارهای دو والد است.



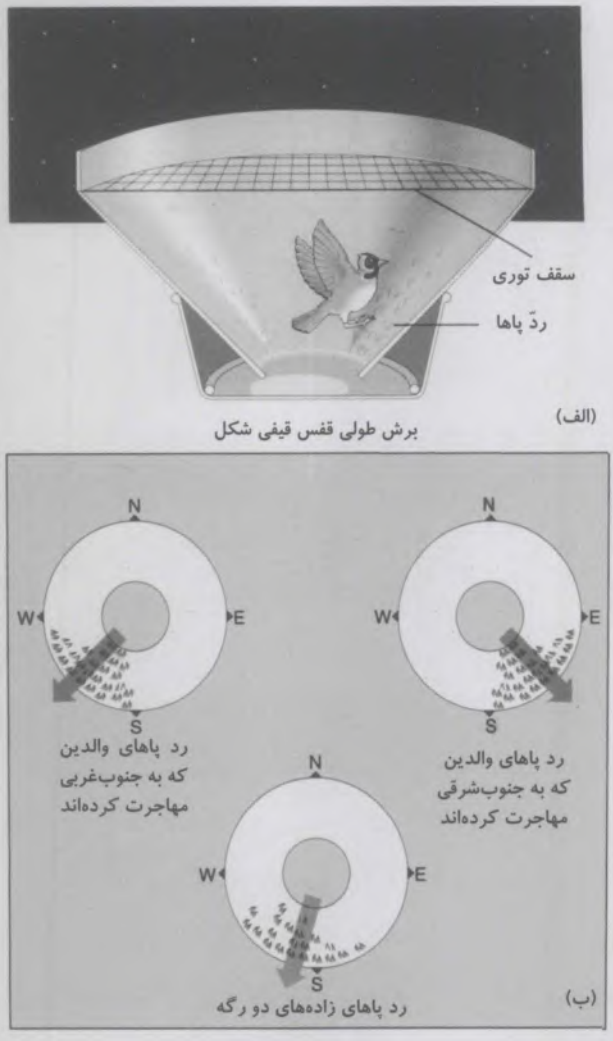

**شکل ۳-۱ اثرهای ژن آموختن** جداکردن و آمیزش‌دادن در آزمایشگاه سبب شد که کشف کنیم در موش‌های رَت رفتار گذر از هزارتو، ارثی است. اگر موش‌های نسل هفتم به طور اتفاقی با هم آمیزش کنند، چه روی می‌دهد؟

آزمایش‌های دیگری برای تعیین منشأ ژنی رفتار انجام شده است. مثلاً، پیتر برتولد (Peter Berthold) و همکاران او پی بردند که چند تیپ سِسْک سر سیاه وجود دارد: سِسْک‌های سر سیاه آلمانی به افریقا مهاجرت می‌کنند، در حالی‌که سِسْک‌های سر سیاه جزیره‌ی کیپ وِرد (Cape Verde) (واقع در ساحل غربی افریقا) هرگز مهاجرت نمی‌کنند. آنان فرض کردند که اگر رفتار مهاجرت ارثی است، پس دو رگه‌های این دو باید رفتاری حد واسط نشان دهند. برتولد چند سِسک سر سیاه از آلمان را با چند سِسک سر سیاه از کیپ ورد آمیزش داد. او پرندگان دو رگه و نیز پرندگان جزیره‌ی کیپ ورد را در قفس‌های جداگانه قرار داد و در محل‌های نشستن پرندگان، درون این قفس‌ها، دستگاه‌هایی حساس کار گذاشت که اطلاعات مربوط به راه‌رفتن و پا به زمین گذاشتن پرندگان را با علایمی الکترونی ثبت می‌کردند.

دو رگه‌ها در دوره‌ی بعدی مهاجرت رفتار بی‌قراری مهاجرتی نشان دادند، یعنی شبانه با هدف پرواز، به جلو و عقب می‌جهیدند. در حالی‌که پرنده‌های جزیره‌ی کیپ ورد هیچ‌گونه رفتار بی‌قراری مهاجرتی بروز ندادند.

اندره‌آس هلبیگ (Andreas Helbig) آزمایش دیگری با سسک‌های سر سیاه انجام داد. سِسک‌های سر سیاه آلمانی از آلمان به سوی جنوب‌غربی، به اسپانیا و سپس به جنوب‌غربی افریقا پرواز می‌کنند، ولی سِسک‌های سر سیاه اتریشی به سوی جنوب‌شرقی به فلسطین و سپس به افریقا پرواز می‌کنند. هلبیگ دو رگه‌های این دو را تولید کرد و والدین و دو رگه‌ها را در قفس‌های قیف‌مانند مخصوصی قرار داد، به‌طوری که پرندگان می‌توانستند شبانه ستارگان را مشاهده کنند (بررسی مهاجرت این پرندگان نشان داده است که پرندگان هنگام مهاجرت، در روز از خورشید و در شب از ستارگان استفاده می‌کنند). کف و اطراف قفس‌ها با کاغذ مخصوصی که خراش‌های حاصل از جهش پرندگان را ثبت می‌کرد، پوشیده شده بود. هنگامی که خراش‌های زاده‌های دو رگه را از لحاظ آماری با خراش‌های پدر و مادران مقایسه کردند، معلوم شد که جهت انتخابی دو رگه‌ها حد واسط جهت پدر و مادرهاست (شکل ۳-۲). آزمایش‌های برتولد و هلبیگ روی سسک‌های سر سیاه از این فرضیه که حداقل بخشی از رفتار مهاجرتی این گونه، پایه‌های ژنتیک دارد پشتیبانی می‌کند.

استیون آرنولد (Steven Arnold) چند آزمایش با مارهای گارتر (*Thamnophis elegans*) انجام داد. او مشاهده کرده بود که در کالیفرنیا تفاوت مهمی بین دو جمعیت از این مارها وجود دارد. جمعیت‌های آب‌زی معمولاً از قورباغه و ماهی تغذیه می‌کنند؛ اما جمعیت‌های ساحلی



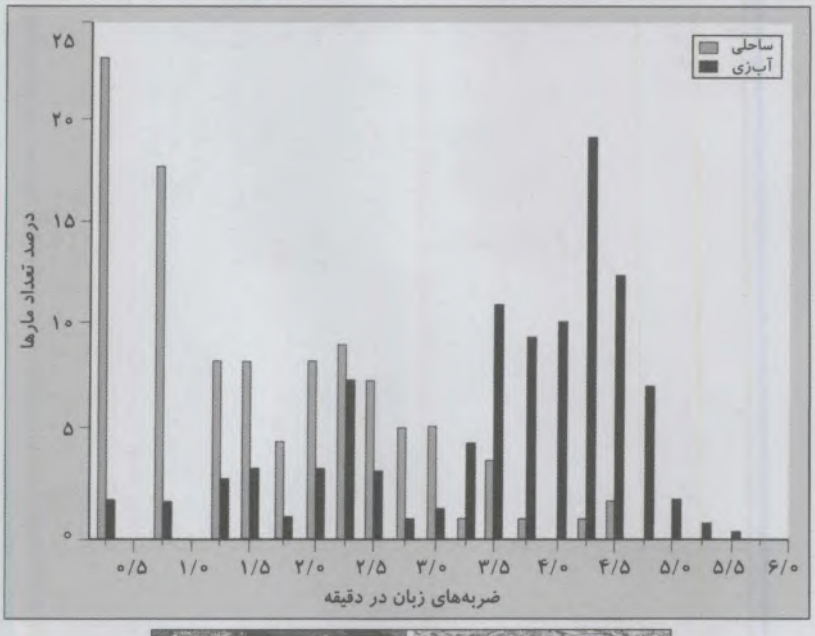

**شکل ۳-۲ وراثت رفتار مهاجرتی سسک سر سیاه سیلویا (الف)** قفس قیف‌مانند مشاهده‌ی آسمان شبانه را برای پرندگان ممکن می‌کند. این پرندگان هنگام مهاجرت برای جهت‌یابی از ستارگان استفاده می‌کنند. **(ب)** آزمایش‌ها توانست جهت ترجیحی پرواز را از روی نشانه‌های خراش‌های روی کف و اطراف قفس نشان دهد. پدران و مادران پرواز به سوی جنوب‌شرقی یا جنوب‌غربی را ترجیح می‌دهند، اما جهت ترجیحی دو رگه‌ها حد واسط این دو است.

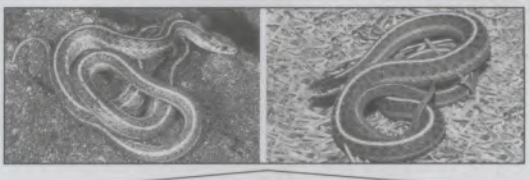
خشکی‌زی هستند و معمولاً از لیسه تغذیه می‌کنند. مارهای آب‌زی در آزمایشگاه از خوردن لیسه خودداری می‌کنند، در حالی‌که مارهای ساحلی لیسه می‌خورند. آرنولد برای آزمودن تفاوت‌های میان این دو جمعیت ترتیبی داد که مارهای آب‌زی با مارهای ساحلی آمیزش انجام دهند و

دریافت که مارهای دو رگه‌ی جدا شده، رفتاری حد واسط نشان می‌دهند.

به نظر می‌رسد در این مارها پذیرش یا ردّ لیسه ارثی است. اما ژن‌ها چه تفاوت‌های فیزیولوژیکی به‌وجود می‌آورند؟ آرنولد برای پاسخ‌دادن به این پرسش، آزمایشی خلاقانه طراحی کرد.

هنگامی‌که مارها غذا می‌خورند، زبان آنها تأثیرهای مواد شیمیایی را به یک پذیرنده‌ی بویایی که در سقف دهان آنها قرار دارد، هدایت می‌کند. آنها برای شناسایی صید خود با زبان به آن ضربه می‌زنند! حتی مارهای نوزاد نیز به گوش پاک‌کن‌هایی که در عصاره‌ی صید فرو برده شده‌اند، ضربه می‌زنند. آرنولد گوش پاک‌کن‌ها را به عصاره‌ی صید آغشته کرد و تعداد ضربه‌های زبانی‌ای را که نوزادان مارهای آب‌زی و نوزادان مارهای ساحلی به آنها می‌نوازند، شمرد. نتیجه این شد که تعداد ضربه‌های مارهای ساحلی بیشتر از ضربه‌های مارهای آب‌زی بود (شکل۳-۳).



**شکل ۳-۳ رفتار تغذیه‌ای مارهای گارتر** نمودار تعداد ضربه‌هایی را که مارهای آب‌زی و ساحلی به گوش پاک‌کن‌های آغشته به عصاره‌ی صید زده‌اند، نشان می‌دهد. مارهای گارتر ساحلی لیسه می‌خورند، اما مارهای گارتر آب‌زی از خوردن لیسه خودداری می‌کنند. تعداد ضربه‌های دهانی مارهای ساحلی بیشتر از مارهای آب‌زی بود.

اگرچه دو رگه‌ها از نظر تعداد ضربه‌های زبانی تنوع گسترده‌ای نشان می‌دهند، اما عموماً همان‌طور که فرضیه‌ی ژنتیک پیش‌بینی می‌کرد، حد واسط بودند. این یافته‌ها حاکی از آن است که مارهای آب‌زی به این علت لیسه نمی‌خورند که به بوی آن حساس نیستند. به نظر می‌رسد که تفاوت‌های ژنتیک این دو جمعیت موجب تفاوت‌های فیزیولوژیک در دستگاه‌های عصبی آنها شده است.

## اثرهای ژن‌ها و محیط بر رفتار آدمی

برخی از رفتارها ارثی هستند، اما آیا عوامل محیطی هم بر آنها مؤثرند؟ مدت‌هاست که این پرسش مطرح بوده که آیا رفتار ماهیت ذاتی (ارثی) دارد یا اکتسابی (محیطی) است. بررسی‌هایی برای یافتن پاسخ به این پرسش روی دو قلوهای یکسان آدمی انجام شده است. دو قلوهای یکسان آدمی از یک سلول تخم لقاح‌یافته به‌وجود می‌آیند و بنابراین کروموزوم‌ها و ژن‌های آنها دقیقاً یکسان است. دو قلوهای غیر یکسان از دو سلول تخم به‌وجود می‌آیند و بنابراین شباهت ژنتیک آنان مشابه شباهت بین خواهران و برادران غیر دو قلوست.

برای تعیین اینکه رفتار تا چه اندازه ارثی است، بررسی‌هایی روی دو قلوهای یکسان آدمی انجام شده و معلوم کرده است که اگرچه دو قلوهای غیر یکسان، حتی اگر در یک محیط بزرگ شده باشند، از نظر رفتاری چندان همانند نیستند؛ در حالی‌که رفتار دو قلوهای یکسانی که جدا از هم بزرگ شده‌اند، به‌طور چشمگیری همانند است.

پرسشنامه‌هایی برای به‌دست آوردن اطلاعات بیشتر درباره‌ی صفات رفتاری طراحی شده است. پاسخ‌هایی که به این پرسشنامه‌ها داده شده است، نشان می‌دهند که همانندی دو قلوهای یکسانی که جدا از هم بزرگ شده‌اند، بیشتر از همانندی دو قلوهای غیر یکسانی است که با هم بزرگ شده‌اند. داده‌ها در مجموع نشان داده‌اند که حدود ۵۰٪ از تفاوت‌های صفات شخصیتی انسان‌ها را وراثت چند ژنی و ۵۰٪ بقیه را محیط به‌وجود می‌آورد.

البته باید توجه داشت که رفتارشناسان می‌کوشند از تفسیر رفتارهای انسانی با معیارهای رفتارهای جانوران پرهیز کنند. زیرا آدمی موجودی است که آگاهانه محیط را تغییر می‌دهد و مطابق با خواسته‌های خود در آن دخل و تصرف می‌کند. همان‌طور که در صفحه‌ی ۳ توضیح داده شده است، آدمی در میان موجودات زنده استثناست. یکی دیگر از اصول رفتارشناسی پرهیز از انسان انگاری است؛ یعنی رفتارشناسان می‌کوشند از تفسیر رفتارهای جانوران با معیارهای انسانی بپرهیزند، به بیان دیگر رفتارشناسان جانوران را انسان فرض نمی‌کنند.

## ۳-۲ اندیشه و شناخت در جانوران

**مفاهیم کلیدی**

- **بعضی جانوران، مانند شمپانزه رفتارهای حل مسئله دارند.**
- **بعضی جانوران، مانند اعضای خانواده‌ی کلاغ شواهدی از اندیشیدن را نشان می‌دهند.**

آیا جانوران هم «فکر می‌کنند»؟ بی‌گمان بسیاری از ما می‌توانیم داستان‌هایی درباره‌ی جانورانی مانند سگ و گربه بگوییم که در آنها شواهدی از اندیشیدن جانوران وجود دارد. پژوهشگران رفتارشناسی ده‌ها سال بود که اندیشیدن جانوران را انکار می‌کردند و اعتقاد داشتند که جانوران به‌طور غریزی به محرک‌ها پاسخ می‌دهند.

در سال‌های اخیر رفتارشناسان توجه خاصی به شعور و اندیشیدن جانوران داشته‌اند و در پی آن بوده‌اند که آیا جانوران هم می‌اندیشند؟ یعنی آیا جانوران هم مانند آدمیان اطلاعات را پردازش می‌کنند و سپس پاسخی می‌دهند که حاکی از شناخت آنهاست؟ شناخت مستلزم چه نوع رفتاری است؟ برخی پرندگان ورقه‌های آلومینیومی درپوش بطری‌های شیر را برای خوردن سرشیر چرب درون آن سوراخ می‌کنند و ماکاک‌های ژاپنی، سیب‌زمینی را می‌شویند و برای جداکردن دانه‌های غلات از سنگ و خاک آنها را در آب می‌ریزند. برخی از شمپانزه‌ها چوبی را که از بی‌برگ کردن شاخه‌های درختان ساخته‌اند، به درون لانه‌ی موریانه فرو می‌کنند تا موریانه‌ها را آسان‌تر به چنگ آورند. برخی از میمون‌ها برای شکارچیان خاصی واژه‌هایی دارند.

برای دانستن درباره‌ی توانایی اندیشیدن در جانوران آزمایش‌های اندکی انجام شده است. برخی از این آزمایش‌ها تأیید می‌کنند که جانوران از درجاتی از اندیشیدن و شناخت برخوردار باشند. برخی از جانوران ممکن است اطلاعات غلط بدهند یا به اصطلاح دروغ بگویند. هم‌اکنون پژوهشگران رفتارشناسی در حال بررسی رفتارهای دروغ‌گویی و فریب‌دهنده‌ی نخستی‌ها هستند. معلوم شده است که برخی از جانوران، به‌ویژه بابون و شمپانزه برای فریب‌دادن دیگر اعضای گروه خود، رفتارهای فریب‌دهنده بروز می‌دهند.

نمونه‌ای معروف از بررسی **رفتارهای حل مسئله** در سال‌های دهه‌ی ۱۹۲۰ انجام شد. در این سال‌ها شمپانزه‌ها را در اتاقی قرار دادند و از طنابی که از سقف اتاق آویزان بود موزی آویزان کردند. فاصله‌ی موز تا کف اتاق به اندازه‌ای بود که شمپانزه‌ها نمی‌توانستند حتی با پریدن به بالا به موز دست یابند. درون اتاق چند جعبه‌ی خالی نیز قرار داده بودند. در چنین موقعیتی

شمپانزه‌ی گرسنه در ابتدا سعی می‌کند با دراز کردن دست و سپس با پریدن به بالا موز را بگیرد، اما نمی‌تواند. در این موقع شمپانزه کمی آرام می‌گیرد؛ به موز و به جعبه‌ها نگاه می‌کند و ناگاه جعبه‌ها را یکی‌یکی روی هم می‌گذارد، از آنها بالا می‌رود و موز را از سر طناب جدا می‌کند (شکل ۳-۴).

**شکل ۳-۴** حل مسئله در شمپانزه

اعضای خانواده‌ی کلاغ، مانند کلاغ، زاغی و غراب نیز رفتار حل مسئله را به‌خوبی نشان می‌دهند. برنارد هنریک (Bernard Heinrich) آزمایشی با گروهی از غراب‌های دست‌آموز که در محیطی باز زندگی می‌کنند، انجام داد. او تکه‌ای گوشت را که مورد علاقه‌ی فراوان غراب است، به سر طنابی وصل کرد و سپس آن را از شاخه‌ی درختی آویخت. هیچ‌یک از پرندگان گروه تا آن موقع طناب ندیده بود. غراب‌ها تا چند ساعت به طناب نگاه کردند، اما هیچ کاری انجام ندادند. ناگهان یکی از آنها روی شاخه‌ای که طناب از آن آویزان بود نشست؛ قطعه‌ای از طناب را با منقار خود کشید، بالا برد و زیر پای خود گذاشت. سپس قطعه‌ی بعدی را به همین ترتیب بالا کشید تا سرانجام به گوشت رسید. در این آزمایش سه غراب از پنج غراب گروه، این کار را انجام دادند. هنریک چند آزمایش دیگر هم در این زمینه انجام داد تا سرانجام تقریباً مطمئن شد که غراب‌ها توانایی شناخت و اندیشه دارند.

# ۳-۳ ریتم‌های زیستی

## مفاهیم کلیدی

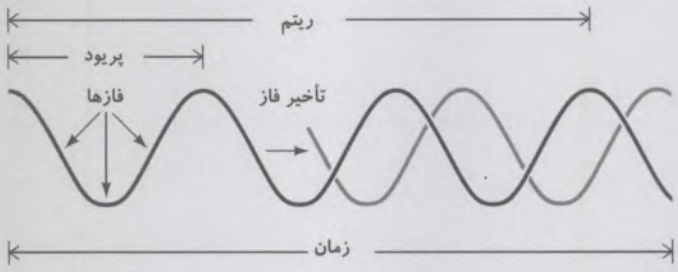
- **رفتارهای جانوران در چرخه‌هایی روزانه که ریتم‌های سیرکادین نامیده می‌شوند، انجام می‌گیرند.**
- **ساعت‌های تنظیم‌کننده‌ی ریتم‌های سیرکادین در هسته‌های فوق‌کیاسمایی بینایی پستانداران قرار دارند.**
- **در بسیاری از گونه‌ها دو ژن که در ساز و کارهای ساعت‌های زیستی درگیرند، شناسایی شده‌اند.**
- **حداقل جانورانی که خواب زمستانی دارند، یا به استوا مهاجرت می‌کنند و با تغییر طول روز روبه‌رو نیستند، از ریتم‌های درونی خود استفاده می‌کنند.**

یکی از موضوع‌های مهم رفتارشناسی، تنظیم زمان رفتارهاست. بررسی ساختار و کار مغز علت و چگونگی ریتم‌های زیستی را که جانوران برای تنظیم رفتارهای خود به‌کار می‌برند، آشکار کرده است. در اینجا به دو نوع از ریتم‌های زیستی خواهیم پرداخت: ریتم‌های سیرکادین (تقریباً شبانه‌روزی) و ریتم‌های سیرکانوال (تقریباً سالانه).

سیاره‌ی ما هر ۲۴ ساعت یک بار به دور خورشید می‌گردد و چرخه‌ای شبانه‌روزی از تغییرهای محیطی ایجاد می‌کند. این تغییرهای شبانه‌روزی، تغییرهایی چرخه‌ای در بدن موجودات زنده به‌وجود می‌آورند. البته نباید تصور کنیم که چرخه‌های درون بدن موجودات زنده بر اثر تغییر روشنایی و تاریکی در چرخه‌ی ۲۴ ساعتی زمین ایجاد می‌شوند. چون اگر جانوران را مدتی در دمای ثابت در محیطی تاریک دارای آب و غذای کافی قرار دهیم، باز هم به دور از تغییرهای روشنایی و تاریکی، چرخه‌های شبانه‌روزی خود را ادامه می‌دهند: به‌موقع می‌خورند، می‌آشامند و کارهای دیگر خود را انجام می‌دهند. این نشان می‌دهد که جانوران ساعتی درونی دارند که مستقل از تغییرهای محیطی، چرخه‌هایی را درون بدن آنها راه می‌اندازند. طول مدت این چرخه‌ها به خودی خود معمولاً ۲۴ ساعتی نیست، اما تحت تأثیر محیط ۲۴ ساعتی می‌شوند. به همین علت به آنها چرخه‌های تقریباً شبانه‌روزی یا **سیرکادین** می‌گویند.

### واژه‌شناسی

سیرکادین (circadian) از دو واژه‌ی لاتینی circa، به معنی «در حدود» و dies به معنی «روز» گرفته شده است.




**شکل ۳-۵** اجزای یک ریتم

برای بررسی ریتم‌های زیستی ابتدا لازم است چند اصطلاح را مرور کنیم:

**ریتم** مجموعه‌ای از چرخه‌هاست. طول هر یک از این چرخه‌ها را **پریود** و هر نقطه‌ی روی چرخه را یک **فاز** چرخه می‌نامند(شکل ۳-۵).

اگر دو ریتم کاملاً با هم جور و هم‌زمان باشند، آن دو را هم‌فاز می‌نامند. اگر یکی از ریتم‌ها از دیگری جلوتر باشد، می‌گویند در فاز جلوتر نسبت به آن دیگری است و اگر نسبت به آن عقب‌تر باشد، می‌گویند نسبت به آن تأخیر فاز دارد. چون یک پریود هر ریتم سیرکادین دقیقاً ۲۴ ساعتی نیست، ممکن است هر روز برای هم‌فاز شدن با چرخه‌ی شبانه‌روزی محیط تأخیر فاز داشته باشد یا نسبت به آن در فاز جلوتر باشد.

## تنظیم ریتم‌های سیرکادین با ریتم ۲۴ ساعتی

محرک‌های محیطی می‌توانند ریتم‌های سیرکادین را تنظیم کنند. جانوری که در وضعیت پایدار و در تاریکی قرار داده شده باشد، تحت تأثیر چرخه‌ی ۲۴ ساعتی محیط قرار نمی‌گیرد و ساعت سیرکادین آن بر اساس پریود طبیعی درونی، یعنی آزادانه اجرا می‌شود. اگر پریود آن کمتر از ۲۴ ساعت باشد، جانور هر روز صبح اندکی زودتر کار خود را آغاز می‌کند (به شکل ۳-۶ میانی نگاه کنید).

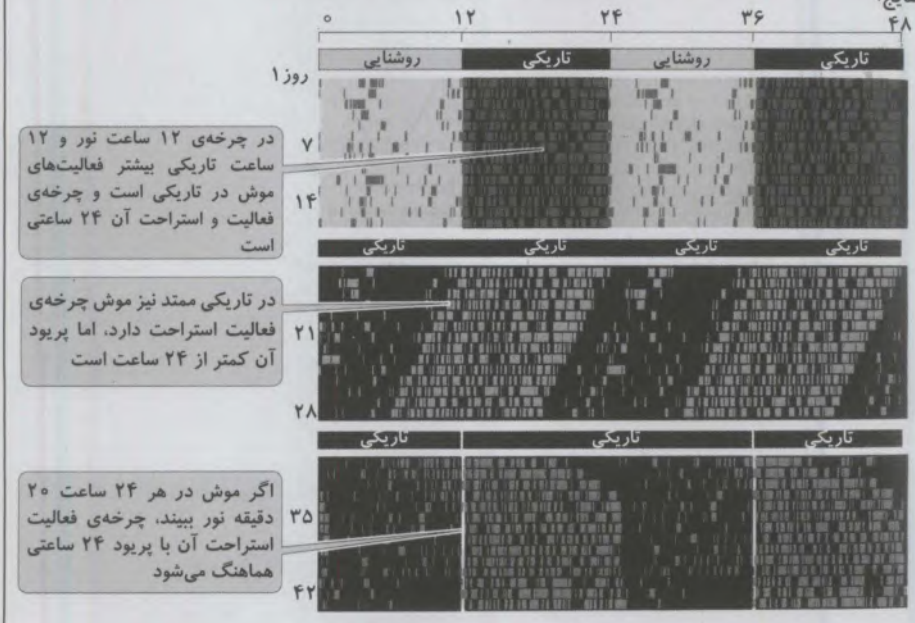
جانورانی را که فاز آزاد دارند، می‌توان برای بررسی اثرهای تحریکی تغییر فاز یا تنظیم ریتم سیرکادین با ریتم ۲۴ ساعتی تحت آزمایش قرار داد. محرک‌های محیطی مانند روشنایی یا تاریکی، در موقعیت‌های طبیعی ریتم‌های آزاد را با چرخه‌های ۲۴ ساعتی شبانه‌روزی تنظیم می‌کنند. می‌توان در آزمایشگاه با ضربان‌های نور یا تاریکی، ریتم‌های سیرکادین جانورانِ دارای ریتمِ آزاد را با ریتم‌های ۲۴ ساعتی هماهنگ کرد(شکل ۳-۶، پایین).

**آزمایش**

**پرسش:** آیا الگوهای استراحت و فعالیت به چرخه‌ی تاریکی ـ روشنایی ۲۴ ساعتی بستگی دارد؟

**روش:** تغییر چرخه‌های روشنایی ـ تاریکی و ثبت فعالیت موش روی چرخ فعالیت

**نتایج:**




**نتیجه‌گیری:** چرخه‌ی درونی فعالیت استراحت موش کمتر از ۲۴ ساعت است، اما آن چرخه می‌تواند با چرخه‌ی ۲۴ ساعتی شبانه‌روزی نور و تاریکی هماهنگ شود.

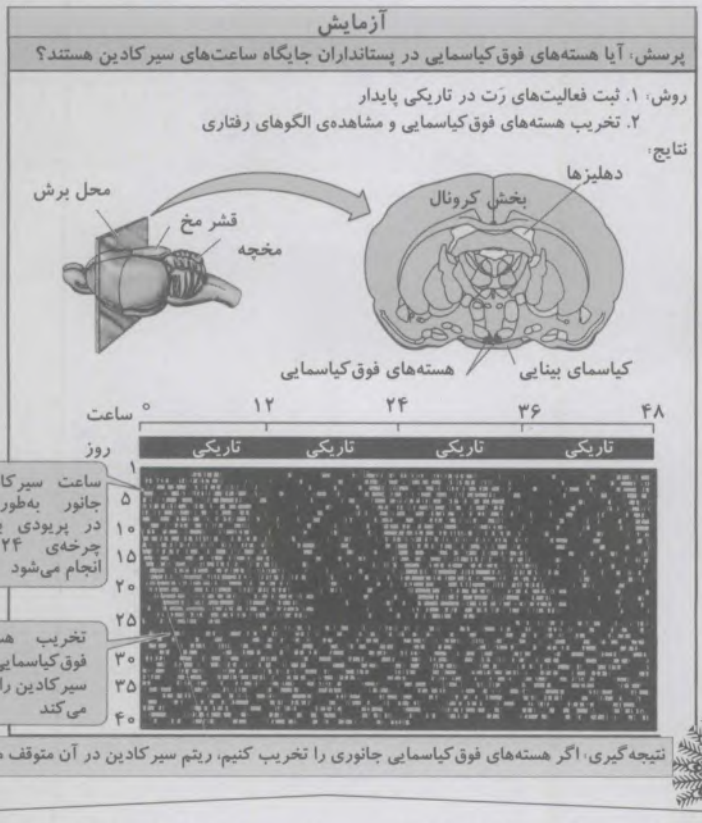
**شکل ۳-۶ ریتم‌های سیرکادین** نشانه‌های این شکل طول مدتی را که موش روی چرخ دوّار در حال دویدن است، نشان می‌دهد. در هر خط افقی دو شبانه‌روز فعالیت آنها ثبت شده است. برنامه‌ی تاریکی و روشنایی را با خط‌های عرضی ضخیم نشان داده‌ایم. نخستین موش در معرض ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی بوده (بالا)، سپس در تاریکی ممتد قرار داده شده (میانی) و سرانجام، هر روز به مدت ۲۰ دقیقه نور بر آن تابیده شده است (پایین). ریتم سیرکادین در تاریکی ممتد آزادانه است، اما ریتم نور ۲۰ دقیقه‌ای در هر ۲۴ ساعت یک بار، آن را با ریتم ۲۴ ساعتی شبانه‌روز هماهنگ می‌کند.

در سفرهای طولانی با هواپیما، هنگامی که چند منطقه‌ی زمانی را پشت سر می‌گذاریم، در ابتدا ساعت سیرکادین بدن ما با محیط جدید هماهنگ نیست. در نتیجه پدیده‌ای به‌وجود می‌آید که به آن تأخیر جت می‌گویند. در این حالت ریتم درونی بدن ما کم‌کم تحت اثر عامل‌های محیطی، خود را با محیط جدید هم‌زمان می‌کند. اما ریتم درونی بدن ما نمی‌تواند بیش از ۳۰ تا حداکثر ۶۰ دقیقه در روز تغییر کند، بنابراین چند روز طول می‌کشد تا ریتم سیرکادین بدن ما با

ریتم زمانی مقصد هماهنگ شود. ریتم درونی در محیط جدید تا مدتی ما را مطابق با تنظیم‌های درونی بیدار می‌کند، خواب‌آلود می‌کند، فعالیت‌های گوارشی ما را آغاز می‌کند و در ساعت‌های نا به‌جای روز، بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیک را همزمان به راه می‌اندازد.

## ساعت سیرکادین

ساعتی که ریتم سیرکادین را تنظیم می‌کند، در کجای بدن قرار دارد؟ مکان دقیق ساعت اصلی سیرکادین در پستانداران در دو گروه کوچک سلولی است که درست در بالای کیاسمای بینایی، یعنی جایی که دو عصب بینایی با هم متقاطع می‌شوند، قرار دارند. این ساختارها را هسته‌های فوق کیاسمایی می‌نامند. اگر این هسته‌ها خراب شوند، جانور ریتم سیرکادین خود را از دست می‌دهد. چنین جانوری ممکن است در تاریکی یا روشنایی دایمی در هر زمانی از شبانه‌روز فعال شود یا به خواب رود (شکل ۳-۷).




**شکل ۳-۷ ساعت سیرکادین کجاست؟** ساعت سیرکادین پستانداران در هسته‌های فوق کیاسمایی بینایی مغز قرار دارند. اگر این هسته‌ها را تخریب کنیم، جانور ریتم سیرکادین خود را از دست می‌دهد.

آزمایش‌های اخیر روشن کرده‌اند که اگر در جانورانی که هسته‌های فوق‌کیاسمایی آنها خراب شده، این هسته‌ها را از جانور دیگری پیوند بزنیم، ریتم‌های استراحت و فعالیت آغاز می‌شوند، اما ریتم احیا شده پریود جانورِ دهنده‌ی بافت را آشکار می‌کند. پیوند هیچ‌یک از بخش‌های دیگر بافت مغز موجب برقراری دوباره‌ی این رفتار پیچیده نمی‌شود.

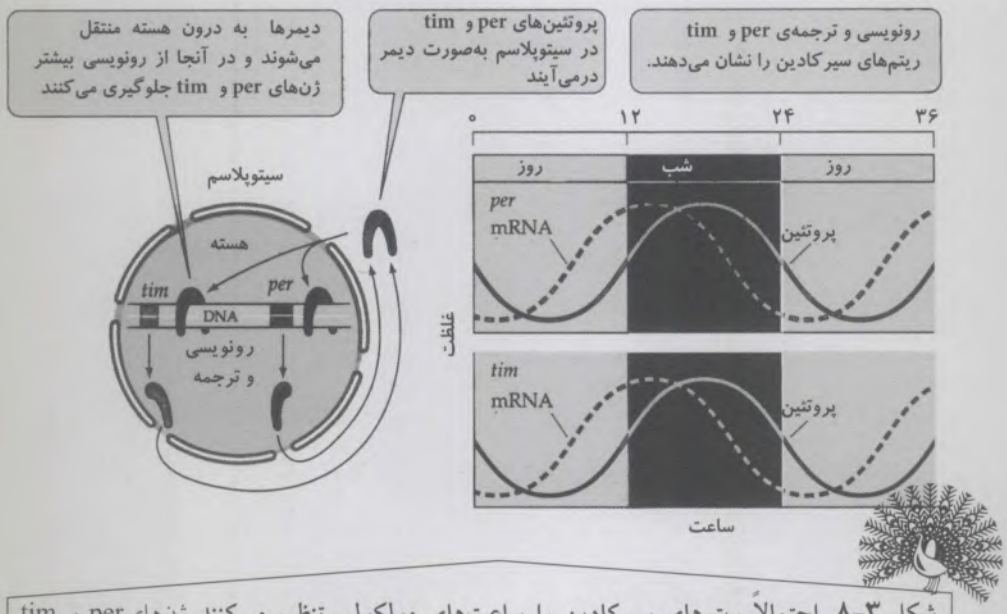
ریتم‌های سیرکادین در همه‌ی جانوران و نیز آغازیان، گیاهان، و قارچ‌ها یافت می‌شوند، اما هسته‌های فوق کیاسمایی فقط در پستانداران یافت می‌شوند. انتخاب طبیعی انواع مختلفی از ساعت‌های سیرکادین را در موجودات زنده به‌وجود آورده است. مثلاً، سلول‌های عهده‌دار رفتار سیرکادین در نرم‌تن Bulla در چشم‌ها جای دارند. پرندگان نیز هسته‌هایی مانند هسته‌های فوق کیاسمایی دارند، اما ساعت اصلی حداقل در چند گونه‌ی آنها به صورت توده‌ای بین نیم‌کره‌های مخ در غده‌ی پینه‌آل جای دارند و هورمون ملاتونین ترشح می‌کنند. اگر غده‌ی پینه‌آل پرنده‌ای را برداریم، ریتم سیرکادین آن از دست می‌رود. ریتم‌های سیرکادین در آغازیان و قارچ‌ها در یکایک سلول‌های آنها قرار دارند و به‌علاوه، سلول‌های بسیاری از جانوران پرسلولی می‌توانند ریتم‌های سیرکادین تولید کنند. ساز و کار مولکولی این ساعت‌های سیرکادین چیست؟

## ژن‌های ساعت

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های بسیاری در کشف اساس مولکولی ریتم‌های سیرکادین انجام شده است. شگفت‌ترین این کشف‌ها هم‌ساختاری بسیار مشابه میان ژن‌های این ساعت‌ها در موجودات زنده‌ی مختلف از کپک نان تا آدمی است.

داستان از کشف ژنی به نام per آغاز شد که در مگس سرکه کشف شد. جهش در این ژن سبب شده است که پریود سیرکادین در این جانور کوتاه یا بلند باشد. جهش در ژن سیرکادینی دیگری که tim (خلاصه‌ی timeless) نامیده می‌شود، سبب از دست رفتن ریتم سیرکادین در مگس سرکه می‌شود. حضور mRNA مربوط به per و tim یا پروتئین آنها چرخه‌ای روزانه نشان می‌دهد. بنابراین، رونویسی و ترجمه‌ی این دو ژن ریتمی سیرکادین نشان می‌دهد. اما چه چیزی این ریتم را تنظیم می‌کند؟ پروتئین‌هایper و tim در سیتوپلاسم به صورت دیمر در می‌آیند. هترودیمر حاصل به هسته منتقل می‌شود و در آنجا به صورت عامل رونویسی برای بازدارندگی رونویسی ژن‌های per و tim در می‌آید (شکل ۳-۸). بنابراین، این دو ژن ممکن است چرخ‌دنده‌های ساعت‌های سیرکادین باشند.

اکنون می‌دانیم که ساز و کار آن ساده نیست و ژن‌های دیگری هم دست در کارند. اما




**شکل ۳-۸ احتمالاً ریتم‌های سیرکادین را ساعت‌های مولکولی تنظیم می‌کنند** ژن‌هایper و tim که در مگس سرکه یافت شده‌اند، هم‌ساختار «ژن‌های ساعت» هستند که در بسیاری از موجودات زنده یافت شده‌اند. این ژن‌ها بر اساس ریتمی سیرکادین که به نظر می‌رسد خودتنظیمی مثبت دارد، رونویسی و ترجمه می‌شوند.

جالب است بدانیم که در قارچ‌ها، حشرات، موش و آدمی هم‌ساختاری‌هایی بین این ژن‌های ساعت یافت شده است که نشان می‌دهند چگونه ساز و کارهای مولکولی اساسی، ساعتی برای موجودات زنده‌ی زمین‌اند.

## ریتم‌های سیرکادین بر تغییرهای فصلی نظارت می‌کنند

زمین علاوه بر آنکه هر ۲۴ ساعت یک بار به دور خود می‌چرخد، هر ۳۶۵ روز یک بار به دور خورشید می‌گردد و به سبب کج بودن محور زمین در همه جای آن به‌جز استوا تغییرهایی در طول شب و روز روی می‌دهند. این تغییرهای روز و شب سبب تغییر در دما، بارندگی و متغیرهای دیگر می‌شود. بنابراین، جانوران باید نسبت به این تغییرها سازگاری داشته باشند. مثلاً بسیاری از جانوران نباید در زمستان زادآوری کنند.

تغییر در طول روز برای بسیاری از گونه‌ها نشان از تغییر فصل دارد. اگر طول روز اثر مستقیم بر فیزیولوژی و رفتار جانوری داشته باشد، به آن جانور فتوپریودیک می‌گویند. مثلاً اگر گوزن نر را در قفس نگه‌داری کنیم و در مدت یک سال دو بار آن را در معرض تغییر طول روز و شب قرار دهیم، دو بار در سال شاخ می‌اندازد.

طول روز و شب برای برخی از جانوران تأثیری در چرخه‌ی زندگی آنها ندارد. مثلاً جانورانی که به خواب زمستانی فرو می‌روند، چند ماه در تاریکی زیر زمین می‌مانند، خبری از طول روز و شب ندارند، اما باید در سرآغاز بهار بیدار شوند و زادآوری را از سر گیرند. برای پرندگانی که در استوا زمستان‌گذرانی می‌کنند، طول روز و شب نمی‌تواند راهنمای مهاجرت باشد. جانوران دارای خواب زمستانی و پرندگان زمستان‌گذران در استوا ریتم‌هایی درونیِ سالانه دارند که **سیرکانوال** نامیده می‌شوند. به عبارت دیگر، درون دستگاه‌های عصبی آنها نوعی تقویم وجود دارد. همان‌طور که ریتم‌های سیرکادین دقیقاً ۲۴ ساعتی نیستند، ریتم‌های سالانه هم به‌طور دقیق ۳۶۵ روز نیستند، بلکه معمولاً کوتاه‌ترند. ساز و کار عصبی ریتم‌های سالانه کاملاً در پرده‌ی ابهام است.

## ۳-۴ رفتارهای مهاجرتی

**مفاهیم کلیدی**

- **جابه‌جایی طولانی و دو سویه، یعنی رفت و برگشت، مهاجرت نام دارد.**
- **برای بسیاری از جانوران مهاجرت واکنشی به تغییرات محیط است.**
- **پرندگان و دیگر جانوران از روی موقعیت خورشید و ستارگان، پستی و بلندی‌های زمین، جهت وزش بادها، صدای باد، نور پلاریزه، میدان مغناطیسی زمین، تغییر گرانش زمین، بوی دریا یا بوی علفزار مهاجرت می‌کنند.**

جانوران ممکن است به طور منظم مسافتی را بین آشیانه و محل‌های غذا خوردن بپیمایند، مانند رفتارهای جنبشی و گرایشی. اگر این جابه‌جایی طولانی و دو سویه، یعنی رفت و برگشتی باشد به آن مهاجرت می‌گویند. مرغابی‌ها و غازهای وحشی از معروف‌ترین پرندگان مهاجرند. پروانه‌های مونارک هر پاییز از مرکز و شرق ایالات متحد به چند جنگل مخروط‌دار واقع در کوهستان‌های مرکز مکزیک مهاجرت می‌کنند (شکل ۳-۹).

امروزه مطالب بسیاری درباره‌ی جهت‌یابی و ناوبری پرندگان مهاجر می‌دانیم. جهت‌یابی مانند کاربرد قطب‌نما و ناوبری مانند کاربرد قطب‌نما همراه با نقشه است. آزمایش‌هایی که روی رفتار مهاجرتی سار انجام شده است، نشان می‌دهند که سارهای جوان و بی‌تجربه در مهاجرت فقط جهت‌یابی می‌کنند، در حالی‌که سارهایی که قبلاً تجربه‌ی مهاجرت داشته‌اند ناوبری واقعی دارند (شکل ۳-۱۰).

**شکل ۳-۹ مهاجرت پروانه‌ی مونارک**
پروانه‌های مونارک غرب امریکای شمالی در مناطق ساحلی اقیانوس آرام که آب و هوای ملایم دارد، زمستان‌گذرانی می‌کنند، اما پروانه‌های مونارک شرق امریکای شمالی و جنوب شرقی کانادا ۳۰۰۰ کیلومتر را می‌پیمایند و به مکزیکوسیتی می‌رسند. در این مسافرت سه تا پنج نسل جانشین یکدیگر می‌شوند.

پرندگان و دیگر جانوران از روی موقعیت خورشید و ستارگان، پستی و بلندی‌های زمین، جهت وزش بادها، صدای باد نور پلاریزه، میدان مغناطیسی زمین، گرانش تغییر گرانش زمین، بوی دریا یا بوی علفزار مهاجرت می‌کنند.

**شکل ۳-۱۰ مهاجرت سار اروپایی** بررسی رفتار مهاجرتی سار اروپایی نقش وراثت و نیز تجربه را در بروز رفتار نشان می‌دهد. سارهایی را که می‌خواستند مهاجرت پاییزی خود را آغاز کنند، در هلند گرفتند، با هواپیما به سویس بردند و در آنجا آزاد کردند. سارهای جوان که تجربه‌ی قبلی مهاجرت نداشتند سر از اسپانیا درآوردند، در حالی‌که سارهای دارای تجربه‌ی مهاجرت به درستی به محل‌های زمستانی خود در فرانسه، بریتانیا و ایرلند رسیدند.

# فصل ۴

# بوم‌شناسی رفتار

## ۴-۱ تکامل رفتار

**مفاهیم کلیدی**

- **میزان موفقیت جانور در بقا و زادآوری، ارزش ماندگاری رفتار نام دارد.**
- **بوم‌شناسان رفتاری می‌کوشند به پرسش‌های چرایی پاسخ دهند.**
- **انتخاب ژن‌های خویشاوندان به‌جای ژن‌های خودی، به‌منظور انتقال هر چه بیشتر به نسل‌های بعدی، انتخاب خویشاوند نامیده می‌شود.**

نیکلاس تینبرگن موضوع‌های مربوط به رفتار جانوران را به دو گروه تقسیم کرده است. موضوع‌های چیستی که به فیزیولوژی مربوط می‌شوند و موضوع‌های چرایی یا تکاملی. یکی از موضوع‌هایی که تینبرگن خود مورد پژوهش قرار داد، میزان موفقیت جانور در بقا و زادآوری بود که تحلیل تکاملی رفتار است و **ارزش ماندگاری** رفتار نام دارد.

آواز پرنده‌ای نر را می‌شنوید و پرسش‌هایی درباره‌ی چیستی و چگونگی آن آواز در ذهنتان شکل می‌گیرد. مثلاً، صدای این پرنده چگونه تولید می‌شود؟ یعنی ساز و کار عبور هوا از حنجره‌ی پرنده و نیز لرزش تارآواها، رشد تارآواها بر اثر افزایش هورمون تستوسترون در فصل زادآوری چگونه است؟ این پرسش‌ها به ساختار بدن خود آن پرنده مربوط می‌شود.

ممکن است پرسش‌هایی چرایی نیز در ذهنتان شکل بگیرد؛ مثل اینکه چرا این پرنده آواز می‌خواند؟ چرا این آواز در پاسداری از قلمرو و جلب پرندگان ماده نقش دارد و به زادآوری و ماندگاری گونه‌ی این پرنده کمک می‌کند؟ دادن پاسخی به پرسش‌های چرایی

معمولاً مستلزم آن است که نه خود یک فرد را، بلکه تکامل گونه‌ی جانور را در گذر زمان در نظر بگیریم.

به عقیده‌ی تینبرگن رفتارشناسان باید همواره در بررسی هر رفتار چهار نوع پرسش را همزمان مطرح کنند:

- **عملکرد:** آن رفتار بر بقای فرد و موفقیت آن در زادآوری چه اثری دارد؟
- **علت:** آن رفتار به چه علت به وجود می‌آید. به بیان دیگر محرک‌هایی که سبب بروز آن رفتار شده‌اند، کدام‌اند و آموختن بر آن رفتار چه اثری دارد؟
- **نمو:** آن رفتار با افزایش سن و نمو جانور چه تغییری می‌کند و برای بروز هر رفتار چه تجربه‌هایی پیش‌نیازند؟
- **تکامل:** آن رفتار در مقایسه با رفتارهای مشابه که از جانوران خویشاوند سر می‌زند، چه تفاوتی دارد و آن رفتار در مسیر تبارزایشی چه تغییرهایی کرده است؟

تینبرگن مشاهده کرد که وقتی جوجه‌های کاکایی از تخم خارج می‌شوند، والدین پوسته‌های شکسته‌شده‌ی تخم‌ها را به بیرون می‌اندازند و از لانه دور می‌کنند. او برای درک علت این رفتار تعدادی تخم‌مرغ را رنگ کرد، به رنگ محیط درآورد و سپس آنها را در محل‌های آشیانه‌سازی و تخم‌گذاری کاکایی‌ها قرار داد. او پوسته‌های تخم‌های شکسته‌ی کاکایی را در کنار برخی از آن تخم‌مرغ‌های رنگ‌شده قرار داد، چند تخم‌مرغ شکسته را بدون پوسته‌های شکسته‌ی تخم‌مرغ به‌عنوان گواه در آنجا رها کرد و سپس به مشاهده پرداخت که کلاغ‌ها کدام تخم‌مرغ‌ها را آسان‌تر پیدا می‌کنند.

چون کلاغ‌ها رنگ سفیدِ درون پوسته‌های تخم‌مرغ را به‌عنوان راهنما در نظر می‌گیرند، از تخم‌مرغ‌های رنگ‌شده‌ای که در کنار پوسته‌های تخم‌مرغ‌ها بودند، بیشتر خوردند. تینبرگن نتیجه گرفت که رفتار خارج‌کردن پوسته‌های تخم‌مرغ نوعی رفتار سازگارکننده است، یعنی از دسترسی صیادان به جوجه‌ها می‌کاهد و بر بخت بقای آنها می‌افزاید.

تینبرگن بنیادگذار **بوم‌شناسی رفتاری** است. بوم‌شناسان رفتاری می‌کوشند به پرسش‌های چرایی پاسخ دهند، لذا در آن چگونگی اثر انتخاب طبیعی را بر شکل‌گیری رفتار بررسی می‌کنند. پژوهشگران در این شاخه‌ی متصل کننده‌ی بوم‌شناسی به رفتارشناسی، به اهمیت سازگار کنندگی رفتار، به عبارت دیگر به نقش رفتار بر بقا و زادآوری جانور می‌پردازند.

پژوهش‌های امروزی در بوم‌شناسی رفتاری بر این تمرکز دارند که رفتار چه کمکی

به موفقیت زادآوری یا به عبارت علمی‌تر به **شایستگی تکاملی** می‌کند. شایستگی تکاملی توان هر فردِ دارای ژنوتیپ ویژه در زادآوری، یا به عبارت دیگر سهم هر فرد از ژن‌های نسل آینده است. هر گاه تفاوت‌های ژنوتیپ‌های افراد بر شایستگی آنها تأثیر بگذارند، فراوانی‌های آن ژنوتیپ‌ها در نسل‌های بعدی بیشتر می‌شود. این فرایند همان انتخاب طبیعی است.

شایستگی فردی را می‌توان با فنوتیپ نیز نشان داد. از آنجا که در ساختن فنوتیپ، ژن‌ها و محیط هر دو مؤثرند، شایستگی دو فرد که ژنوتیپ یکسان دارند، الزاماً یکسان نیست، بلکه به محیطی که آن دو فرد زندگی می‌کنند، نیز بستگی دارد. شایستگی هر ژنوتیپ، میانگین توان زادآوری همه‌ی افرادی است که آن ژنوتیپ را دارند.

چون شایستگی با کمیّت نسخه‌های ژن‌های هر فرد که به نسل بعدی منتقل می‌شوند، سر و کار دارد، در واقع به چگونگی ورود این ژن‌ها به نسل بستگی ندارد. یعنی، برای افراد تفاوتی ندارد که ژن‌های خود را به نسل بعد منتقل کنند، یا به انتقال ژن‌های مشابه که در خویشاوندانشان وجود دارد کمک کنند. در هر دو مورد «سود» حاصل یکی است. انتخاب ژن‌های خویشاوندان به‌جای ژن‌های خودی، به منظور انتقال هر چه بیشتر به نسل‌های بعدی، **انتخاب خویشاوند** نامیده می‌شود.

می‌دانیم که رفتارهای متفاوت در افراد مختلف غالباً منعکس کننده‌ی ژنوتیپ متفاوت آنهاست. بنابراین، انتخاب طبیعی بر رفتار مؤثر است و می‌تواند تغییرهایی تکاملی در جانوران ایجاد کند. برای بررسی رابطه‌ی میان رفتار و شایستگی باید فرایند سازگاری را مورد توجه قرار داد.

در بوم‌شناسی رفتاری با چند نوع پرسش روبه‌رو هستیم: مثلاً، آیا آن رفتار به سازگاری کمک می‌کند؟ می‌دانیم که صفات ممکن است به علت‌هایی غیر از انتخاب طبیعی به‌وجود آمده و توسعه یافته باشند، مانند رانش ژن، شارش ژن یا انتخاب صفات دیگری که به آنها هم‌بسته هستند. به‌علاوه، ممکن است برخی صفات جمعیت‌ها نشان‌دهنده‌ی سازگاری‌هایی باشند که در گذشته موجود بوده‌اند، اما در وضعیتِ زمانِ بررسی دیگر مفید نیستند. این موضوع در مورد رفتارها نیز مانند صفات دیگر مصداق دارد.

رفتار چگونه موجب سازگاری می‌شود؟ اگر چه معیار نهایی در این مورد موفقیت زادآوری است، رفتارشناسان در پی یافتن پاسخ برای این پرسش هستند که صفت چگونه موجب موفقیت زادآوری می‌شود. آیا بهبود رفتارهای کسب انرژی، تعداد فرزندان را افزایش می‌دهد؟ آیا آمیزش

بیشتر منجر به موفقیت بیشتر در زادآوری می‌شود؟ کاهش خطر صید چطور؟ کار بوم‌شناسان رفتاری آن است که اثر صفتی رفتاری را بر هر یک از این کنش‌ها تعیین کنند و به این برسند که مثلاً آیا افزایش کارایی جست‌وجوی غذا سبب شایستگی بیشتر می‌شود؟

## ۲-۴ رفتار جست‌وجوی غذا

**مفاهیم کلیدی**

- **بر پایه‌ی تئوری جست‌وجوی بهینه‌ی غذا، انتخاب طبیعی افرادی را ترجیح می‌دهد که انرژی خالص غذا برای آنها بیشتر باشد.**
- **رفتاری شایستگی را به حداکثر می‌رساند که در عین فراهم کردن بیشترین انرژی خالص، خطر صیادان را نیز کاهش دهد.**
- **یکی از مهم‌ترین هزینه‌های بالقوه هنگام جست‌وجوی غذا، هزینه‌ی کاهش خطر صیادان است.**

بهترین راه برای معرفی بوم‌شناسی رفتار آن است که رفتاری مشخص و شناخته شده را تشریح کنیم. **رفتارهای جست‌وجوی غذا** برای این کار مناسب‌اند. جست‌وجوی غذا شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌هاست که جانور برای یافتن، تشخیص دادن، گرفتن و خوردن غذا انجام می‌دهد. غذای جانوران معمولاً اندازه‌های مختلف دارد. غذاهایی که اندازه‌ی بزرگ دارند انرژی بیشتر دارند، اما دسترسی به آنها دشوارتر است. به‌علاوه، برخی از انواع غذاها ممکن است دورتر از بقیه باشند. بنابراین، برای جانوران سود و هزینه‌ی جست‌وجوی غذا و خوردن آن اهمیت دارد، یعنی سودِ انرژی موجود در غذا در برابر هزینه‌ی رسیدن به آن و استفاده از آن. اگر مقدار انرژی‌ای را که جانور برای کسب غذا خرج می‌کند (بر حسب کالری یا ژول)، از مقدار انرژی‌ای که جانور با خوردن آن به‌دست می‌آورد، تفریق کنیم، انرژی خالص غذا به‌دست می‌آید. بر پایه‌ی **تئوری جست‌وجوی بهینه‌ی غذا** انتخاب طبیعی افرادی را ترجیح می‌دهد که انرژی خالص غذا برای آنها بیشتر باشد. به عبارت دیگر جانوران ترجیح می‌دهند صیدی انتخاب کنند که انرژی خالص بیشتری به آنها بدهد.

تئوری جست‌وجوی بهینه‌ی غذا را مک آرتور (Mc Arthur) و پیانکا (Pianka) در سال ۱۹۶۶ ارائه دادند. این تئوری به درک رفتارهای جست‌وجوی غذا کمک بسیار می‌کند. در این تئوری، صیاد موضوع تحقیق است.

## انواع صیاد

در بوم‌شناسی چهار نوع اصلی صیاد وجود دارد:

- صیاد واقعی: این صیادان به صید حمله می‌کنند، آن را می‌کشند و بلافاصله یا کمی پس از آن، همه یا بخش‌هایی از بدن صید را می‌خورند. شیر، ببر، پلنگ و نهنگ‌های پلانکتون‌خوار همه از مثال‌های صیادان واقعی هستند.
- جانوران چرا کننده: این صیادان به صید زنده حمله می‌کنند و فقط بخشی از بدن آن را می‌خورند و گر چه به صید آسیب وارد می‌کنند، اما به‌ندرت آن را می‌کشند، مانند گاو، ملخ، زالو و پشه.
- انگل‌ها: این صیادان نیز مانند جانوران چراکننده بیشتر فقط بخشی از بدن صید را می‌خورند، مانند کرم نواری و انگل‌های گیاهی.
- انگل‌مانندها: این صیادان تخم خود را درون بدن لارو یا جانور بالغ می‌گذارند. نوزادان این صیادان پس از خروج از تخم، جانور میزبان را می‌خورند، یعنی آن را می‌کشند. در حدود ۱۰٪ از حشرات چنین رابطه‌ای برقرار می‌کنند، مانند زنبوران عسل (راسته‌ی راست بالان) و برخی از مگس‌ها (راسته‌ی دو بالان).

در تئوری جست‌وجوی بهینه‌ی غذا می‌کوشند این رفتار صیادان را توضیح دهند که چرا آنها به جای آنکه هر چه بیابند، بخورند، دست به انتخاب می‌زنند.

اگر E مقدار انرژی به دست آمده از صید، h زمان صیدشده شامل گرفتن، کشتن، خوردن و گوارش دادن از زمان متوقف کردن شکار باشد، E/h مقدار سود حاصل از صید خواهد بود. ظاهراً صیادان پرسودترین انواع شکار را برمی‌گزینند اما به آن اکتفا نمی‌کنند، چون ممکن است مثلاً در برخی سمّ وجود داشته باشد یا برخی دارای مواد غذایی متنوع و مورد نیاز بدن نباشند.

معمولاً صیادان می‌کوشند مقدار E/h+s را به حداکثر برسانند (s زمان جست‌وجوی شکار تا زمان متوقف کردن آن). برای بسیاری از صیدها مقدار انرژی دریافتی این‌چنین محاسبه می‌شود:

$$E_{\text{میانگین}} / h_{\text{میانگین}} + s_{\text{میانگین}}$$

هنگامی که صیادی به صیدی برمی‌خورد که غذای عادی آن نیست، باید دست به انتخاب بزند. می‌تواند صید جدید را بخورد که در این صورت سود حاصل $E_{\text{جدید}} / h_{\text{جدید}}$ است. همچنین می‌تواند

## جست‌وجوی بهینه‌ی غذا

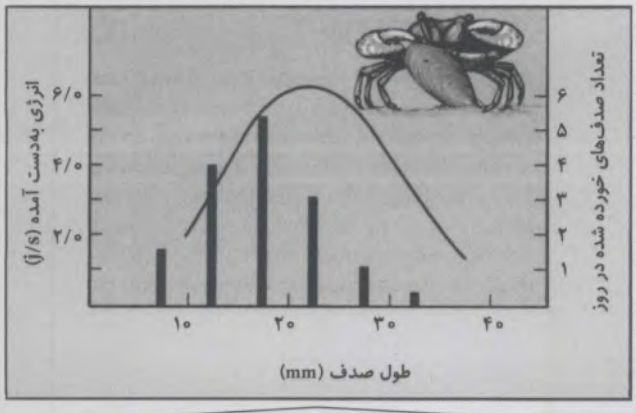
درباره‌ی جست‌وجوی بهینه‌ی غذا، این موارد شایسته‌ی تأمل‌اند:

- صیادانی که برای کشتن شکار خود زمانی طولانی اما برای یافتن آن زمانی کوتاه صرف می‌کنند، باید عمومی‌تر عمل کنند و انواع بیشتری صید را شکار کنند. مثلاً، ممکن است پرنده‌ای تعداد زیادی حشره‌ی دلخواه پیدا کند. اولین حشره‌ای را که می‌بیند، شکار می‌کند، هر چند کارایی کمتر داشته باشد.
- صیادانی که صید اختصاصی دارند، زمان بیشتری برای جست‌وجوی غذا، اما زمانی کوتاه برای شکار آن صرف می‌کنند.
- صیادان محیط‌های پر غذا اختصاصی‌تر، اما صیادان محیط‌های کم غذا عمومی‌تر عمل می‌کنند.

آن را رها کند و به دنبال صید عادی خود برود. صیاد باید در صورتی صید جدید را بخورد که در واحد زمان انرژی بیشتری به آن بدهد:

$$E_{\text{جدید}} / h_{\text{جدید}} \geq E_{\text{میانگین}} / h_{\text{میانگین}} + s_{\text{میانگین}}$$

خرچنگ‌های ساحلی ترجیح می‌دهند از صدف‌هایی تغذیه کند که اندازه‌ی آنها متوسط باشد، چون این گونه صدف‌ها انرژی خالص را به حداکثر می‌رسانند. صدف‌های بزرگ گرچه انرژی بیشتر دارند، اما انرژی لازم برای شکستن آنها نیز زیاد است (شکل ۴-۱).




**شکل ۴-۱ تغذیه‌ی بهینه** خرچنگ ساحلی غذاهایی را انتخاب می‌کند که سود آنها بیشتر باشد. منحنی، مقدار انرژی خالص را برای صدف‌های دارای اندازه‌های مختلف نشان می‌دهد. نمودارهای ستونی تعداد صدف‌های مربوط به هر یک از اندازه‌ها را در غذا نشان می‌دهد.

رفتار جست‌وجوی بهینه‌ی غذا دو فرضیه را پیش رو قرار می‌دهد. نخست، انتخاب طبیعی رفتارهایی را ترجیح می‌دهد که کسب انرژی را به حداکثر می‌رسانند و باعث افزایش موفقیت زادآوری می‌شوند. چنین فرضیه‌ای در برخی موارد درست است. مثلاً، در سنجاب زمینی کلمبیایی و نیز سهره‌های گورخری که در قفس هستند، رابطه‌ی مستقیمی میان انرژی خالص و تعداد فرزندان برقرار است.

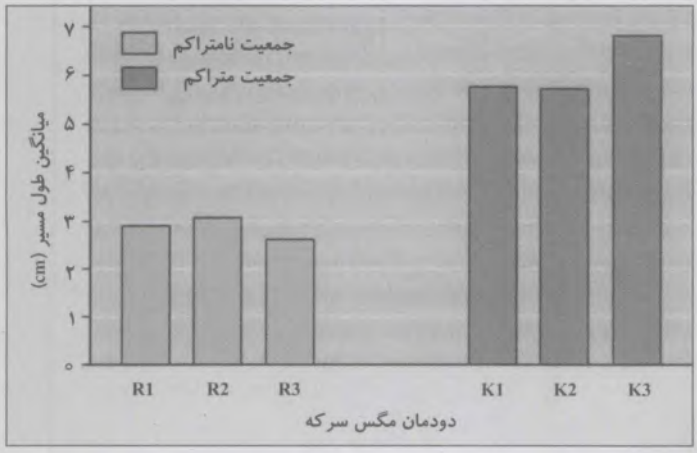
اما جانوران نیازهای دیگری هم دارند. یکی از آنها نیاز به دوری از صیادان است. معمولاً رفتاری که انرژی خالص زیادی فراهم می‌کند، الزاماً دوری از صیادان را کاهش نمی‌دهد. رفتاری شایستگی را به حداکثر می‌رساند که در عین فراهم کردن بیشترین انرژی خالص، خطر صیادان را نیز کاهش دهد. بنابراین تعجب‌آور نیست که بررسی‌های بسیار نشان داده‌اند که گونه‌های بسیاری از جانوران که رفتار جست‌وجوی غذا در آنها اصلاح شده است، فعالیت کمتر دارند و وقت بیشتری برای دوری از صیادان می‌گذرانند. به حداکثر رساندن انرژی، تنها هدف رفتار جست‌وجوی غذا نیست، بلکه به‌دست آوردن مواد کانی خاصی هم که برای جانور لازم است، از هدف‌های رفتار جست‌وجوی بهینه‌ی غذاست. مثلاً، گوزن شمالی برای کسب کلسیم به گیاهان آبزی کم انرژی روی می‌آورد.

دومین فرضیه در تئوری جست‌وجوی بهینه‌ی غذا آن است که این رفتار محصول انتخاب طبیعی است. می‌دانیم که انتخاب طبیعی فقط هنگامی منجر به تغییرهای تکاملی می‌شود که تفاوت‌های میان افراد، خاستگاه ژنتیک داشته باشند. معدودی از بررسی‌ها به این پرداخته‌اند که تفاوت‌های افراد در دسترسی به غذا، محصول تفاوت‌های ژنتیک است. مثلاً، در یک بررسی معلوم شد که در سهره‌های گورخری ماده‌ای که حداکثر انرژی خالص را به‌دست می‌آورند، این توانایی ارثی است. چون اگر جوجه‌ی این پرندگان را پیش از موعد، یعنی پیش از آنکه این رفتار را از مادر بیاموزد، از لانه خارج کنیم، باز هم این توانایی را دارد، چون ظاهراً آن را به ارث برده است.

با مگس میوه (*Drosophila melanogaster*) می‌توان آزمایش‌هایی برای روشن کردن اثر تفاوت‌های ژنی بر تکامل رفتار طراحی و اجرا کرد. نوعی ژن به نام ژن جست‌وجو کننده (for)، رفتار جست‌وجوی غذا را در لارو مگس میوه تعیین می‌کند. لاروهایی که الل $for^R$ دارند، به‌طور میانگین در مسافتی دو برابر لاروهای دارای الل $for^S$ به جست‌وجوی غذا می‌پردازند. پژوهش‌ها معلوم کرده‌اند آنزیمی که توسط لوکوس F رمز می‌شود، در لاروهای $for^R$ فعال‌تر از لاروهای $for^S$ است. این آنزیم در مسیرهای القای نشانه فعالیت دارد و موجب تغییر رفتار می‌شود.

مسیرهای القای نشانه مجموعه‌ای از تغییرها هستند که در پروتئین‌های سلول که نشانه‌های شیمیایی خارج سلولی را به واکنش‌های اختصاصی درون سلول تبدیل می‌کنند، به‌وجود می‌آیند و چند مرحله‌ای هستند.

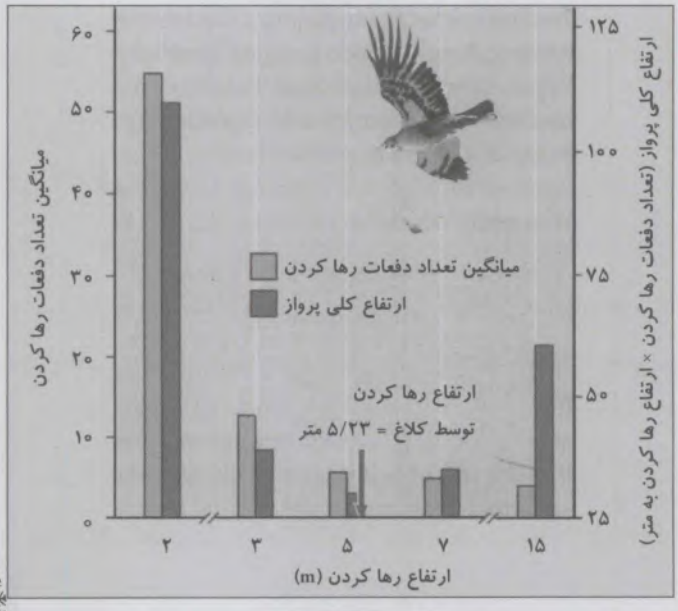
در جمعیت‌های طبیعی، هم $for^R$ وجود دارد و هم $for^S$. چه عواملی این الل‌ها را فعال می‌کنند؟ پژوهش‌هایی که روی مگس میوه‌ای که چند نسل در تراکم جمعیت‌های کم یا زیاد پرورش یافته‌اند، این را روشن کرده است. رفتار لاروهایی که در این دو نوع محیط پرورش یافته‌اند، به‌عبارت دیگر طول مسیری که در جست‌وجوی غذا طی می‌کنند، متفاوت است (شکل۴-۲). لاروهایی که طی چند نسل در محیط کم جمعیت پرورش یافته‌اند، مسافت کمتری را در جست‌وجوی غذا طی می‌کنند و به‌علاوه، آزمون‌های ژنتیک نشان داده‌اند که در چنین لاروهایی، فراوانی الل $for^S$ افزایش یافته است. همچنین معلوم شده است که الل $for^R$ در لاروهایی که طی چند نسل در محیط پر تراکم پرورش یافته‌اند، افزایش یافته است. روشن است که در محیط کم تراکم مسافت کوتاه‌تری جانور را به غذای کافی می‌رساند و مسافت بیشتر، هزینه‌ی انرژی را افزایش می‌دهد. به عکس، در محیط پر تراکم جانور مجبور است برای یافتن غذا به اندازه‌ی کافی، مسافتی طولانی‌تر بپیماید. خلاصه، در جمعیت‌های آزمایشگاهی تغییرهایی تکاملی در رفتار مشاهده می‌شود که قابل تفسیرند.




**شکل ۴-۲ تکامل رفتار جست‌وجوی غذا در جمعیتی از مگس میوه در آزمایشگاه** لاروهایی که ۷۴ نسل در محیط کم تراکم پرورش یافته‌اند(R1-R3)، نسبت به لاروهایی که طی چند نسل در محیط کم‌تراکم پرورش یافته‌اند(K1-K3)، مسافت کمتری را برای دستیابی به غذا طی می‌کنند.

رفتار نوعی کلاغ (*Corvus caurinus*) که در محیط‌های جزر و مدی جزایر بریتیش کلمبیا نوعی شکم‌پا را صید می‌کند، مثال مناسب دیگری از جست‌وجوی بهینه‌ی غذاست. این پرنده وقتی که صید خود را می‌یابد، آن را با منقار می‌گیرد، پرواز می‌کند و آن را از بالا به روی صخره‌ها رها می‌کند تا بشکند. اگر صدف شکسته نشد، آنگاه کلاغ آن را از ارتفاع بلندتری به روی صخره‌ها می‌اندازد. چه عواملی اندازه‌ی این ارتفاع را تعیین می‌کنند؟ بدیهی است که هر اندازه ارتفاع بیشتر باشد، احتمال شکسته شدن صدف بیشتر است، اما دسترسی به ارتفاع بیشتر به انرژی بیشتر نیاز دارد.

با در نظر گرفتن سود و زیان انرژی در رفتار جست‌وجوی غذا در این نوع کلاغ، می‌توان میانگین ارتفاع انداختن صدف را با رویکرد سود و هزینه تعیین کرد. پژوهشگران برای تحقیق در این مورد، صدف‌های طعمه‌ی این کلاغ را از بلندی‌های مختلف بر صخره‌ها رها کردند و تعداد دفعات لازم برای شکسته شدن آنها را تعیین کردند (شکل ۴-۳). میانگین ارتفاع بهینه برای شکسته شدن صدف ۵ متر است و انداختن صدف از فاصله‌ی بهینه، یعنی مصرف کمترین انرژی. اما میانگین ارتفاع کلاغ‌ها ۵/۲۳ متر است. این عدد به عدد بهینه‌ای که پژوهشگران به‌دست آورده‌اند، بسیار نزدیک است.




**شکل ۴-۳ سود و هزینه‌ی انرژی در رفتار جست‌وجوی غذا در کلاغ** نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهند که افتادن صدف‌ها از ارتفاع ۵ متری به کمترین مقدار کار و انرژی نیاز دارد و کلاغ از این الگو استفاده می‌کند.

نزدیکی عددی که پژوهشگران به دست آورده‌اند، با عددی که از رفتار کلاغ به‌دست می‌آید، موفقیت نیروهای تکاملی را می‌رساند که به این رفتار شکل می‌دهند. این مثال مدلی از جست‌وجوی بهینه‌ی غذا را نشان می‌دهد.

یکی از مهم‌ترین هزینه‌های بالقوه هنگام جست‌وجوی غذا، هزینه‌ی کاهش خطر صیادان است. اگر رفتاری خطر شکار شدن را افزایش دهد، به حداکثر رساندن سود و به حداقل رساندن هزینه‌ی انرژی در این رفتار به‌هیچ وجه به‌صرفه نخواهد بود. بنابراین، منطقی است که خطر شکار شدن نیز بر رفتار جست‌وجوی غذا اثر داشته باشد. چنین اثری در رفتار نوعی گوزن (*Odocoileus hemionus*) که در کوهستان‌های امریکای شمالی زندگی می‌کند، مشاهده می‌شود. پژوهشگران دریافته‌اند که غذای این گوزن در مناطق کوهستانی و جنگلی فراوان، اما در مناطق باز و بی‌درخت که خطر صید شدن در آنها کمتر است، کمیاب است. معلوم شده است که شیر کوهی (*Puma concolor*) مهم‌ترین صیاد آن منطقه، بیشترین صید را درون جنگل انجام می‌دهد، نه در مناطق باز و بی درخت.

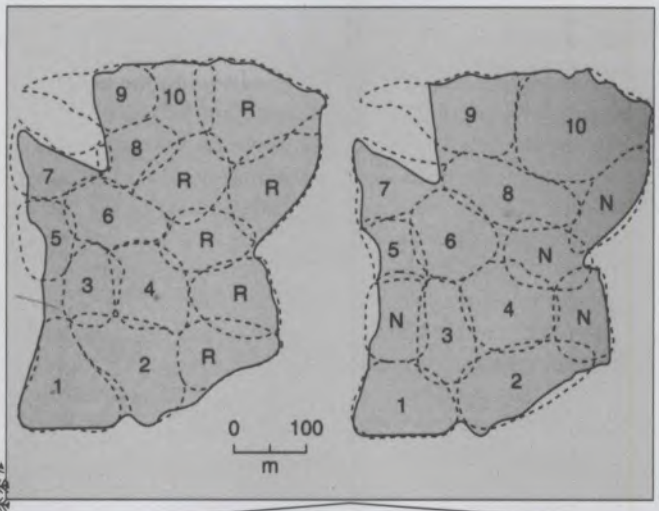
رفتار این گوزن با تفاوت‌هایی که از نظر خطر صید شدن در این دو منطقه وجود دارد، چه ارتباطی دارد؟ این گوزن بیشتر در مناطق باز شکار می‌کند، بنابراین ظاهراً رفتار جست‌وجوی غذا در این گوزن متناسب با کاهش خطر صید شدن است، نه فراوانی غذا.

## ۳-۴ قلمرو‌داری

### مفاهیم کلیدی

- **برخی از جانوران ترجیح می‌دهند بخشی از محدوده‌ی جولانگاه را از آنِ خود کنند و به دیگران اجازه‌ی ورود به آن را ندهند. چنین محدوده‌هایی که منابع مختلف مانند منابع غذایی و جفت در آنها وجود دارد، قلمرو نام دارند.**
- **قلمرو‌داری یعنی محافظت از یک منطقه در برابر ورود دیگر افراد.**
- **بسیاری از گونه‌ها نه برای دسترسی به غذا، بلکه برای دسترسی انحصاری به جفت، قلمرو تشکیل می‌دهند.**

جانوران معمولاً در منطقه‌ای گسترده که محدوده‌ی **جولانگاه** نامیده می‌شود، جابه‌جا می‌شوند. در بسیاری جانوران محدوده‌های جولانگاه هم‌پوشانی دارد. یعنی همه یا بخش‌هایی از جولانگاه چند جانور از نظر زمانی یا مکانی مشترک است.




**شکل ۴-۴ رقابت برای زیستگاه** اندازه‌ی قلمرو پرندگان به تراکم آنها بستگی دارد. در پژوهشی شش جفت چرخ‌ریسک بزرگ (*Parus major*) را از قلمروهای خود خارج کردند(R). پرندگان دیگر منطقه قلمرو آنها را به اشغال خود در آوردند و چهار جفت جدید به منطقه وارد شدند(N). شماره‌ها نشان‌دهنده‌ی پرندگان پیش و پس از پژوهش است.

اما برخی از جانوران ترجیح می‌دهند بخشی از محدوده‌ی جولانگاه را از آنِ خود کنند و به دیگران اجازه‌ی ورود به آن را ندهند. چنین محدوده‌هایی که منابع مختلف مانند منابع غذایی و جفت در آنها وجود دارد، قلمرو نام دارند (شکل ۴-۴).

قلمرو منطقه‌ای است که جانور آن را در برابر رقیبان محافظت می‌کند و **قلمرو‌داری** یعنی محافظت از یک منطقه در برابر ورود افراد دیگر. برای دفاع از قلمرو ممکن است صدا و نمایش تهدید کافی باشد و نیازی به جنگ رو در رو پیدا نشود. پرنده‌های آوازخوان قلمرو خود را با آواز تعیین می‌کنند. هنگامی‌که آوازی بلند می‌شود، نرها می‌فهمند که قلمرو اشغال شده است.

تی. اچ. کلاتن ـ بروک(T.H. Clutton-Brock) موفقیت زادآوری گوزن سرخ را در جزیره‌ی رام (Rhum) واقع در اسکاتلند بررسی کرد. گوزن‌های سرخ نر برای تصاحب حرم‌سرا به رقابت می‌پردازند. حرم‌سرا گروهی از ماده‌هاست که یک نر فرمانده با آنها جفت‌گیری می‌کند. این گروه قلمرویی را اشغال می‌کنند و نر فرمانده از آنها محافظت می‌کند. نر فرمانده‌ی حرم‌سرا هنگامی‌که با حریف برخورد می‌کند، نخست می‌کوشد با غرش آن را از قلمرو خود دور کند. اما اگر حریف همچنان بر ماندن اصرار ورزید، آنگاه رو در روی او می‌ایستد و شاخ‌هایش را در شاخ‌های او قفل می‌کند. آنگاه هر یک از دو گوزن می‌کوشد دیگری را به عقب براند. اگر حریف عقب نشست،

فرمانده در حالی‌که می‌غرد، تا مسافت کوتاهی او را تعقیب می‌کند. اما اگر حریف برنده شود، جای فرمانده‌ی حرم‌سرا را می‌گیرد.

کلاتن ـ بروک بیش از دوازده سال به بررسی گوزن‌های سرخ پرداخت و سرانجام به این نتیجه رسید که فرمانده‌ی حرم‌سرا می‌تواند حداکثر پدر ۲۴ زاده باشد، چون تنها در مدت کوتاهی می‌تواند در نقطه‌ی اوج توانایی خود باقی بماند. توانایی پدر بودن چه هزینه‌ای دارد؟ نرها باید بزرگ جثه و نیرومند باشند تا بتوانند بجنگند. بنابراین سریع‌تر رشد می‌کنند و چربی بدن آنها کم‌تر است. در نتیجه در موقعیت‌های دشوار، احتمال مرگ آنها در کم غذایی بیشتر است و لذا عمر کوتاه‌تر دارند. رفتار دفاع نرها از حرم‌سرا فقط در جمعیت‌هایی پایدار می‌ماند که هزینه‌ی دفاع (کاهش تعداد زاده‌ها به علت عمر کوتاه‌تر) کمتر از سود آن (تعداد بیشتر زاده‌ها به علت دسترسی به حرم‌سرا) باشد.

رفتار انتخاب جفت وقتی تکامل می‌یابد که ماده‌ها موقعیت انتخاب جفت خود را از میان تعدادی فرد نر داشته باشند و یا نرها برای دستیابی به فرد ماده رقابت کنند.

جانوران از قلمرو خود دفاع می‌کنند. معمولاً علایم هشدار دهنده‌ی دیداری، بویایی یا شنیداری به دیگران نشان می‌دهند که قلمرو اشغال شده است. گاه جانور برای دفاع از قلمرو رفتارهای پرخاشگرانه از خود بروز می‌دهد. مثلاً، پرنده‌ای برای اعلام قلمرو خود به پرندگان دیگر، آواز می‌خواند. اگر پرنده‌ای آواز را نشنیده گرفت و به قلمرو وارد شد، پرنده‌ی صاحب قلمرو برای دفاع به آن حمله‌ور می‌شود. هم تولید علایم هشدار دهنده و هم تهاجم و دفاع از قلمرو، مستلزم مصرف انرژی است. چرا جانوران چنین رفتارهای پرهزینه‌ای انجام می‌دهند؟

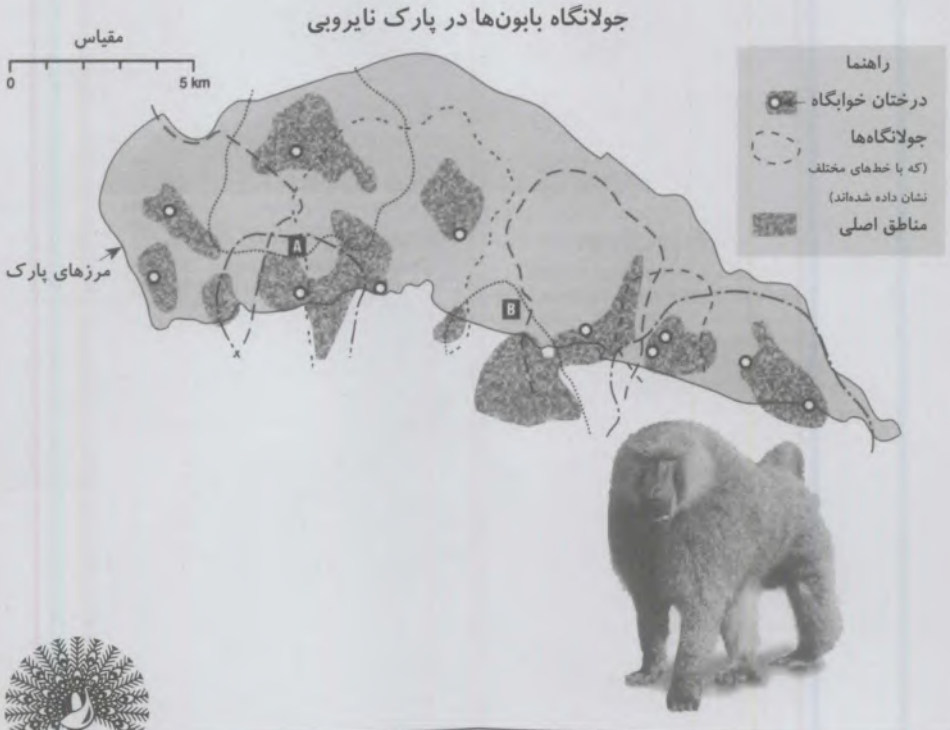
پاسخ این است که وقتی جانوری قلمرو‌داری می‌کند، در ازای هزینه‌ای که برای آن می‌پردازد، سود بیشتری به دست می‌آورد. مثلاً، به منابع غذایی بیشتر و اختصاصی دسترسی پیدا می‌کند، جفت اختصاصی دارد و می‌تواند آسان‌تر از صیادان دوری کند.

پژوهش‌هایی که روی پرنده‌ی شهد خوار انجام شده، نشان می‌دهند که این پرنده در موقعیت‌های خاصی قلمرو تشکیل می‌دهد، از آن دفاع می‌کند و از آن سود می‌برد. این پرنده برای بیرون راندن رقیبان از قلمرو به حدود ۳۰۰۰ کالری در ساعت نیاز دارد و در صورتی از این کار سود می‌برد که مقدار شهدی که از قلمرو خود به‌دست می‌آورد، از هزینه‌ی آن بیشتر باشد. اگر تعداد گل‌ها بسیار کم باشد، هزینه‌ی قلمرو‌داری از سود آن بیشتر می‌شود. در چنین موقعیتی پرنده قلمرو تشکیل نمی‌دهد. اگر تعداد گل‌ها زیاد و شهد فراوان باشد، پرنده بدون صرف هزینه‌ی قلمرو‌داری، می‌تواند انرژی مورد نیاز روزانه‌اش را کسب کند. در چنین موقعیتی

نیز قلمرو تشکیل نمی‌دهد. پرنده‌ی شهد خوار فقط در موقعیتی قلمرو تشکیل می‌دهد که تعداد گل‌ها در حد متوسط باشد.

بسیاری از گونه‌ها نه برای دسترسی به غذا، بلکه برای دسترسی انحصاری به جفت، قلمرو تشکیل می‌دهند. قلمروهای وسیعی که در آنها چند فرد ماده وجود دارد، بسیار بزرگ‌تر از آن‌اند که فقط به کسب غذا اختصاص داده شوند. در فصل‌هایی که جانور در آنها از نظر جنسی فعال نیست، قلمرو بسیار کوچک می‌شود و رفتار تهاجمی جانور نیز بسیار کاهش می‌یابد.

بابون زیتونی (*Papio anubis*) در ساوان‌های افریقا زندگی می‌کند و رفتار اجتماعی بسیار پیچیده و سازمان یافته دارد. در هر گروه سلسله مراتب منظمی وجود دارد. این نظام، تقسیم کار را آسان‌تر می‌کند و کارایی رفتارهای جست‌وجوی غذا و دوری از دشمنان را افزایش می‌دهد. هر یک از گروه‌ها در محدوده‌ی خاص و مجزایی زندگی می‌کند. همه‌ی نیازهای افراد گروه در این محدوده تأمین می‌شود. تفاوت محدوده‌ی جولانگاه با قلمرو در آن است که مناطق درون جولانگاه هم‌پوشانی دارند و معمولاً افراد از آنها دفاع نمی‌کنند (شکل ۴-۵).




**شکل ۴-۵** محدوده‌های جولانگاه گروه‌های بابون زیتونی در پارک نایروبی کنیا

اندازه‌ی هر محدوده به منابعی از آن که در دسترس‌اند و تعداد افراد گروه (هر گروه ۲۰ تا ۸۰ عضو دارد) بستگی دارد. بابون‌های ساوان به‌عکس نخستی‌های دیگر بیشترِ وقت خود را روی زمین می‌گذرانند و بنابراین، وسیع‌ترین محدوده‌ها را دارند که به‌طور میانگین ۲۰ $km^2$ است. آنها باید روزانه در جست‌وجوی غذا بیش از ۴ کیلومتر راه بروند. بیشتر فعالیت‌های افراد گروه در مناطق مرکزی، که نوعی قلمرو به‌شمار می‌رود، انجام می‌شود. در این مناطق، بهترین منابع غذایی و مهم‌تر از آن چشمه‌های آب و درخت برای خوابیدن در شب وجود دارد. بابون زیتونی روز را روی زمین می‌گذراند، اما با آغاز تاریک شدن هوا برای امنیت بیشتر برای خوابیدن، از درختان بالا می‌رود.

# فصل ۵

# رفتارهای زادآوری

## ۵-۱ راهبردهای زادآوری

**مفاهیم کلیدی**

- **راهبرد زادآوری مجموعه‌ای از تصمیم‌هاست که جانور در جهت تضمین موفقیت زادآوری خود برای انتخاب جفت، تعداد جفت‌ها، و مقدار انرژی برای پرورش فرزندان می‌گیرد.**
- **سرمایه‌گذاری والدین مشارکتی است که هر یک از افراد نر یا ماده برای زادآوری و پرورش فرزندان اختصاص می‌دهند و هزینه‌ی تخمینی انرژی نر یا ماده در هر رویداد زادآوری است.**

راهبرد زادآوری مجموعه‌ای از تصمیم‌هاست که جانور در جهت تضمین موفقیت زادآوری خود برای انتخاب جفت، تعداد جفت‌ها، مقدار انرژی برای پرورش فرزندان می‌گیرد. راهبردهای زادآوری متناسب با هزینه‌ی انرژی زادآوری، چگونگی منابع غذایی، آشیانه‌سازی و پراکنش جفت در محیط ایجاد می‌شوند.

رفتار جفت‌خواهی در جانوران نر و ماده متفاوت است. داروین نخستین کسی بود که مشاهده کرد جانوران ماده با نخستین نری که می‌بینند، آمیزش نمی‌کنند، بلکه نخست جفت را بررسی می‌کنند و سپس تصمیم می‌گیرند که آیا با آن آمیزش کنند یا نه. این رفتار که انتخاب جفت نامیده می‌شود، تا کنون در بسیاری از جانوران بررسی شده است.

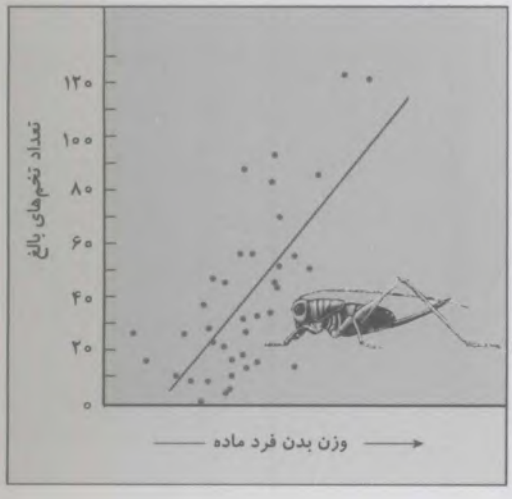
نرها به‌عکس، کمتر به انتخاب جفت می‌پردازند. چرا؟ بسیاری از تفاوت‌های راهبردهای زادآوری بین نر و ماده را می‌توان با مقایسه‌ی سرمایه‌گذاری افراد نر و ماده مشخص کرد. سرمایه‌گذاری والدین مشارکتی است که هر یک از افراد نر یا ماده برای زادآوری و پرورش فرزندان اختصاص می‌دهند و هزینه‌ی تخمینی انرژی نر یا ماده در هر رویداد زادآوری است.

معمولاً سرمایه‌ای که والد ماده برای زادآوری می‌گذارد، بسیار بیشتر است. مثلاً، تخمک آدمی ۱۹۵۰۰۰ بار بزرگ‌تر از اسپرم آدمی است. درون تخمک ذخایر غذایی پروتئینی و چربی و مواد لازم برای رشد جنین وجود دارد، در حالی‌که اسپرم فاقد آنهاست. در برخی از جانوران، فرد ماده مسئول بارداری، زایمان و شیردهی نیز هست.

یکی از علت‌های این تفاوت‌ها در افراد نر و ماده آن است که این دو تحت فشارهای انتخابی متفاوتی قرار دارند. معمولاً زادآوری برای نرها کم‌هزینه‌تر است. نرها می‌توانند با آمیزش با ماده‌های متعدد، شایستگی خود را افزایش دهند. اما هر رویداد زادآوری برای فرد ماده مستلزم هزینه‌ی فراوان است. بنابراین، فرد ماده دست به انتخاب می‌زند و نری را انتخاب می‌کند که بتواند به شیوه‌های مختلف به فرزندانش بیشترین سود را برساند.

آنچه گفته شد، بیشتر در جانورانی صادق است که سرمایه‌گذاری والدینی ماده در زادآوری، بسیار بیشتر از نر است. در برخی از جانوران نر و ماده هر دو به مراقبت و تغذیه‌ی فرزندان می‌پردازند. در این صورت انتخاب نر و ماده یکسان است.

به‌علاوه، در برخی مواقع سرمایه‌گذاری نر از سرمایه‌گذاری ماده بیشتر می‌شود. مثلاً، نوعی جیرجیرک نر هنگام آمیزش، اسپرماتوفوری پروتئینی به فرد ماده می‌دهد که در حدود ۳۰٪ از وزن بدن آن را تشکیل می‌دهد. اسپرماتوفور با انتقال مواد غذایی به ماده، آن را در تولید تخم کمک می‌کند. همان‌طور که انتظار می‌رود، در این مورد جانوران ماده برای دستیابی به نر با هم رقابت می‌کنند و نرها انتخاب کننده هستند. نرها ماده‌های سنگین‌تر و بزرگ‌تر را انتخاب می‌کنند، چون تخم بیشتری تولید می‌کنند و به موفقیت زادآوری نر کمک می‌کنند (شکل ۵-۱).




**شکل ۵-۱ مزیت انتخاب‌گری نر**
جیرجیرک مورمون نر، ماده‌های بزرگ را برای آمیزش انتخاب می‌کند، چون افراد ماده‌ی بزرگ‌تر تعداد بیشتری تخم تولید می‌کنند. بنابراین، انتخاب توسط فرد نر موجب شایستگی بیشتر می‌شود.

مثال دیگر چنین موردی، نرهایی هستند که از تخم‌ها و نوزادان مراقبت می‌کنند. در برخی گونه‌ها چنین وظیفه‌ای به عهده‌ی نر است، مانند اسبک ماهی و برخی از گونه‌های پرندگان و حشرات. در چنین گونه‌هایی مانند جیرجیرک مورمون، نرها انتخاب کننده و ماده‌ها رقیب یکدیگر هستند.

## ۵-۲ انتخاب جفت و آمیزش

**مفاهیم کلیدی**

- **رفتار آمیزش، شامل جست‌وجو، رقابت، انتخاب و جلب جفت، محصول انتخاب طبیعی است و انتخاب جنسی نامیده می‌شود.**
- **در برخی دیگر که افراد نر و ماده مدت‌ها با هم زندگی می‌کنند، رابطه‌ی تک‌همسری یا چندهمسری برقرار است.**
- **عاملی که در رفتار آمیزشی و مراقبت از نوزادان اهمیت دارد، اطمینان از پدر بودن نامیده می‌شود.**
- **نمایش جفت‌خواهی، جانوران نر و ماده را برای جفت‌گیری آماده می‌کند.**
- **رفتار ستیزه‌گری نوعی رقابت تشریفاتی است که تعیین می‌کند کدام نر باید به جفت و منابعی مانند غذا دسترسی داشته باشد.**

رفتارهای آمیزشی، شامل جست‌وجو، رقابت، انتخاب و جلب جفت، محصول انتخاب طبیعی است و **انتخاب جنسی** نامیده می‌شود. رفتار آمیزش که منجر به افزایش موفقیت زادآوری می‌شود، در انواع مختلف آمیزش متفاوت است.

رابطه‌ی میان فرد نر و فرد ماده در گونه‌های مختلف متفاوت است. این رفتار در برخی از گونه‌های جانوری بی‌قید است، یعنی بین جفت‌ها رابطه‌ی مستحکمی وجود ندارد. اما در برخی دیگر که افراد نر و ماده مدت‌ها با هم زندگی می‌کنند، رابطه‌ی **تک همسری** یا **چند همسری** برقرار است. در چند همسری یک جنس با چند جنس مخالف آمیزش انجام می‌دهد. در چند همسری، بیشتر یک نر با چند ماده آمیزش می‌کند که به آن **چند زنی*** می‌گویند، اما در معدودی از گونه‌ها **چند شوهری** رایج است.

* واژه‌های زن و شوهر که در روابط انسانی به‌کار برده می‌شوند، در عالم جانوران بی‌معنی‌اند؛ اما مؤلف به‌ناچار برای انتقال بهتر مفهوم از این اصطلاحات استفاده کرده است.

در جانوران تک همسر معمولاً نر و ماده به اندازه‌ای به هم شباهت دارند که تشخیص آنها در ظاهر بسیار دشوار است. جانوران چند همسر معمولاً دو شکلی جنسی دارند، فرد ماده و نر دو شکل متفاوت دارند و به آسانی از هم تشخیص داده می‌شوند. در جانوران چند زن، معمولاً نر بزرگ‌تر و نمایشی‌تر، اما در جانوران چند شوهر، به‌عکس ماده بزرگ‌تر و مشخص‌تر است.

نیاز نوزادان یکی از عوامل محدود کننده‌ی تکامل نوع آمیزش است. جوجه‌های بسیاری از پرندگان پس از خروج از تخم به مراقبت والدین نیاز دارند. تأمین غذای چنین نوزادانی معمولاً از عهده‌ی نر یا ماده به‌تنهایی بر نمی‌آید. در این‌صورت حضور فرد نر برای کمک رسانی و بزرگ کردن بچه‌ها، از دید موفقیت زادآوری مؤثرتر از جست‌وجو و آمیزش با ماده‌ای دیگر است. به این علت چنین جانورانی معمولاً تک همسرند. اما در جانورانی که نوزاد بلافاصله پس از تولد، می‌تواند به جست‌وجوی غذا برود، چند زنی رایج است. مرغ خانگی، بلدرچین و قرقاول چنین‌اند. در چنین جانورانی موفقیت زادآوری وقتی بیشتر است که یک فرد نر هم‌زمان با چند فرد ماده آمیزش انجام دهد. در جانوران پستاندار، فرد ماده به نوزاد شیر می‌دهد و فرد نر کاری برای نوزاد انجام نمی‌دهد. مثلاً یک شیر ماده از چند شیر ماده‌ی دیگر که به آنها **حرم‌سرا** می‌گویند، مراقبت می‌کند.

عامل دیگری که در رفتار آمیزشی و مراقبت از نوزادان اهمیت دارد، **اطمینان از پدر بودن** نامیده می‌شود. بی‌گمان نوزادان ژن‌های مادری را که از او زاده شده‌اند، در بدن خود دارند؛ اما حتی در جانوران تک همسر، نمی‌توان صد در صد مطمئن بود که پدر واقعی نوزادان، همان فرد نری است که جفت مادر است. عامل «اطمینان از پدر بودن» در بسیاری از جانورانی که لقاح داخلی دارند، اهمیت اندک دارد، چون آمیزش و تولد در دو زمان مختلف روی می‌دهند. به‌همین علت در شمار اندکی از پرندگان و پستانداران مراقبت از نوزادان بر عهده‌ی فرد نر است. به‌عکس رفتار گونه‌هایی که لقاح خارجی دارند، برای افزایش «اطمینان از پدر بودن» است. مثلاً مراقبت از فرد ماده، دور کردن هر نوع اسپرم از پیرامون فرد ماده پیش از آمیزش و افزایش شمار اسپرم‌های خودی است. «اطمینان از پدر بودن» در جانورانی که لقاح خارجی دارند، قوی‌تر است. به‌همین علت مراقبت از نوزادان در بی‌مهرگان آب‌زی، ماهی‌ها و دوزیستان، در صورتی‌که انجام شود، در نر و ماده یکسان است و فقط در ۷٪ از خانواده‌های ماهی و دوزیست که لقاح داخلی دارند، انجام می‌شود؛ در حالی که این رقم در جانوران دارای لقاح خارجی ۶۹٪ است.

باید توجه داشت که بروز این رفتارها به هیچ وجه بیانگر این نیست که جانوران از پی‌آمدهای این رفتارها آگاه‌اند. بلکه، این رفتارها محصول انتخاب طبیعی طی نسل‌ها و سال‌های تکامل است.

در جانورانی که افراد ماده دست به انتخاب جفت نر خود می‌زنند، با این کار موجب تکامل رفتارهای افراد نر می‌شوند. رفتار جفت‌خواهی مگس چشم ساقه‌ای برای بررسی این موضوع جالب است. چشم‌های این مگس روی اندام‌هایی ساقه‌مانند قرار دارد. ساقه‌های چشمی افراد نر بلندتر است. هنگام آمیزش، فرد نر در برابر فرد ماده قرار می‌گیرد و ساقه‌های چشمی خود را به ماده نشان می‌دهد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ماده‌ها نرهایی را ترجیح می‌دهند که ساقه‌های چشمی بلندتر داشته باشند. چون ساقه‌های بلندتر در این مگس مانند رنگ‌های روشن در پرندگان نر نشان دهنده‌ی سلامت فرد است، ماده‌ها با این انتخاب احتمال سلامت فرزندان خود را افزایش می‌دهند.

**نمایش جفت‌خواهی**، جانوران نر و ماده را برای جفت‌گیری آماده می‌کند. جرالد بورجیا (Gerald Borgia) پژوهشی برای آزمودن الگوی انتخاب جفت ماده را در پرنده‌ی آلاچیق‌ساز انجام داد.

بورجیا و دستیاران او این پرنده را در زیستگاه طبیعی مشاهده کردند و به بررسی آلاچیق‌های آنها پرداختند. آنان کشف کردند که علی‌رغم اینکه بسیاری از افراد نر، پرهای آبی آلاچیق همسایه را می‌دزدند یا به‌طور عمدی آلاچیق‌های دیگران را خراب می‌کنند، افراد نر پرخاشگر و نیرومند می‌توانند آلاچیق‌های خود را در موقعیت مناسب نگه دارند و افراد ماده را به‌سوی خود جلب کنند.

پرنده‌ی آلاچیق‌ساز نر در آغاز فصل زادآوری با چوب و شاخه‌های کوچک گیاهان، جایگاهی نمایشی، مانند آلاچیق* می‌سازد. اطراف آلاچیق را تمیز می‌کند و آلاچیق را با گل‌های تازه، میوه‌ها، سنگ‌ریزه، صدف، مهره‌های شیشه‌ای، زرورق و هر گونه شیء زرق و برق‌دار درخشنده که می‌یابد، تزیین می‌کند. این پرنده (*Ptilonorhynchus violaceus*) ساکن شرق استرالیاست و اشیای آبی‌رنگ را که با رنگ پرهای درخشان فرد نر هماهنگی دارند، ترجیح می‌دهد. افراد نر پرهای آبی‌رنگ طوطی، گل‌ها و میوه‌های آبی‌رنگ، خودکار آبی، گیره‌ی آبی لباس و حتی مسواک‌های آبی‌رنگی را که از اتاق پژوهشگران برداشته‌اند، در آلاچیق جمع می‌کنند.

پرنده‌ی آلاچیق‌ساز نر پس از تکمیل آلاچیق خود، بیشتر وقت خود را در کنار آلاچیق سپری می‌کند، از ماده‌ها می‌خواهد به آلاچیق تزیین‌شده‌ی او وارد شوند و در همان حال، آلاچیق خود را از تهاجم افراد نرِ دیگر محافظت می‌کند. فرد ماده پس از وارسی چندین آلاچیق و سازندگان

* چیزی که این پرنده‌ی نر برای جلب فرد ماده می‌سازد، آلاچیق نیست، چون سقف ندارد، بلکه می‌توان آن را سایه‌سار نامید؛ اما چون در فارسی به آلاچیق معروف است، مؤلف به‌ناچار همین واژه را به‌کار برده است.

می‌جهند و به تولید صدا ادامه می‌دهند. آنها سپس صدای خود را قطع می‌کنند و در حالی‌که بال‌های آنها برای نشان دادن پرهای زیبای آنان به جلو باز شده است، بدن را خم می‌کنند.

نحوه‌ی انتخاب جفت این پرندگان ماده نشان می‌دهد که چرا پرندگان نر نسبت به پرندگان ماده چشمگیرترند، حتی اگر معلوم نباشد که کدام یک از این دو فرضیه در پرنده‌ی راجیانا صادق است. احتمال دارد که پرهای چشمگیر راجیانای نر سلامتی و قدرت آن را نشان دهد. شاید هم افراد ماده، افراد نر پر رنگ را ترجیح می‌دهند و بخت انتخاب شدن زاده‌های نر آنها وجود دارد. بعضی از پژوهشگران فرض می‌کنند که ظاهر مبالغه‌آمیز فرد نر نشان می‌دهد که به نسبت کمتر انگل دارند. آندره‌آس مولر این فرضیه را روی چلچله‌ی بارن آزمایش کرد. او دم چلچله‌های نر را کوتاه‌تر یا بلندتر کرد و دریافت که افراد ماده بیشتر آنهایی را انتخاب می‌کنند که دم بلندتر دارند. او سپس نشان داد که افراد نری که در آشیانه رشد می‌کنند، و افشانه‌ی کنه‌کش روی بدن آنها پاشیده شده است، دم طویل‌تر از دیگران دارند.

آزمایش‌هایی که با سهره‌های گورخری انجام شده، نشان می‌دهند که نقش‌پذیری نیز در انتخاب جفت مؤثر است. نر و ماده‌ی این پرنده هیچ‌یک تاج بر سر ندارد. پژوهشگران برای بررسی تأثیر ژن‌ها بر انتخاب جفت از سهره‌های گورخری استفاده کردند که به‌طور مصنوعی آرایش و پیرایش شده بودند. آنان برای این کار در روز هشتم تولد جوجه‌ها، یعنی دو روز پیش از آنکه جوجه‌ها چشم باز کنند، پری سرخ‌رنگ ۲/۵ سانتی‌متری را به پرهای روی سر یکی از جنس‌ها یا هر دو آنها چسباندند. یک گروه شاهد هم با والدینی بدون پرهای سرخ‌رنگ در نظر گرفته شدند. وقتی جوجه‌ها بزرگ و بالغ شدند، آنها را با سهره‌هایی دارای پر سرخ‌رنگ، یا بدون آن رو به رو کردند. نتیجه آن بود که برای نرها، چه آنها که والدین دارای پر سرخ‌رنگ داشتند و چه آنها که دارای والدین بدون پر سرخ بودند، آمیزش با ماده‌ی دارای پر سرخ‌رنگ تفاوتی نداشت. همچنین جوجه‌های ماده‌ای که والدین آنها بدون پر سرخ‌رنگ بود، یا فقط مادر آنها پر سرخ بر سر داشت، بی‌تفاوت بودند. اما جوجه‌های ماده‌ای که هر دو والد آنها پر سرخ داشتند، یا فقط پدر دارای پر سرخ بود، آمیزش با نرهایی را که پر سرخ‌رنگ بر سر داشتند، ترجیح می‌دادند. بنابراین افراد ماده‌ی سهره‌ی گورخری از پدر خود نقش‌پذیری دارند (شکل ۵-۲).

این مثال‌ها نشان می‌دهند که فرد ماده در هر موقعیت خاص می‌کوشد که با بهترین نر آمیزش کند. رقابت نرها برای آمیزش با ماده‌ها نوعی انتخاب جفت است که می‌تواند منجر به کاهش تفاوت‌های فردی در نرها شود. **رفتار ستیزه‌گری** یکی از این رفتارهاست. رفتار ستیزه‌گری نوعی رقابت تشریفاتی است که تعیین می‌کند کدام نر باید به جفت و منابعی مانند غذا دسترسی

برنده‌ی یکی از حالات و بازنده‌ی حالات دیگر است. هر نوع از این سوسمارها نیز بر یکی دیگر از انواع برتری دارد، اما نوع سوم بر آن برتری دارد. هنگامی که سوسمارهای نر گلو آبی فراوان هستند، می‌توانند تعداد اندکی ماده را از آمیزش دزدانه‌ی سوسمارهای گلو زرد حفاظت کنند و در عین حال نمی‌توانند از قلمرو خود در برابر نرهای گلو نارنجی که نیرومندتر هستند، حفاظت کنند. هنگامی که نرهای گلو نارنجی فراوان‌اند، تعداد بیشتری از ماده‌ها فرصت می‌یابند با نرهای گلو زرد آمیزش کنند و هنگامی که سوسمارهای نر گلو زرد فراوان می‌شوند، راه را برای موفقیت بیشتر نرهای گلو آبی هموار می‌کنند که بار دیگر قلمروهای کوچک می‌سازند و به موفقیت بیشتر می‌رسند.

تئوری بازی، روشی را برای اندیشیدن درباره‌ی مسائل پیچیده‌ی رفتارشناسی تکاملی که در آنها عملکرد نسبی و نه عملکرد مطلق کلید درک تکامل آن رفتار است، فراهم می‌کند. این سبب می‌شود که تئوری بازی ابزاری نیرومند باشد، چون عملکرد نسبی یک نوع فنوتیپ در مقایسه با فنوتیپ‌های دیگر و نیز منظور داروین را از شایستگی توضیح می‌دهد.

# فصل ۶

# رفتارهای گروهی

## ۶-۱ رفتارهای ارتباطی

### مفاهیم کلیدی

- **پیام نوعی ابزار ارتباطی است که آن را فردی می‌فرستد تا بر رفتار فردی دیگر اثر بگذارد.**
- **جانوران می‌توانند نشانه‌های شیمیایی، دیداری، شنیداری و بساوشی برای یکدیگر بفرستند.**

ارتباط در رابطه با پیامی است که فردی می‌فرستد تا بر رفتار فردی دیگر اثر بگذارد. خفاش‌ها امواج صوتی می‌فرستند و به پژواک آنها گوش فرا می‌دهند تا از میان غارهای تاریک گذر کنند یا شب‌هنگام غذا بیابد. بعضی از پروانه‌های شب‌پرواز می‌توانند این امواج را بشنوند، احساس خطر کنند و بگریزند. آیا خفاش‌ها عمداً با پروانه‌های شب پرواز ارتباط برقرار می‌کنند؟ چنین به نظر نمی‌رسد. برای پروانه‌های شب پرواز صدای خفاش نشانه‌ی خطر است. جانوران می‌توانند نشانه‌های شیمیایی، دیداری، شنیداری و بساوشی برای دیگران بفرستند.

امتیاز نشانه‌های شیمیایی این است که هم در شب می‌توان از آنها استفاده کرد و هم در روز. واژه‌ی **فرومون** به موادی اطلاق می‌شود که بین اعضای یک گونه مبادله می‌شوند. پروانه‌های شب پرواز ماده از غده‌ی شکمی مخصوص خود نوعی فرومون ترشح می‌کنند. این فرومون را گیرنده‌های شاخک‌های فرد نر تشخیص می‌دهد. شاخک‌ها برای دریافت این نشانه اختصاصی هستند، به طوری که افراد دیگر گونه‌ها (مثلاً صیادان) نمی‌توانند آن را تشخیص دهند. یوزپلنگ‌ها و دیگر گربه‌سانان قلمرو خود را با بر جای گذاشتن ادرار، مدفوع و موادی که از غده‌ی مخرجی ترشح می‌کنند، نشانه‌گذاری می‌کنند. آنتلوپ‌های کوچک از ترشحات غده‌هایی که در زیر چشم‌ها قرار دارد، برای نشانه‌گذاری روی شاخه‌ها و علف‌ها استفاده می‌کنند.

**واژه‌شناسی**

فرومون (Feromone) از دو واژه‌ی یونانی فرو (fero) به معنی حمل‌کردن و مونوس (monos) به معنی یکه و تنها تشکیل شده است.

جرج پرتی(George Perti) شیمیدان و وینیفرد کاتلر(Winnifred Cutler) برای پی بردن به اثر فرومون‌ها در آدمی آزمایشی انجام دادند. آنان در مدت سه هفته ترشحات زیر بغل تعدادی از زنان داوطلب را جدا کردند و این ترشحات را با گوش پاک‌کن‌هایی به لب بالایی ده زن دیگر مالیدند. پس از سه ماه چرخه‌ی قاعدگی زنانی که تحت آزمایش قرار داشتند، با چرخه‌ی قاعدگی زنانی که ترشحات از آنان گرفته شده بود، هماهنگ شد. در حالی‌که در زنانی که روی لب آنان الکل مالیده نشده بود، تغییری مشاهده نشد. پس از آن همین پژوهشگران کشف کردند که درست قبل از تخمک‌گذاری ترشح استروئید آندروستنول(androstenol) در موادی که از زیر بغل زنان ترشح می‌شود، به حداکثر می‌رسد. احتمال دارد که این ماده به‌صورت نوعی فرومون در هماهنگی قاعدگی عمل کند.

ارتباط شنوایی (صدا) برتری‌هایی نسبت به دیگر انواع ارتباط‌ها دارد: سریع‌تر از نشانه‌های شیمیایی منتشر می‌شود و شب و روز می‌توان آن را به‌کار گرفت. به‌علاوه، ارتباط شنیداری را نه‌تنها می‌توان با شدت صدا تنظیم کرد، بلکه می‌توان الگو، مدت و تکرار آن را تغییر داد. پژوهشگری هنگام آزمایش با موش صحرایی پی برد که فرد حمله کننده ممکن است با افزایش فرکانس صدای جانوری که مورد حمله قرار گرفته، از حمله خودداری کند.

سوسری‌های نر آواز می‌خوانند. پرندگان نر نیز برای انواع موقعیت‌ها، انواع صداها را تولید می‌کنند. مثلاً، پرندگان ممکن است نوعی صدا برای بیان اندوه، نوعی دیگر برای جفت‌یابی و نوعی متفاوت با آن دو برای نشانه‌گذاری قلمرو تولید کنند. دریانوردان مدت‌هاست که آوای وال کوژپشت را می‌شنوند، چون صدای آنها از بدنه‌ی کشتی عبور می‌کند. اما به تازگی معلوم شده است که آوای آنها شش ملودی اصلی دارد که هر یک از آنها جمله‌ای مجزاست که مدت زمان آن با صداهای دیگر فرق دارد و با فریادها و لحن‌های گوناگونی پخش می‌شود. احتمالاً این آوا جنسی است و به صاحب آن کمک می‌کند تا حضور خود را به جنس مخالف اطلاع دهد. زبان روش نهاییِ ارتباطیِ شنیداری است، اما آدمی توانایی زیستی لازم را برای تولید تعداد زیادی صدای گوناگون و کنار هم چیدن آنها به راه‌های بسیار گوناگون دارد. نخستی‌های غیر آدمی حداکثر توانایی تولید حدود چهل آوای مختلف را دارند که هر یک مفهوم خاصی دارد، مثلاً

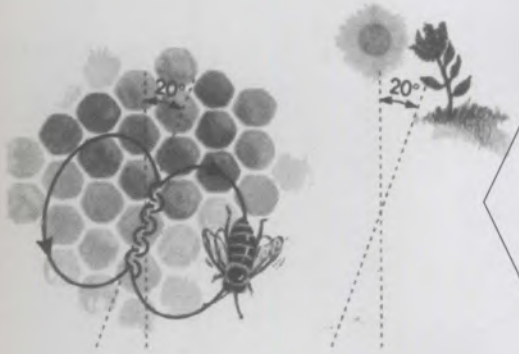
بابون‌ها از «بچه روی زمین» برای بیان این مفهوم که بچه بابونی از شاخه‌ی درخت افتاده است، استفاده می‌کنند. اگر چه تصور می‌شود که شمپانزه‌ها می‌توانند زبان مصنوعی به کار بگیرند، اما توانایی آنها هرگز از توانایی‌های یک کودک دو ساله‌ی آدمی فراتر نمی‌رود. همچنین اثبات اینکه شمپانزه‌ها می‌توانند مفاهیم دستور زبان را درک یا از زبان به طور استدلالی استفاده کنند، دشوار است. به نظر می‌رسد که توانایی برقراری ارتباط در آدمی با دیگر جانوران موازی نیست.

ارتباط دیداری در جانورانی بیشتر کاربرد دارد که در روز فعال‌ترند. رقابت میان نرها باعث ایجاد ظاهری تهدید آمیز می‌شود و ظاهر تهدید آمیز موجب پرهیز از جنگ رو در رو می‌شود، جنگی که ممکن است منجر به کاهش شایستگی شود. بابون نر وقتی می‌خواهد حداکثر تهدید را نشان دهد، سیمایی ترسناک به خود می‌گیرد. این رفتار باعث حفظ برتری او و آرامش درون گروه بابون‌ها می‌شود. این جانور هنگامی که می‌خواهد نشانه‌ی حفظ قلمرو را آشکار کند، دهان خود را باز می‌کند.

پرنده‌ی بهشتی راجیانا با نمایش پرهای خود رقصی چشمگیر برای جفت‌گیری و جلب ماده و دادن امکان انتخاب جفت مناسب نشان می‌دهد. نمایش‌های دفاع و جفت‌گیری هر یک همواره با روش و با مفهوم خاص خود انجام می‌شود.

ارتباط بساوشی (لامسه‌ای) هنگامی روی می‌دهد که جانوری، جانور دیگری را لمس می‌کند. مثلاً، جوجه‌های کاکایی منقار والدین خود را لمس می‌کنند تا غذا دریافت دارند. پلنگ نر بر گردن پلنگ ماده پوزه می‌زند تا او را رام، راغب و آماده‌ی جفت‌گیری کند. تیمار کردن، یعنی تمیز کردن موها یا پوست بدن، به تحکیم پیوندهای اجتماعی درون گروه‌ها کمک می‌کند.

زنبورهای عسل برای تبادل اطلاعات درباره‌ی محیط، از ترکیبی از نشانه‌های بساوشی و شنیداری استفاده می‌کنند. کارل فون فریش در سال‌های دهه‌ی ۱۹۴۰ آزمایش‌های مفصلی با زنبورهای عسل انجام داد. او کشف کرد هنگامی که یک زنبور عسلِ گشت به کندو باز می‌گردد، رقصی لرزشی می‌کند و به وسیله‌ی آن جهت و مسافت منبع غذایی را بیان می‌کند (شکل۶-۱). زنبور روی محیط دو حلقه که در مجموع شبیه عدد هشت لاتین هستند، حرکت می‌کند، در همان حال با صدای بلند وز وز می‌کند و به بدن خود لرزش می‌دهد. به نظر می‌رسد تعداد لرزش‌ها و یا زمان پرواز، مسافت را تا منبع غذایی بیان می‌کنند. رقص در بیرون از کندو روی سطحی افقی انجام می‌شود و امتداد آن سطح، جهت غذا را نشان می‌دهد. درون کندو زاویه‌ی سطح حرکت نسبت به جهت نیروی گرانش هم جهت زاویه‌ی منبع غذایی نسبت به خورشید است. به عبارت دیگر، زاویه‌ی ۴۰ درجه در سمت چپ سطح عمودی به این معنی است که غذا در موقعیت ۴۰




**شکل ۶-۱ رقص لرزشی زنبور عسل**
زنبور عسل زاویه‌ی میان منبع غذایی، لانه و خورشید را با زاویه‌ی بین بخش راست رقص و محور عمودی نشان می‌دهد. در اینجا غذا در ۲۰° سمت راست خورشید قرار گرفته است و بخش مستقیم رقص زنبور نسبت به کندو ۲۰° سمت راست محور عمودی است.

درجه نسبت به خورشید قرار دارد. زنبوران عسل می‌توانند از خورشید برای یافتن جهت منابع غذایی استفاده کنند، چون ساعت زیستی آنها یا ساز و کار درونی تنظیم وقت به آنها امکان ترمیم حرکت خورشید را در آسمان می‌دهد.

## ۶-۲ زیستن در گروه

### مفاهیم کلیدی

- **زندگی گروهی در وضعیت‌های خاص سودمند است، به جانور امکان می‌دهد کمتر با صیادان روبه‌رو شود، زاده‌های خود را بهتر پرورش دهد و بیشتر غذا پیدا کند.**
- **زیستن در گروه معایبی هم دارد. وقتی که جانوران در منطقه‌ای کم وسعت تجمع می‌کنند، ممکن است برای تصاحب بهترین مناطق برای تغذیه یا برای خواب بین آنها رقابت در گیرد.**
- **بسیاری از رفتارهای اجتماعی خودخواهانه است. یعنی افراد گروه به هزینه‌ی دیگران، به‌ویژه در رقابت با دیگران سود می‌برند.**

زندگی گروهی در وضعیت‌های خاص سودمند است، به جانور امکان می‌دهد کمتر با صیادان روبه‌رو شود، زاده‌های خود را بهتر پرورش دهد و بیشتر غذا پیدا کند. مثلاً وقتی که ایمپالاها در گروه هستند، بهتر از هنگام تنهایی از حضور صیادانی که به آنها نزدیک می‌شوند، با خبر می‌شوند. بسیاری از ماهی‌ها هنگام روبه‌رو شدن با آنچه تصور می‌کنند صیاد است، در جهات مختلف متفرق می‌شوند تا صیاد را سر در گم کنند.

همکاری جفت‌های پرنده‌ی بهشتی صدا شیپوری موجب می‌شود تا آن دو بتوانند با کمک

همدیگر جوجه‌های خود را پرورش دهند. غذای این پرنده خاص است و ماده به تنهایی و بدون کمک نر نمی‌تواند غذای جوجه‌ها را تأمین کند. پرنده‌ی بافنده آشیانه‌های بزرگ می‌سازد تا خود و جوجه‌ها را از گزند صیادان بیشتر حفظ کند. این پرنده ممکن است اطلاعات مربوط به منابع غذایی را با دیگر افراد هم‌گونه مبادله کند. اعضای گروه‌های نخستی‌ها نیز هنگامی که درخت پر میوه‌ای پیدا می‌کنند، اعضای دیگر گروه را با خبر می‌کنند. شیرهایی که با هم به شکار می‌روند، می‌توانند صیدهای بزرگ، مانند گورخر یا بوفالو را نیز به چنگ آورند.

زیستن در گروه معایبی هم دارد. وقتی که جانوران در منطقه‌ای کم وسعت تجمع می‌کنند، ممکن است برای تصاحب بهترین مناطق برای تغذیه یا برای خواب بین آنها رقابت در گیرد. در چنین موقعیتی سلسله مراتب برتری یکی از راه‌های تقسیم منابع است، اما این روش برای افراد زیردست چندان خوشایند نیست. کلاتن ـ بروک پی برد که در میان گوزن‌های سرخ ماده فقط ماده‌های برتر می‌توانند زاده‌های نر به دنیا آورند و گوزن‌های ماده‌ی ضعیف صاحب زاده‌های ماده می‌شوند. از دیدگاه تکاملی زاده‌های نر ارجحیت دارند، چون نرها به‌عنوان فرمانده‌ی حرم‌سرا می‌توانند زاده‌های بیشتر تولید کنند. گر چه دوره‌ی رشد و نمو نرها که بزرگ‌تر از ماده‌ها هستند، طولانی‌تر است. ماده‌های زیردست به منابع غذایی کافی دسترسی ندارند و نمی‌توانند از زاده‌های نر خود مواظبت کنند، بنابراین زاده‌های ماده برای آنها مناسب‌ترند. گوزن‌های سرخ ماده‌ی زیردست نیز مانند بابون‌های نر زیردست بهتر است با وجود هزینه‌ای که می‌پردازند، در گروه بمانند تا از شایستگی مناسب برخوردار باشند.

زیستن در نزدیکی هم موجب انتقال سریع‌تر بیماری‌ها و انگل‌ها بین افراد می‌شود. بابون‌ها و دیگر نخستی‌ها وقت بسیاری را برای تیمار کردن یکدیگر صرف می‌کنند. این عمل احتمال سلامت افراد را افزایش می‌دهد.

بسیاری از رفتارهای اجتماعی **خودخواهانه** است. یعنی افراد گروه به هزینه‌ی دیگران، به‌ویژه در رقابت با دیگران سود می‌برند. حتی در گونه‌هایی که رفتارهای ستیزه‌گرانه نشان نمی‌دهند، بسیاری از سازگاری‌هایی که به سود فرد است، به‌طور غیرمستقیم به زیان دیگری است. مثلاً، جانوری که توانایی بیشتری برای جست‌وجوی غذا دارد، ممکن است غذای کمتری برای دیگران به جا گذارد. اگر بپذیریم که انتخاب طبیعی به رفتار شکل می‌دهد، می‌توانیم به آسانی ماهیت فراگیرنده‌ی خودخواهی را دریابیم. انتخاب طبیعی، رفتاری را که موجب افزایش بخت ماندگاری و موفقیت زادآوری جانور می‌شود، صرف نظر از آنکه چه زیان‌هایی به افراد دیگر، کل جمعیت یا حتی به گونه می‌رساند، انتخاب می‌کند. رفتارهای دگر خواهانه در ماندگاری ژن‌ها و گونه نقش دارند.

## ۶-۳ دگرخواهی

**مفاهیم کلیدی**

- **دگر خواهی رفتاری است که به‌موجب آن شایستگی فردی در ازای افزایش شایستگی کلی کاهش می‌یابد.**
- **انتخاب غیر مستقیم ممکن است در جانورانی به‌وجود آید که زاده‌های آنها فقط یکی از هر جفت ژن را از هر یک از والدین دریافت می‌کنند.**

**دگرخواهی** رفتاری است که به‌موجب آن شایستگی فردی در ازای افزایش شایستگی کلی کاهش می‌یابد. در جامعه‌های حشرات، زادآوری به ملکه و جفت آن محدود می‌شود. مثلاً، در جامعه‌ی مورچه‌های سرباز، ملکه فقط در پرواز زفاف بارور می‌شود و بیشتر وقت را به زادآوری سپری می‌کند. کارگران این جامعه از نظر اندازه در سه گروه قرار می‌گیرند. کوچک‌ترین کارگران (۳ میلی‌متر) پرستار نامیده می‌شوند و از ملکه و نوزادان مراقبت می‌کنند، به آنها غذا می‌دهند و آنها را تمیز نگه می‌دارند. کارگرانی که اندازه‌ی جثه‌ی آنها متوسط است، بیشترین تعداد جمعیت را تشکیل می‌دهند. آنها به جمع‌آوری غذا در خارج از لانه می‌پردازند. سربازان (۱۴ میلی‌متر) که سر بزرگ و آرواره‌های نیرومند دارند، در اطراف گشت می‌زنند، از کارگرانی که غذا می‌آورند حفاظت می‌کنند و می‌توانند با هر مهاجمی درگیر شوند.

ویلیام هامیلتون (William Hamilton)، زیست‌شناس انگلیسی پیشنهاد کرد که جانوران می‌توانند به جای انتقال ژن‌های خود به افراد نسل بعد، به خویشاوندان نزدیک خود کمک کنند تا ژن‌های آنها را که همانند ژن‌های خود هستند، به افراد نسل بعدی انتقال دهند. این رفتار همان رفتار دگر خواهی است. نیمی از ژن‌های برادرها و خواهرها مشترک است، همان‌طور که ژن‌های والدین و فرزندان مشترک است. بنابراین، ارزش کمک به برادرها و خواهرها یا به والدین برای انتقال ژن‌های خودی به نسل بعدی نوعی هم ارز انتقال ژن‌های خود فرد است. **شایستگی کلی** هر فرد شامل شایستگی هر فرد به‌علاوه‌ی شایستگی خویشاوندان آن است. بنابراین دگر خواهی به افزایش شایستگی کلی می‌انجامد.

ویلیام هامیلتون در سال ۱۹۶۴ واضح‌ترین توضیح را برای رفتارهای دگر خواهانه داده است. شاید توضیح او تحت تأثیر این گفته‌ی هالدین (Haldane)، ژنتیک‌دان جمعیت بوده باشد: «من حاضرم جانم را فدای دو برادرم، یا هشت برادرزاده‌ام بکنم». این گفته‌ی هالدین در

زیست‌شناسی تکاملی معنی دارد: بختِ اینکه هر یک از ژن‌هایی که هالدین به ارث برده است به هر یک از برادران او رسیده باشد، ۵۰٪ است. به زبان آماری، دو برادرِ هالدین در مجموع می‌توانند به اندازه‌ی خودِ هالدین، ترکیب الل‌های هالدین را به نسل بعد برسانند. برادرزاده‌های هالدین یک هشتم از الل‌های هالدین را دارند. چون پدران این برادرزاده‌ها که با هم برادر هستند، در نیمی از ژن‌ها با هالدین مشترک‌اند و هر یک از فرزندان آنان نیمی از الل‌های پدر را دارند، یعنی ۸/۱=۲/۱×۲/۱×۲/۱. بنابراین هشت برادرزاده می‌توانند به اندازه‌ی خودِ هالدین ژن‌های او را به نسل بعد منتقل کنند.

به باور هامیلتون، هالدین موضوع را به‌روشنی توضیح داده است. انتخاب طبیعی از هر راهبردی که سبب شارشِ خالصِ الل‌های هر فرد به نسل بعدی شود، پشتیبانی می‌کند. هامیلتون نشان داد که افراد با رفتار دگرخواهانه‌ی خود به خویشاوندان کمک می‌کنند تا به جبران کاهش شایستگی خود، موفقیت زادآوری خویشاوندان را افزایش دهند. چون رفتار دگرخواهانه سبب افزایش احتمال تکثیر و انتشار ژن‌های خودی می‌شود که در خویشاوندان وجود دارد، انتخاب طبیعی از آن پشتیبانی می‌کند. انتخاب خویشاوندان به‌منظور دگرخواهی **انتخاب خویشاوند** نام دارد.

بنابراین، مدل انتخاب خویشاوند، دگرخواهی را متوجه خویشاوندان نزدیک می‌کند. هر اندازه خویشاوندی دو فرد به یکدیگر نزدیک‌تر باشد، به همان اندازه هزینه‌ی انتقال ژن‌ها کمتر است. قاعده‌ی هامیلتونی رابطه‌ی خویشاوندی را توصیف می‌کند. مطابق این قاعده، اگر b و c به‌ترتیب سود و هزینه‌ی کنشِ دگرخواهی و r ضریب خویشاوندی، یعنی نسبت الل‌های مشترک میان دو خویشاوند، باشند، هنگامی که $rb > c$ باشد، دگرخواهی مؤثر و مقرون به صرفه است.

در میان زنبورهای عسل، و وَسپ‌ها (زنبورهای غیر از زنبورهای عسل) و مورچه‌های اجتماعی، فقط ملکه دیپلوئید، اما جفت ملکه هاپلوئید است. اگر ملکه فقط یک جفت کروموزوم داشته باشد، شباهت خواهران کارگر با هم (به‌طور میانگین ۷۵٪ ژن‌های آنها همانند است) از شباهت میان زاده‌های بالقوه‌ی آنها (که به‌طور متوسط ۵۰٪ از ژن‌های آنها را دارند) بیشتر می‌شود. بنابراین اگر این خواهران کارگر به مادرشان (ملکه) کمک کنند تا خواهران بیشتری تولید کند، سود شایستگی کلی آنها بیشتر از هنگامی می‌شود که خود به زادآوری می‌پردازند. در چنین وضعیتی رفتاری که دگرخواهانه به نظر می‌آید، توسعه پیدا می‌کند.

انتخاب غیر مستقیم ممکن است در جانورانی به‌وجود آید که زاده‌های آنها فقط یکی از هر جفت ژن را از هر یک از والدین دریافت می‌کنند. اگر ژن‌های مشترک شما و خواهر یا برادرتان

## انتخاب خویشاوند

مطابق مدل انتخاب خویشاوند هر اندازه خویشاوندی دو فرد به یکدیگر نزدیک‌تر باشد، به همان اندازه هزینه‌ی انتقال ژن‌ها کمتر و بختِ انتقال آنها به نسل بعدی بیشتر است.

فرض کنید که به‌طور میانگین یک سوم الل‌های افراد یک جامعه‌ی جانوری مشترک هستند. اگر سود رفتار فداکارانه برای دریافت کننده‌ی آن دو برابر هزینه‌ای باشد که فرد فداکار می‌پردازد، آیا طبق مدل انتخاب خویشاوند دگرخواهی در این جامعه به صرفه است؟ چرا؟ محاسبه‌ها را نشان دهید.

**پاسخ:**

در اینجا داریم:

$$r = ۰/۳۳۳$$

$$b = (۲c)$$

$$rb = ۰/۳۳۳(۲c) = ۰/۶۶۶c$$

بنابراین، جانوران این جامعه بر پایه‌ی مدل انتخاب خویشاوند، دگر خواه(فداکار) هستند، چون رابطه‌ی $rb > c$ در این جامعه برقرار است.

۵۰٪ باشد، شباهت ژن‌های شما با ژن‌های برادرزاده یا خواهرزاده‌تان ۲۵٪ است. یعنی ماندگاری دو خواهرزاده (یا برادرزاده) به ماندگاری یک برادر یا خواهر با فرض اینکه هر دو صاحب فرزند شوند، می‌ارزد.

مایکل گیگلیری(Michael Ghiglieri) هنگام بررسی شمپانزه‌های افریقا مشاهده کرد یک ماده که به انگیزش جنسی می‌رسد، به‌طور مکرر با چند عضو گروه جفت‌گیری می‌کند و نرها هیچ دخالتی در این جفت‌گیری‌ها ندارند. این امر که با خود خواهی مغایرت دارد، چگونه توجیه می‌شود؟ به نظر می‌رسد خویشاوندی ژنی نرها ممکن است منجر به دگر خواهی شده باشد، آنها همه ژن‌های مشترک دارند، چون نرها هرگز قلمرویی را که در آن متولد شده‌اند، ترک نمی‌کنند.

## ۶-۴ یاریگری

**مفاهیم کلیدی**

- **در یاریگری در پرندگان، جوجه‌های همزاد ممکن است در آشیانه بمانند و در بزرگ کردن گروه بعدی جوجه‌های همزاد به والدین کمک کنند.**
- **یاریگر به ماندگاری خود کمک می‌کند و بنابراین یاریگری به سود اوست. به‌علاوه، احتمال به ارث بردن قلمرو پدری توسط یاریگر در مقایسه با حالتی که یاریگری نمی‌کند، بیشتر می‌شود و نیز یاریگری موجب به حداقل رساندن تلفات زادآوری در کوتاه مدت می‌شود.**

در بعضی از گونه‌های پرندگان جوجه‌های همزاد ممکن است در آشیانه بمانند و در بزرگ کردن گروه بعدی جوجه‌های همزاد به والدین کمک کنند. چنین کاری **یاریگری** و جانورانی که به والدین در این کار کمک می‌کنند **یاریگر** نامیده می‌شوند. در بررسی‌هایی که روی زاغچه‌ی بوته‌زارهای فلوریدا صورت گرفته، معلوم شده است تعداد جوجه‌هایی که با کمک هر دو نسل بزرگ می‌شوند به دو برابر افزایش می‌یابد. زاده‌های پستانداران نیز ممکن است به والدین کمک کنند. والدین شغال‌های افریقا بدون کمک یاریگران به‌طور متوسط ۴/۱ توله بزرگ می‌کنند، در حالی‌که با کمک یاریگران این رقم به ۶/۳ می‌رسد.

آیا موفقیت زادآوری یاریگران با این رفتار دگرخواهانه افزایش می‌یابد؟ اگر بخت زادآوری خود یاریگران محدود باشد، پاسخ مثبت است. دیوید و ساندرا لیگون(David & Sandra Ligon) رفتار زادآوری هدهد جنگلی افریقایی(*phoeniculus purpurens*) را که پرنده‌ای حشره‌خوار است، بررسی کردند. هر گروه از این پرندگان ممکن است شانزده عضو داشته باشد که فقط یک جفت از آنها زادآوری می‌کند. دیگر اعضای بالغ به کار غذا دادن و پرستاری جوجه‌ها می‌پردازند، یا قلمرو گروه را از تهاجم هدهدهای دیگر محافظت می‌کنند. لیگون پی برد که این پرنده با کمبود جا برای آشیانه‌سازی روبه‌روست، چون تعداد درختان آکاسیای حفره‌دار در آنجا به نسبت کم است و به‌علاوه، حفره‌ها را غالباً افراد دیگر گونه‌ها اشغال می‌کنند و نیز مارها ممکن است آنها را درون آشیانه‌ها صید کنند. حتی وقتی یک جفت از این گونه پرنده حفره‌ای پیدا می‌کند، می‌تواند به‌تنهایی زاده‌های خود را حفظ کند. بنابراین به‌روشنی معلوم است که هزینه‌ی برقراری قلمرو برای این پرنده بسیار بالاست.

دریافت کمک از یاریگران چه سودی دارد؟ نخست، یاریگر به ماندگاری خود کمک می‌کند

و بنابراین یاریگری به سود اوست (اگر چه نسبت به حالتی که خود زادآوری می‌کند، سود کمتر به‌دست می‌آورد). دوم، احتمال به ارث بردن قلمرو پدری توسط یاریگر در مقایسه با حالتی که یاریگری نمی‌کند، بیشتر می‌شود و سرانجام یاریگری موجب به حداقل رساندن تلفات زادآوری در کوتاه مدت می‌شود که این امر خود به سود افزایش توان زادآوری در آینده است. در اینجا هم رفتار دگر خواهانه رفتاری سازشی به‌شمار می‌آید.

**زیست‌جامعه‌شناسان** رفتار آدمی را هم بر پایه‌ی این اصول تفسیر می‌کنند. کودک آدمی ناتوان زاده می‌شود و اگر هر دو والد مشارکت و مساعدت کنند، کودک بخت بسیار بیشتری برای رشد و نمو دارد. شاید همین امر بتواند توجیه کند که چرا زنان پیوسته برای آمیزش تسلیم‌پذیرند. احتمال ماندن مرد و کمک به پرورش کودک بیشتر است. در هر حال عشق پدر و مادر به یکدیگر به روشنی خود خواهانه است، چون احتمال حضور ژن‌های آنها را به خزانه‌ی ژنی نسل بعد افزایش می‌دهد.

زیست‌جامعه‌شناسان به بررسی فرهنگ‌های آدمیان پرداخته‌اند. در قبایل افریقا یک مرد ممکن است چند همسر داشته باشد. این امر علاوه بر مردان، برای زنان نیز امتیازهای زادآوری دربر دارد. زنان در این نظام تعداد بیشتری کودکِ ماندگار به‌دست می‌آورند، چون فرض بر این است که همه‌ی کودکان رژیم غذایی غنی دارند. اگر او با مردی تک همسر، اما فقیر ازدواج می‌کرد، تعداد فرزندان ماندگار او کاهش پیدا می‌کرد. در افریقا منابع غذاهای پروتئین‌دار کمیاب است و از شیر گرفتن زودرس کودکان رواج دارد. برعکس، در میان مردم ساکن تپه‌ی بیهاری در هندوستان معمولاً چند برادر یک همسر مشترک دارند. محیط زیست آنجا نامساعد است و برای فراهم کردن مایحتاج روزانه برای یک خانواده به دو مرد نیاز است. چون این دو مرد برادر هستند، به یکدیگر کمک می‌کنند تا ژن‌های مشترک خود را گسترش دهند.

البته، بعضی‌ها مخالف با تفسیر رفتارهای انسانی در چهارچوب یافته‌های رفتارشناسی بر پایه‌ی شایستگی تکاملی هستند و روی این موضوع پای می‌فشارند که آدمیان می‌توانند رفتار خود را کنترل کنند و در جامعه‌ی انسانی نیاز خویشاوندی با دیگران مطرح نیست. بی‌گمان می‌توان در جوامع انسانی مثال‌هایی یافت که از اصول **زیست‌جامعه‌شناسی** پیروی نمی‌کنند، مثلاً گاه فردی کودکی را که هیچ‌گونه خویشاوندی با او ندارد، به‌عنوان فرزند خوانده‌ی خود می‌پذیرد.

# پیوست‌ها

# پیوست «الف»

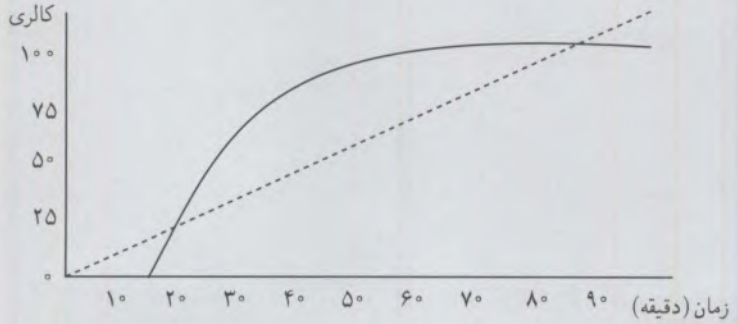
# پرسش‌های رفتارشناسی در آزمون‌های کشوری

۱. در زیر چند نوع رفتار که در جانوران مختلف دیده می‌شوند، آورده شده است. به‌نظر شما کدام‌یک از این رفتارها هرگز نمی‌تواند در جامعه تثبیت شود؟ یعنی ممکن نیست همه‌ی افراد یک گونه آن را انجام دهند.

الف) شیر نر بچه شیرهایی را که زاده‌های نرهای دیگرند، می‌خورد.
ب) عنکبوت ماده پس از جفت‌گیری عنکبوت نر را می‌خورد.
ج) پرنده برای کاهش هزینه‌ی مراقبت از فرزندان در لانه‌ی افراد هم‌گونه تخم‌گذاری می‌کند.
د) کنه پس از تخم‌گذاری می‌میرد.
ه) پرنده‌ی نر به‌جای پرنده‌ی ماده از تخم‌ها نگهداری می‌کند.

**آزمون مرحله‌ی اول چهارمین المپیاد کشور (۱۳۷۹)**

۲. روباهی برای شکار موش هر روز صبح به دو منطقه سرمی‌زند. در شکل نمودار نقطه‌چین نشان‌دهنده‌ی انرژی‌ای است که روباه در مدت حضور خود در منطقه‌ی ۱ صرف می‌کند. نمودار



ممتد متوسط انرژی به دست‌آمده را بر حسب زمان اقامت در همین منطقه نشان می‌دهد. به‌نظر شما روباه قبل از رفتن به منطقه‌ی ۲ چند دقیقه در منطقه‌ی ۱ به شکار می‌پردازد؟

الف) ۶۰

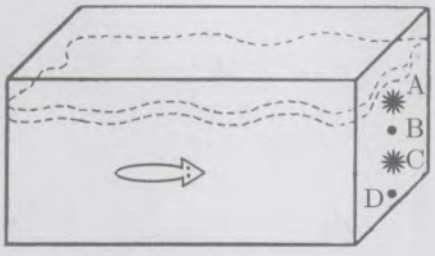
ب) ۱۰۰

ج) ۲۰

د) ۴۰

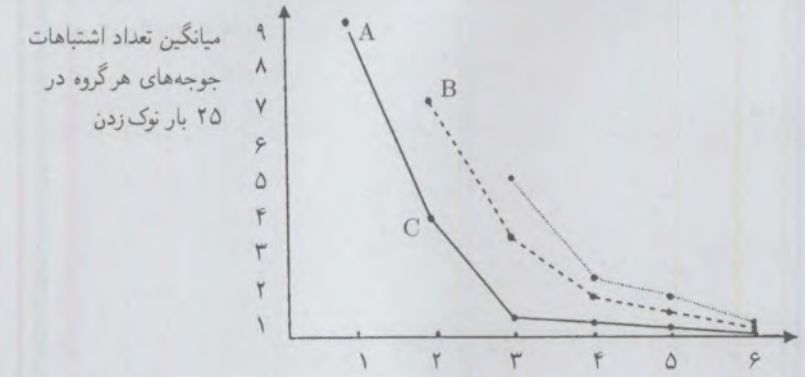
**آزمون مرحله‌ی اول چهارمین المپیاد کشور (۱۳۷۹)**

**۳.** فتوتاکسیس (نورگرایی) نوعی حرکت غیرارادی جهت‌دار است که در جانوران ابتدایی دیده می‌شود و جهت آن به جهت تابش نور بستگی دارد. در پلاناریا پدیده‌ی فتوتاکسیس وجود دارد که جاندار را به سمت منبع نور هدایت می‌کند. مکانیسم حرکت به این شکل است که کرم همواره به صورتی جهت‌گیری می‌کند که نور به میزان یکسان دو لکه‌ی چشمی موجود در قسمت سر را تحریک کند و به این ترتیب به سمت منبع نور کشانده می‌شود. در آزمایشی، در یک آکواریوم دو منبع نور مشابه را در فاصله‌ی کمی از یکدیگر قرار می‌دهیم (نقاط A و C) و پلاناریا را وارد آکواریوم می‌کنیم. احتمال رسیدن کرم به کدام نقطه بیشتر است؟




الف) A ب) B ج) C د) D

**۴.** جوجه‌های مرغ خانگی به محض آنکه از تخم خارج می‌شوند، به دانه‌های اطراف که شبیه غذایند، نوک می‌زنند. این نمودار مربوط به سه جوجه‌ی تازه از تخم بیرون آمده است که هر گروه از آنها در روز خاصی پس از تولدشان اجازه‌ی نوک‌زدن پیدا می‌کند (یعنی با بستن منقار تا قبل از روز مشخص شده به هیچ عنوان به آن گروه از جوجه‌ها اجازه داده نمی‌شد که به هیچ دانه‌ای نوک بزنند). با توجه به نمودار، کدام گزینه در مورد تقویت رفتار نوک‌زدن صحیح است؟




منحنی ـــــــ مربوط به جوجه‌هایی است که از روز اول شروع به نوک‌زدن کرده‌اند.
منحنی ----- مربوط به جوجه‌هایی است که از روز دوم شروع به نوک‌زدن کرده‌اند.
منحنی ..... مربوط به جوجه‌هایی است که از روز سوم شروع به نوک‌زدن کرده‌اند.

**I.** تفاوت بین نقطه‌های B و A مربوط به یادگیری رفتار نوک‌زدن بر اثر تجربه کردن توسط جوجه‌هاست.

**II.** تفاوت بین نقطه‌های B و A مربوط به بلوغ رفتار نوک‌زدن به صورت غریزی در جوجه‌هاست.

**III.** تفاوت بین نقطه‌های C و B مربوط به یادگیری رفتار نوک‌زدن بر اثر تجربه کردن توسط جوجه‌هاست.

**IV.** تفاوت بین نقطه‌های C و B مربوط به بلوغ رفتار نوک‌زدن به صورت غریزی در جوجه‌هاست.

الف) I و III ب) II و III ج) I و IV د) II و IV

**۵.** یکی از ابزارهایی که پرندگان برای جهت‌یابی از آنها استفاده می‌کنند، موقعیت خورشید در آسمان است. یعنی پرندگان می‌دانند در هر ساعت از شبانه‌روز خورشید در کجای آسمان قرار دارد. اگر یک کبوتر را مدتی در یک محیط مصنوعی که چراغ درون آن ۳ ساعت زودتر از شب و روز عادی خاموش می‌شود قرار دهیم به‌طوری که به آن عادت کند و سپس آن را در زمانی که خورشید در آسمان است، رها کنیم، در صورتی‌که لانه‌ی کبوتر در جنوب موقعیت رهایی باشد، به‌نظر شما کبوتر به کدام جهت حرکت خواهد کرد؟

الف) بستگی به زمان رهایی دارد. ب) جنوب شرقی
ج) جنوب غربی د) جنوب

**۶.** چرا جوجه‌های کبک که پرنده‌ی دانه‌خواری است، از حشرات تغذیه می‌کنند؟

I. چون ارزش غذایی آنها بیشتر است.

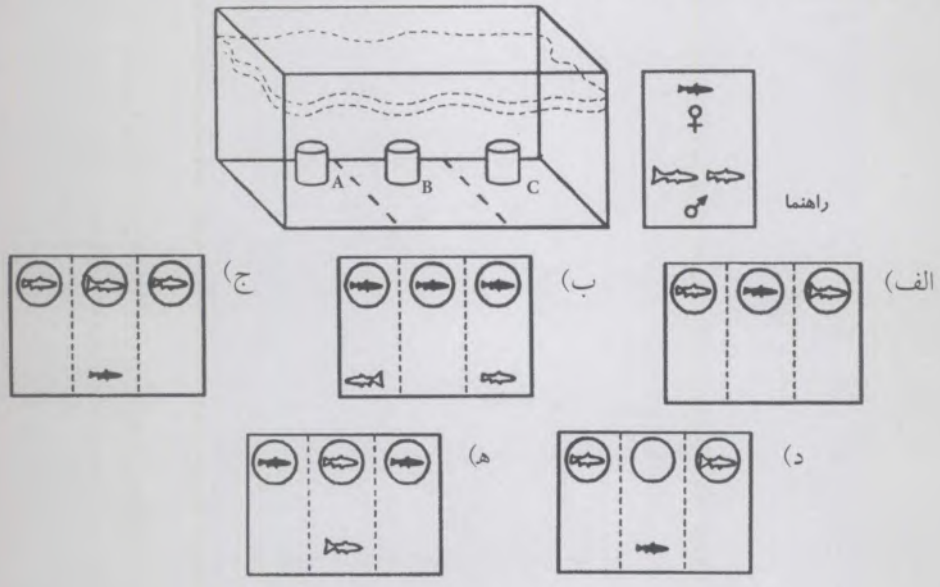
II. چون قابلیت هضم دانه‌ها کمتر است.

III. چون دانه‌ها در زمان بیرون‌آمدن جوجه‌ها از تخم هنوز نارس‌اند.

الف) I و II ب) I ج) II و III د) II

**آزمون مرحله‌ی اول سومین المپیاد کشور (۱۳۷۸)**

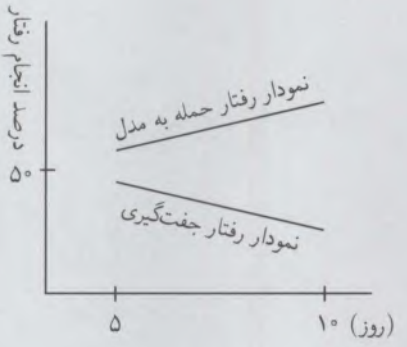
۷. در نوعی ماهی در فصل تولید مثل به خلاف بسیاری از گونه‌ها، ماهی‌های ماده جفت خود را انتخاب می‌کنند. یک رفتارشناس با بررسی جفت‌یابی این ماهی‌ها به این نتیجه رسید که ماهی‌های ماده بیشتر نرهایی را که دم بزرگ‌تر دارند، انتخاب می‌کنند و به سمت آنها می‌روند. او می‌خواهد برای تأیید نظریه‌ی خود آزمایشی طراحی کند. او مطابق شکل یک آکواریوم را به سه قسمت تقسیم‌بندی کرد، در هر قسمت یک بشر قرار داد و ماهی‌های نر و ماده را به ترتیب خاصی وارد آکواریوم کرد و به بررسی رفتار آنها پرداخت. به نظر شما در این آزمایش بهترین ترتیب قراردادن ماهی‌ها چگونه است؟




**آزمون مرحله‌ی اول سومین المپیاد کشور (۱۳۷۸)**

۸. نوعی عنکبوت از حشره‌ای تغذیه می‌کند که شبیه عنکبوت ماده است. در یک آزمایش مدلی طراحی می‌کنیم که حد واسط حشره‌ی طعمه و عنکبوت است و عنکبوت نر را به اشتباه

می‌اندازد؛ یعنی در بعضی موارد آن را با عنکبوت ماده اشتباه می‌گیرد و رفتار جفت‌گیری بروز می‌دهد و گاه به‌عنوان طعمه به آن حمله می‌کند. چند روز به عنکبوت غذا نمی‌دهیم و نوع پاسخ آن را در برابر مدل مصنوعی مشاهده می‌کنیم. با توجه به این نمودار کدام نتیجه‌گیری صحیح است؟




الف) میزان تحریک‌پذیری عنکبوت نسبت به یک محرک خاص در شرایط مختلف یکسان نیست.

ب) عنکبوت نر بر اثر گرسنگی عقیم می‌شود.

ج) در ابتدای آزمایش (لحظه‌ی صفر) رفتار جنسی و رفتار شکار کردن به یک میزان بروز می‌کنند.

د) تحریک‌پذیری عنکبوت نسبت به محرک‌ها با افزایش مدت زمان گرسنگی زیاد می‌شود.

ه) گزینه‌های الف، ج و د

**آزمون مرحله‌ی اول چهارمین المپیاد کشور (۱۳۷۹)**

**۹.** در گونه‌های مختلف حشرات خانواده‌ی Balloon fly این رفتارها مشاهده شده است:

a. خورده شدن نر توسط ماده

b. تهیه‌ی توپ توخالی توسط فرد نر

c. هدیه آوردن غذا توسط فرد نر

d. هدیه آوردن غذای بسته‌بندی شده درون توپ توسط فرد نر

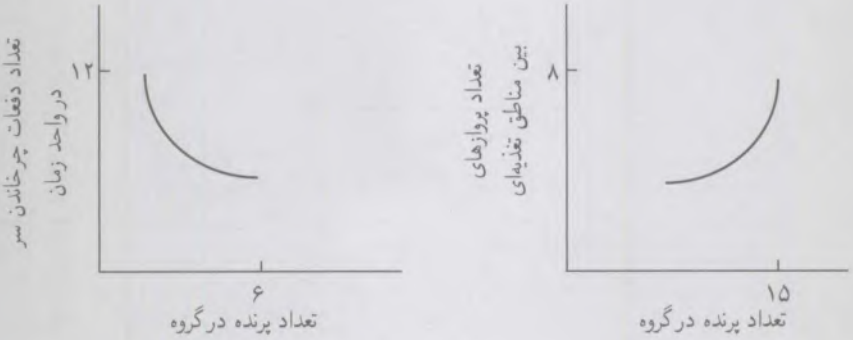
با توجه به اصل صرفه‌جویی در جانداران، محتمل‌ترین مدل تکامل رفتار از حالت اجدادی تا شکل پیشرفته در رفتارهای فوق به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

الف) a، c، d، b　　ب) a، b، c، d

ج) b، c، d، a　　د) c، a، b، d

**آزمون مرحله‌ی اول هفتمین المپیاد کشور (۱۳۸۲)**

**۱۰.** سهره‌ی طلایی هنگامی که دانه می‌خورد، هر از چندی سر خود را به اطراف می‌چرخاند تا مطمئن شود که خطری آن را تهدید نمی‌کند. پژوهشگران رفتار تغذیه‌ای این سهره را مشاهده و این نمودارها را بر اساس اطلاعات به دست آمده رسم کردند.




با توجه به این نمودارها کدام نتیجه‌گیری(ها) درست است؟

**I.** تغذیه در گروه به نفع سهره نیست، زیرا گروه سبب جلب توجه شکارچی می‌شود.

**II.** هر چه تعداد افراد گروه بیشتر باشد، از هزینه‌ی رفتار تغذیه‌ای سهره کاسته می‌شود.

**III.** تغذیه در گروه سبب می‌شود که سهره زمان کمتری صرف مراقبت از خود کند.

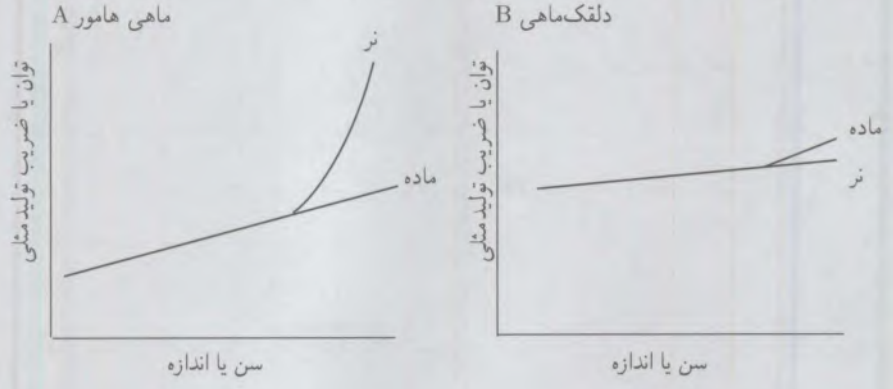
الف) I　　ب) II　　ج) III　　د) I و III　　هـ) I، II، III

**آزمون مرحله‌ی اول نهمین المپیاد کشور (۱۳۸۴)**

**۱۱.** برخی از رفتارها و استراتژی‌های تولیدمثلی اهمیت سازشی با شرایط رقابتی درون‌گونه‌ای دارند. در دو ماهی هامور و دلقک‌ماهی هرمافرودیسم با تغییر جنسیت از ماده به نر (هامور) و از نر به ماده (دلقک‌ماهی) مشاهده می‌شود. این الگو بیانگر وضعیت تولیدمثل این ماهی‌هاست. موارد a تا d توضیحاتی برای اتخاذ چنین استراتژی‌هایی است. در الگوی A یک نر غالب و در الگوی B یک ماده‌ی غالب در هر دسته ماهی مشاهده می‌شود. در محل برخورد خطوط، تغییر جنسیت روی می‌دهد.

a. به علت رقابت شدید نرها، افراد نر بزرگ موفقیت تولید مثلی دارند.
b. در افراد ماده تولید مثل با افزایش سن کارامدتر است.
c. اندازه‌ی جثه‌ی نر در موفقیت تولید مثلی نقش بیشتر دارد.
d. اندازه‌ی جثه‌ی ماده در موفقیت تولید مثلی نقش بیشتر دارد.

با توجه به اصل سود و هزینه، این استراتژی‌ها به‌ترتیب کدام حالت در مورد ماهی هامور/دلقک‌ماهی (به ترتیب از راست به چپ) صحیح‌ترین است؟




**آزمون مرحله‌ی اول هفتمین المپیاد کشور (۱۳۸۲)**

**۱۲.** در پایان قرن ۱۹ ثوراندیک سلسله آزمایش‌هایی ترتیب داد که نشان دهد میان یادگیری انسان و یادگیری حیوان تداوم و پیوستگی وجود دارد. شرح آزمایش او چنین است:

«گربه‌ای گرسنه درون قفسی گذاشته می‌شود که درِ آن با چفتی ساده بسته‌شده است. همزمان بیرون از قفس (در کنار او) یک تکه ماهی قرار داده می‌شود. ابتدا گربه سعی می‌کند با دراز کردن دستش از میان میله‌ها به غذا دست یابد. وقتی این کار بی‌نتیجه می‌ماند، در قفس به سمت‌های مختلف می‌رود و به رفتارهای مختلفی می‌پردازد؛ اما دیر یا زود به چفت درِ قفس می‌خورد، از قفس آزاد می‌شود و به ماهی دست می‌یابد. بعد پژوهشگر دوباره گربه را به قفس باز می‌گرداند و تکه ماهی دیگری را در کنار قفس قرار می‌دهد. گربه مجدداً کم و بیش رفتار قبلی را تکرار می‌کند تا بار دیگر تصادفاً به چفت در برخورد کند. این ماجرا بارها تکرار می‌شود تا در نهایت گربه با قرارگیری در قفس بلافاصله چفت در را باز می‌کند و آزاد می‌شود و ماهی را می‌گیرد.»

با توجه به آن، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

A. کدام گزاره‌ها درست‌اند؟

I. شرطی شدن کلاسیک از طریق آزمون و خطا انجام شده است.

II. شرطی شدن فعال در جانوری مانند گربه مصداق نمی‌یابد.

III. با توجه به عدم حضور فعال آزمایشگر، شرطی‌سازی از نوع فعال نیست.

IV. شرطی‌سازی به‌تنهایی یادگیری گربه را توجیه می‌کند.

الف) I، II و IV ب) I و II ج) I و IV د) II و III ه) IV

**آزمون مرحله‌ی اول سیزدهمین المپیاد کشور (۱۳۸۸)**

B. رابطه‌ی میان اعمال گربه در هر آزمایش با پاسخ نهایی، الگوی کدام نظریه(ها) را تداعی می‌کند؟

I. نقش انتخاب طبیعی بر صفتی که به‌تنهایی فاقد اثر بر تولید مثل است.

II. انتخاب طبیعی جهت‌دار

III. یادگیری از طریق آزمون و خطا

IV. تشدید پاسخ در شرطی شدن کلاسیک

الف) I و III ب) I و II ج) II و III د) III و IV ه) II و IV

**پاسخ‌ها**

۱.ج، ۲.د، ۳.ب، ۴.ب، ۵.ب، ۶. الف، ۷. د، ۸. الف، ۹. الف، ۱۰. ج، ۱۱. الف، ۱۲.A: ه، B: ج.

# پیوست «ب»

# پرسش‌های رفتارشناسی در المپیادهای جهانی زیست‌شناسی

۱. به شکل نگاه کنید و تعیین کنید کدام گزینه علت این رفتار جوجه‌غازها را بهتر توصیف می‌کند؟

الف) این فعالیت برای جانشین کردن مادر است.

ب) این اسباب‌بازی نخستین شیء متحرکی است که جوجه‌غازها پس از تولد دیده‌اند.

ج) طوری پرورش یافته‌اند که به دنبال این اسباب‌بازی روان شوند.

د) جوجه‌غازها تمایلی فطری دارند که به دنبال هر شیء متحرکی روان شوند.

۲. گروهی گنجشک در باغی مشغول تغذیه‌اند. ناگهان یکی از آنها فریاد خطر سر می‌دهد. همه‌ی گنجشک‌ها فرار می‌کنند. چند ثانیه بعد قوشی پروازکنان از آنجا عبور می‌کند. چرا گنجشک فریاد زننده به‌جای فرار، فریاد خطر سر داده است؟

الف) فریاد زننده با صدای خود توجه صیاد را به‌سوی خود جلب کرده است تا خود را قربانی گروه کند.

ب) فریاد زننده به قوش پیام فرستاده است که آن را دیده است تا صیاد را از صید منصرف کند، چون صیاد می‌داند که وقتی صید آن را می‌بیند، نمی‌تواند به صید بپردازد.

ج) فریاد زننده تعدادی از گنجشک‌ها را که خویشاوند آن هستند، نجات داده است.
د) صدای فریاد واکنشی ضد سازشی به حضور صید است.

۳. چرا روان‌شناسان نمی‌توانند به شمپانزه آموزش دهند که مانند آدمی تکلم کند؟

الف) چون مخ شمپانزه تکامل چندان پیدا نکرده است.
ب) چون زبان آن کوچک است.
ج) چون دندان‌های آن بلندند.
د) چون حافظه‌ی آن ضعیف است.

۴. در بعضی از گونه‌های جانوری، مانند مورچه‌ها و زنبورهای عسل، بیشتر افراد از زادآوری خودداری می‌کنند و همه‌ی انرژی خود را برای نگه‌داری نوزادانِ افراد دیگر صرف می‌کنند. چرا باید در هر کلنی تعداد زیادی فرد نازا وجود داشته باشد؟

الف) زادآوری کمتر سبب کاهش تقاضای غذا و در نتیجه پایداری کلنی می‌شود.
ب) همه‌ی مورچه‌های کلنی با هم خویشاوندند، بنابراین، کمک به زادآوری خویشاوندان نوعی سازگاری است.
ج) به این روش نسبت جنسیتی نوزادان مورچه منحرف می‌شود و چون بسیاری از ماده‌ها نری برای جفت‌گیری نمی‌یابند، عقیم می‌مانند.
د) مورچه‌ها فقط از طریق بکرزایی زادآوری می‌کنند.

۵. کدام گزینه درباره‌ی الگوی عملِ ثابت درست است؟

الف) کلیشه‌ای، تکراری و غریزی‌اند.
ب) در اثر محرک نشانه که در محیط وجود دارد، آغاز می‌شوند و تا پایان رفتار ادامه می‌یابند.
ج) محرک‌های نشانه‌ای که خارق‌العاده هستند، واکنشی شدیدتر در پی دارند.
د) اهمیت رفتار را در سازگاری کاهش می‌دهند.
ه) معمولاً با یک یا دو نشانه‌ی حسی ساده بروز می‌کنند.

۶. وقتی که غازی تخمی را در بیرون از لانه‌اش می‌بیند، بلند می‌شود، گردنش را دراز می‌کند، آن را با منقار لمس می‌کند و سپس تخم را به آرامی به لانه می‌برد. غاز این رفتار را در مورد توپ و بطری نوشابه نیز انجام می‌دهد. کدام گزینه‌ها در این مورد درست است؟

الف) جانور توان شناسایی تخم را ندارد.

ب) این رفتار غریزی است.

ج) برای پر کردن لانه و ایجاد محیطی مناسب برای پرورش جوجه‌هاست.

د) غاز این رفتار را از مادر آموخته است.

ه) غاز تخم خود را می‌شناسد، بنابراین غلتاندن تخم بدون محرک دیگری انجام می‌شود.

**۷.** در کدام‌یک از موارد ذیل شرطی‌شدن بهینه است؟

الف) اگر محرکی غیرشرطی پیش از محرک شرطی اعمال شود و محرک غیر شرطی قوی‌تر از محرک شرطی باشد.

ب) اگر محرکی غیرشرطی پیش از محرک شرطی اعمال شود و محرک غیر شرطی ضعیف‌تر از محرک شرطی باشد.

ج) اگر محرکی شرطی پیش از محرک غیرشرطی اعمال شود و محرک شرطی قوی‌تر از محرک غیرشرطی باشد.

د) اگر محرکی شرطی پیش از محرک غیرشرطی اعمال شود و محرک شرطی ضعیف‌تر از محرک غیرشرطی باشد.

**۸.** ماهی آزاد برای تخمک‌ریزی به زادگاه خود بازمی‌گردد. این رفتار از چه نوعی است؟

الف) حل مسئله

ب) نقش‌پذیری از بوی مواد شیمیایی زادگاه

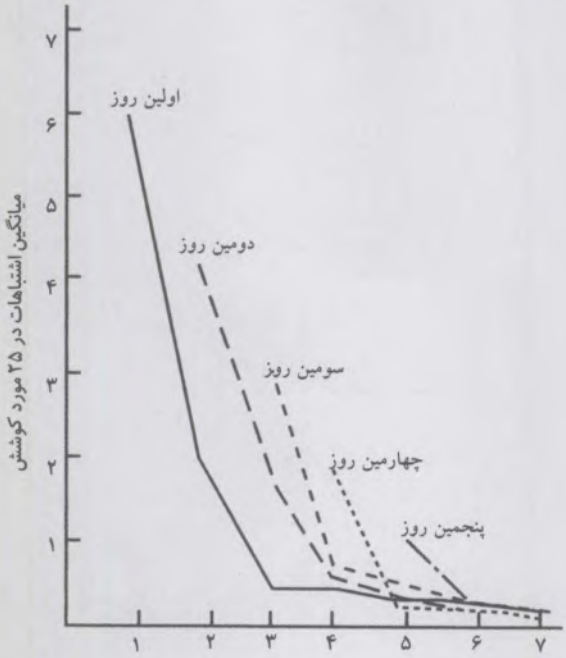
ج) خوگیری

د) شرطی‌شدن کلاسیک

ه) گرایش مثبت

**۹.** همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است، جوجه مرغ‌های خانگی پس از خروج از تخم به دانه‌هایی که شبیه غذا هستند نوک می‌زنند و پس از بزرگ‌تر شدن، دانه‌های غذایی را با مهارت بیشتر پیدا می‌کنند. اگر جوجه‌ها را در روز دوم از نوک زدن محروم کنیم، باز هم در روز سوم توانایی آنها برای نوک زدن به ذره‌های غذایی بیشتر، اما نسبت به حالت طبیعی کمتر است. با توجه به این اطلاعات، کدام گزینه‌ها درست است؟

الف) نوک زدن دقیق پس از بلوغ دستگاه عصبی توسعه می‌یابد.




ب) نوک زدن دقیق همراه با یادگیری توسعه می‌یابد.

ج) هم فرایند بلوغ و هم یادگیری در توسعه‌ی مهارت نوک زدن، نقش دارند.

د) از روز اول تا هفتم دوره‌ای بحرانی وجود دارد که در آن جوجه‌ها می‌آموزند چگونه از زمین دانه برچینند.

۱۰. رفتار کوکو *(Cuculus canorous)* همراه با رفتار میزبان‌های آن که انواعی از گنجشک‌سانان‌اند، تکامل حاصل کرده است. به این علت، این نوع تکامل را هم‌فرگشتی می‌نامند. کوکو نوعی انگل است و در لانه‌ی میزبان خود تخم می‌گذارد. کدام موارد ۱ تا ۶ درست‌اند؟

۱. میزبان‌ها در بعد از ظهرها تخم می‌گذارند.

۲. کوکو تخم میزبان را می‌خورد.

۳. میزبان نسبت به کوکو حالت تهاجمی دارد.

۴. تخم کوکو مشابه تخم میزبان نیست.

۵. کوکو به میزبان خود حمله می‌کند.

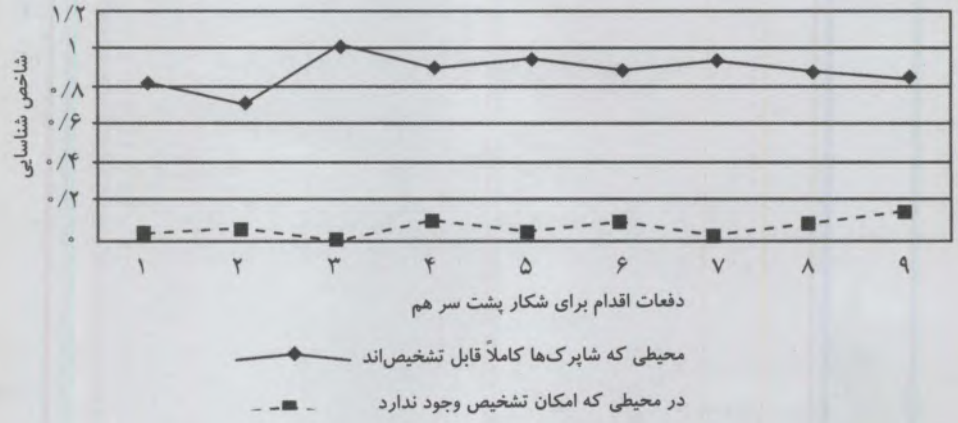
۶. کوکو وقتی که در لانه‌ی میزبان است، از دیده شدن دوری می‌کند.

الف) ۳ و ۶

ب) ۴ و ۶

ج) ۲ و ۳
د) ۱ و ۵
ه) ۴ و ۲

**۱۱.** نوعی زاغچه از انواعی شاپرک تغذیه می‌کند. بال عقبی این شاپرک‌ها زرد، نارنجی یا سرخ است، اما بال‌های جلویی آنها با پوست درخت زیستگاه هم‌رنگ است. یعنی وقتی این حشره در حال استراحت روی پوست درخت نشسته است، به علت هم‌رنگی با محیط و استتار به سختی دیده می‌شود، در حالی که وقتی بال‌های خود را باز می‌کند، ناگهان بال‌های عقبی با رنگ‌هایی که با رنگ محیط متضادند، پدیدار می‌شوند. توانایی زاغچه در تشخیص این شاپرک‌ها در این نمودار نشان داده شده است.




کدام گزینه یا گزینه‌ها درست است؟

الف) بال‌های جلویی رنگی هستند تا احتمال شکار شدن را کاهش دهند.
ب) بال‌های عقبی بی‌علت رنگ درخشان دارند؛ چون این صفتی اتفاقی است.
ج) رنگ درخشان بال‌های عقبی باعث مبهوت شدن پرنده و ایجاد فرصت فرار برای حشره می‌شوند.
د) زاغچه با گذشت زمان می‌آموزد که شاپرک‌ها را در زمینه‌ی هم‌رنگ شکار کند؛ بنابراین بال‌های جلویی به طور کامل از شاپرک حفاظت نمی‌کنند.
ه) بال‌های عقبی سبب شناسایی جنس مخالف می‌شوند.
و) پرنده‌ی شکارچی نمی‌تواند رنگ‌ها را از هم تشخیص دهد.

**۱۲.** چندین عامل خارجی در بروز رفتار تهاجمی نقش دارند. کدام گزینه رفتار تهاجمی نیست؟

الف) رفتار صیدی که تهدید به مرگ می‌شود.

ب) رفتاری که از ویژگی‌های گروه نیست، بلکه رفتاری طبیعی است.

ج) برای دفاع از مهاجمی که وارد قلمرو شده است.

د) در برابر جانوری که قصد دزدیدن غذا را دارد.

ه) رفتار صیاد در برابر صید.

**۱۳.** اگر تصویری مانند شکل زیر را از بالای سر جوجه‌های تازه از تخم درآمده‌ی قرقاول از چپ به راست و بار دیگر از راست به چپ عبور دهیم، جوجه‌ها

**I.** در هر دو حالت جیک‌جیک می‌کنند.

**II.** در هیچ‌یک از حالت‌ها واکنش نشان نمی‌دهند.

**III.** هنگام حرکت تصویر از چپ به راست واکنش نشان نمی‌دهند.

**IV.** هنگام حرکت تصویر از راست به چپ واکنش نشان نمی‌دهند.

**V.** هنگام حرکت تصویر از راست به چپ سر و صدا می‌کنند.

**VI.** هنگام حرکت از چپ به راست سر و صدا می‌کنند.

الف) فقط I

ب) فقط II

ج) III و V

د) IV و VI

ه) III و VI

**۱۴.** چرا معمولاً پرنده‌ی صاحب قلمرو در رویارویی با پرندگان مهاجم پیروز می‌شود؟

الف) چون حالت تهاجمی بیشتر دارد و جنگجوی بهتری است.

ب) چون قلمرو برای آن اهمیت بسیار دارد، آماده‌ی نبرد سخت است.

ج) مالکیت موضوعی قراردادی است.

د) قلمرودران معمولاً جثه‌ی بزرگ‌تر دارند.

ه) «الف» و «ب» هر دو درست‌اند.

**۱۵.** چرا پستانداران اغلب چند همسر، اما پرندگان بیشتر تک همسرند؟

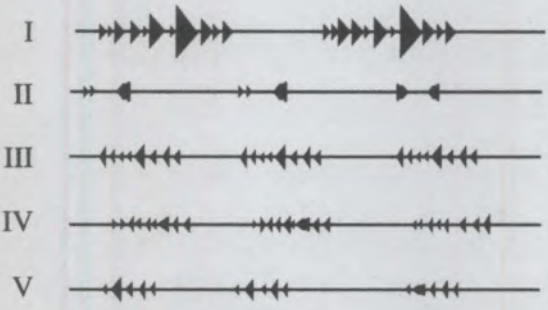
الف) ماده‌های آماده‌ی جفت‌گیری در پستانداران فراوان‌ترند.

ب) پستانداران برای جلب توجه جفت، رفتارهای نمایشی دارند، در حالی که پرندگان این نوع رفتارها را ندارند.

ج) لقاح خارجی پرندگان سبب شده است که نرها تخم‌های تازه گذاشته شده را بارور کنند، قبل از آنکه رقیب آنها را بارور کند.

د) شیر دادن پستانداران ماده باعث می‌شود نرها از مراقبت نوزادان معاف باشند، در حالی که در پرندگان چنین نیست.

**۱۶.** معلوم شده است که بعضی از ملخ‌ها برای جفت‌یابی صدا تولید می‌کنند. نوع چنین صداهای گونه‌های مختلف هر منطقه بسیار با هم متفاوت‌اند. نمودار پنج نوع صدا در اینجا نشان داده شده است. کدام گونه‌ها (از I تا V) در یک منطقه زندگی می‌کنند؟




الف) I و II

ب) III و IV

ج) III و V

د) IV و V

ه) III، IV و V

**۱۷.** ماهی‌های گوپی بعضی نرها را به بعضی دیگر ترجیح می‌دهند. فرض کنید که بسیاری از ماده‌ها نرهایی را ترجیح می‌دهند که دم دراز دارند. دم دراز چه مزیتی دارد؟

الف) ماده، با این کار در رقابت کمتری درگیر می‌شود.

ب) فرزندان نرهای دم‌دراز، دم‌های دراز خواهند داشت که احتمال انتخاب شدن و زادآوری بیشتر خواهد داشت.

ج) بیشتر فرزندان نرهای دم‌دراز احتمالاً دم‌های کوتاه خواهند داشت. بنابراین باید با مادر خود جفت‌گیری کنند و مادر فرزندان بیشتر تولید خواهد کرد.

د) نر دم‌دراز با ماده‌های کمتر جفت می‌شود و در نتیجه خطر ابتلا به بیماری‌های مقاربتی در آنها کمتر خواهد بود.

**۱۸.** صدای گنجشک‌سانان نر برای جلب جفت در گونه‌های مختلف متفاوت، اما صدای زنگ خطر در برخی گونه‌ها یکسان است. چرا؟

الف) در مورد صدای زنگ خطر تکامل همگرا وجود دارد. چون ویژگی‌های آکوستیک صدا باعث می‌شوند که شکارچی نتواند پرنده‌ای را که چنین صدایی تولید کرده است، تشخیص دهد.

ب) در مورد صدای زنگ خطر تکامل همگرا وجود دارد. چون ویژگی‌های آکوستیک صدا باعث می‌شوند که تولیدکننده‌ی صدا به‌طور دقیق خبر دهد که شکارچی در حال نزدیک شدن از بالاست.

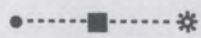
ج) در مورد صدای زنگ خطر تکامل همگرا وجود دارد. چون تولید چنین صداهایی آسان است و پرندگان جوان آنها را زود می‌آموزند.

د) شکارچی با شنیدن صدای کشدار فرار می‌کند، چون به صدای شکارچی خود آنها شبیه است.

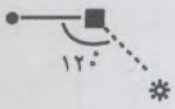
**۱۹.** وقتی زنبور عسلی غذایی پیدا می‌کند، با انجام رقصی خاص زنبورهای دیگر را از آن آگاه می‌کند.

با توجه به این شکل، کدام گزینه محل غذا را نشان می‌دهد؟

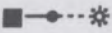
الف)



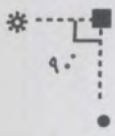
ب)



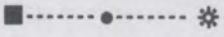

ج)



د)




هـ)



**۲۰.** هنگامی که زنبور عسل کارگر برای دفاع نیش می‌زند، نیش درون بدن دشمن باقی می‌ماند و سبب مرگ آن زنبور می‌شود. این رفتار خودکشی چه لزومی دارد؟

الف) زنبورهای عسل به‌طور طبیعی مهاجم‌اند.
ب) گاه نیش درون بدن دشمن باقی نمی‌ماند و زنبور می‌تواند از آن دوباره استفاده کند.
ج) از خود گذشتگی و ایثار
د) زنبورهایی که نیش می‌زنند، پیرند و در خارج از کندو هستند.

**۲۱.** خفاش خون‌آشام کاستاریکا غالباً شب‌ها نمی‌تواند خون پستانداران را برای نوشیدن پیدا کند. در سال ۱۹۸۴ ویلکینسون خفاش‌هایی را گرفت و آنها را به مدت یک شب بی‌غذا نگه داشت. او مشاهده کرد که در آن شب بعضی از آنها خون قی می‌کنند و به دیگران می‌دهند. بر پایه‌ی این دانش، کدام مشاهدات زیر نشان می‌دهد(می‌دهند) که این رفتار نوعی رفتار دگر خواهانه در این گونه است؟

**I.** خون فقط به خویشاوندان داده می‌شود.
**II.** خون به افراد غیر خویشاوند داده می‌شود.
**III.** خفاش‌های ضعیف حتی اگر نتوانند به دیگران خون بدهند، به طور مکرر خون دریافت می‌دارند.
**IV.** هر خفاش به خفاشی خون می‌دهد که قبلاً از آن خون گرفته است.

الف) فقط ب) فقط IV ج) I و III د) I و IV ه) II و III
و) II و IV

**۲۲.** در یک گونه پرنده نرهای قلمرودار از لحاظ جنسی بالغ‌اند، پرهای روی سینه‌ی آنها سرخ است و مهاجم‌اند. برای آزمون رفتار دفاع از قلمرو در این پرنده چند مدل در اینجا شرح داده شده است. در نظام رو به پایین، ترتیب حمله‌های این مدل‌ها کدام است؟

**I.** مدل پرنده‌ی جوانی که پرهای سینه‌اش قهوه‌ای است.
**II.** مدل پرنده‌ی بالغ عادی که پرهای سینه‌اش سرخ است.
**III.** مدل پرنده‌ی بالغی که پرهای سینه‌اش قهوه‌ای است.
**IV.** مدل پرنده‌ی جوان که پرهای سینه‌اش سرخ است.

الف) I → III → IV → II

ب) I → IV → III → II

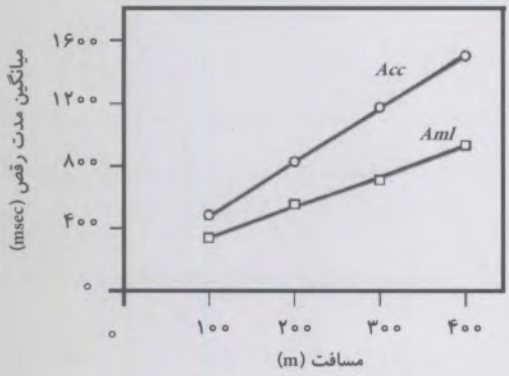
ج) II → III → IV → I

د) II → IV → III → I

**۲۳.** زنبورهای عسل غذایاب اگر غذای قابل توجهی در فاصله‌ی ۱۰۰ متری کندو یا بیشتر پیدا کنند آن را با رقص جنبشی (شکل ۱) به دیگران خبر می‌دهند. طول مدت رقص، فاصله‌ی منبع غذایی را نشان می‌دهد.

طول مدت رقص جنبشی در گونه‌ی زنبور عسل *Apis cerana cerana* یا (*Acc*) و *Apis mellifera ligustica* یا (*Aml*) مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش غذای قابل توجه در فاصله‌های مختلف از کندو قرار داده و نتایج در نمودار نشان داده شد.

شکل ۱




شکل ۲

وقتی که میانگین طول مدت رقص جنبشی *Acc* و *Aml* ۸۰۰ msec باشد، مسافت غذا چقدر خواهد بود؟

**پاسخ:**

برای هر یک از این اعداد، پاسخ را بنویسید.

۱۳۰ ۱۶۰ ۱۹۰ ۲۲۰ ۲۵۰ ۲۸۰ ۳۱۰ ۳۴۰ ۳۷۰ ۴۰۰

..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....

**۲۴.** با توجه به سئوال قبلی، اگر شفیره‌های *Aml* را به درون کلنی *Acc* و به‌عکس وارد کنیم، کلنی‌های مخلوط *Acc* و *Aml* به‌وجود می‌آید و زنبورهای هر گونه، زنبورهای جوان گونه‌ی دیگر را می‌پذیرند. هنگامی که آزمایشی مانند آزمایش سئوال قبلی (شکل ۲) روی کلنی مخلوط انجام شد، مشاهده کردند که کارگرهای *Acc* و *Aml* جابه‌جا شده، هر دو دقیقاً رفتاری مانند گونه‌ی خود را بروز می‌دهند.

در آزمایش نهایی، غذا در فاصله‌های ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ متری و در یک راستا قرار داده شد و زنبورهای جابه‌جا شده‌ی *Aml* برای جست‌وجوی غذا در فاصله‌ی ۵۰۰ متری کندو تربیت شده بودند. وقتی‌که این زنبورها، زنبورهای *Acc* را از کندوی خود گسیل داشتند، غذا را دقیقاً در فاصله‌ی ۵۰۰ متری پیدا کردند. وقتی که زنبورهای *Acc* نیز از زنبورهای *Aml* برای چنین کاری استفاده کردند، همین نتایج به دست آمد.

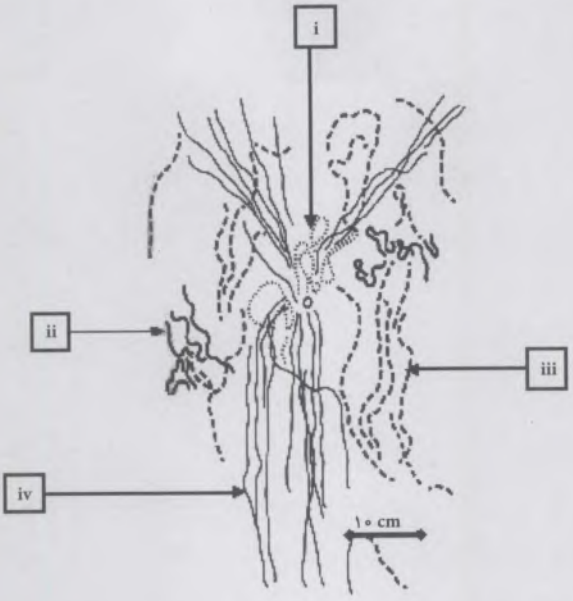
از این آزمایش‌ها درباره‌ی اطلاعات داده شده و گرفته شده بین زنبور فرستنده و زنبور گیرنده به‌ترتیب چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟

| | زنبور گیرنده‌ی پیام | زنبور فرستنده‌ی پیام |
|---|---|---|
| الف | ژنتیک | ژنتیک |
| ب | آموختنی | ژنتیک |
| ج | ژنتیک | آموختنی |
| د | آموختنی | آموختنی |

**۲۵.** مورچه‌های دانه‌کش سرخ (*Pogonomyrmex barbatus*) حشراتی اجتماعی هستند که در کلنی‌های زیرزمینی زندگی می‌کنند. در این کلنی‌ها مورچه‌های مختلف وظایف متفاوت بر عهده دارند. در این شکل طرحی از یکی از کلنی‌های این مورچه‌ها رسم شده است. دایره‌ی میانی ورودی کلنی را نشان می‌دهد. سه نوع مسیر (i تا iv) برای سه گروه مختلف از مورچه‌ها نشان داده شده است. مسیرهای گروه‌های «الف» تا «د» را مشخص کنید.

الف) جست‌وجو کنندگان غذا

پاسخ.....




ب) گشت‌های نگهبانی

پاسخ.....

ج) مورچه‌های نگه‌داری کننده‌ی لانه

پاسخ.....

د) تخلیه‌کنندگان مدفوع از لانه

پاسخ.....

**۲۶.** پرندگان به راه‌های متفاوت آواز می‌خوانند، چون مغز عملکرد حنجره‌ی آنها را تنظیم می‌کند. در بعضی از گونه‌های پرندگان دو نوع آوا را می‌توان تشخیص داد: پرندگان نر در فصل‌های زادآوری آوازی طولانی‌تر، اما در فصل غیر زادآوری آوایی ساده‌تر سر می‌دهند.

اگر جوجه‌های چنین پرندگانی در محیطی بی‌صدا رها رشد و نمو کنند، وقتی بالغ می‌شوند، نمی‌توانند به‌درستی آواز طولانی را سر دهند. چرا؟

الف) در محیط بی‌صدا تمایز بین نرها و ماده‌ها ممکن نیست.

ب) توانایی آواز خواندن نوعی رفتار آموختنی است که پس از خروج از تخم، آموختن آن انجام می‌شود.

ج) در محیط بی‌صدا نقش‌پذیری ژن مسئول آواز خواندن روی نمی‌دهد.

د) در محیط بی‌صدا حس شنوایی توسعه نمی‌یابد.

**۲۷.** اگر چه مرغ خانگی و بلدرچین با هم خویشاوندی نزدیک دارند، اما آوای آنها متفاوت است. در آزمایشی، منطقه‌ای فرضی از مغز جنین ۵ روزه‌ی مرغ سفید را با مغز جنین ۵ روزه‌ی بلدرچین قهوه‌ای تعویض کردیم. جوجه‌ای از تخم خارج شد که در مغز آن بخش‌های قهوه‌ای متعلق به بلدرچین وجود داشت. آوای آن پرنده بیشتر شبیه آوای بلدرچین بود. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌توان گرفت؟

**I.** آوای پرندگان ژنتیک است و در هر گونه اختصاصی است.
**II.** آواز خوانی پس از تولد توسعه می‌یابد.
**III.** ساختار حنجره نوع آواز را تعیین می‌کند.

الف) فقط I
ب) فقط II
ج) فقط III
د) I و II
ه) I و III
و) II و III

**۲۸.** شیر (*Panthera leo*) در گروه اجتماعی پایدار که در آن معمولاً سه یا چند ماده، زاده‌های آنها و یک یا دو نر غالب وجود دارند، زندگی می‌کند. معمولاً، نرهای پیر و ضعیف را نرهای قوی‌تر و جوان از گروه بیرون می‌رانند. کدام گزاره یا گزاره‌های زیر درست است (درست‌اند)؟

**I.** ماده‌هایی که در گروه به دنیا می‌آیند، قبل از آنکه به بلوغ جنسی برسند، گروه را ترک می‌کنند.
**II.** ماده‌هایی که در گروه به دنیا می‌آیند، تا آخر عمر در آن می‌مانند.
**III.** نرهایی که در گروه به دنیا می‌آیند، تا آخر عمر در آن می‌مانند.
**IV.** نرهای غالب جدید سعی می‌کنند که ماده‌های نوزاد را بکشند.
**V.** نرهایی که در گروه زاده می‌شوند، پیش از رسیدن به بلوغ جنسی گروه را ترک می‌کنند.
**VI.** نر غالب جدید سعی می‌کند فقط نرهای نوزاد را بکشد.
**VII.** ماده‌های بالغ در گروه هیچ خویشاوندی با هم ندارند.
**VIII.** نر غالب جدید تا آنجا که می‌تواند بچه شیرهای نوزاد را می‌کشد.
**IX.** بیشتر ماده‌های بالغ هر گروه با هم خویشاوندند.

الف) I, IV, VI, VII

ب) III, V, VIII, IX

ج) III, IV, V, IX

د) II, V, VI, VIII

ه) I, II, VII, VIII

**۲۹.** برای بررسی واکنش‌های سلسله مراتبی جیرجیرک (*Gryllus campestris*)، پنج جیرجیرک A، B، C، D و E را رنگ کردیم و دوتا دوتا در محیطی آزمایشی رها کردیم. نتایج رفتار تهاجمی آنها به این صورت بود:

**جدول ۱** نتایج ستیز جیرجیرک A

| هم‌محیط | پیروز | شکست خورده |
|---|---|---|
| B | ۶ | ۰ |
| C | ۲ | ۲ |
| D | ۷ | ۰ |
| E | ۲ | ۲ |

**جدول ۲** نتایج ستیز جیرجیرکB

| هم‌محیط | پیروز | شکست خورده |
|---|---|---|
| A | ۰ | ۶ |
| C | ۰ | ۵ |
| D | ۵ | ۱ |
| E | ۰ | ۷ |

**جدول ۳** نتایج ستیز جیرجیرک C

| هم‌محیط | پیروز | شکست خورده |
|---|---|---|
| A | ۹ | ۲ |
| B | ۵ | ۰ |
| D | ۶ | ۰ |
| E | ۹ | ۳ |

**جدول ۴** نتایج ستیز جیرجیرک D

| هم‌محیط | پیروز | شکست خورده |
|---|---|---|
| A | ۰ | ۷ |
| B | ۱ | ۵ |
| C | ۰ | ۶ |
| E | ۰ | ۵ |

**جدول ۵** نتایج ستیز جیرجیرک E

| هم‌محیط | پیروز | شکست خورده |
|---|---|---|
| A | ۶ | ۲ |
| B | ۷ | ۰ |
| C | ۳ | ۹ |
| D | ۵ | ۰ |

کدام گزاره‌های زیر درست‌اند؟

| پاسخ | گزاره‌ها |
| --- | --- |
| | الف) جیرجیرک D در آخرین تراز سلسله مراتب قرار دارد. |
| | ب) جیرجیرک E در نخستین تراز سلسله مراتب قرار دارد. |
| | ج) سلسله مراتب خطی و به این صورت است: $C \rightarrow E \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D$ |
| | د) برخی از جیرجیرک‌ها بر جیرجیرک‌هایی که در ترازهای بالاتر قرار دارند، پیروز می‌شوند. |

# پیوست «ج»

## واژه‌نامه‌ی توصیفی

- **آموختن ابزاری (Instrumental Learning):** آموختن از طریق شرطی‌شدن عملی که در آن جانور می‌آموزد رفتارهایی را که موجب پاداش می‌شوند انجام دهد و از رفتارهایی که تنبیه در پی دارند، بپرهیزد.
- **ارزش ماندگاری (Survival value):** رفتارهایی که سبب شایستگی و ماندگاری بیشتر گونه در مسیر تکاملی می‌شود.
- **اطمینان از پدر بودن (Paternity Lawsuit):** افزایش اطمینان از پدر بودن زیستی و واقعی فرزندان در جانوران تک همسر.
- **الگوی رفتاری (Patterns of behavior):** مجموعه‌ای از واکنش‌ها و رفتارهای هر جانور که برای رسیدن به یک هدف انجام می‌شوند.
- **الگوی عمل ثابت (Fixed Action Pattern):** رفتاری که اساس ژنتیک دارد و همیشه در واکنش به محرکی که **محرک نشانه** نامیده می‌شود، یکسان بروز می‌کند.
- **انتخاب جفت (Mate Choice):** انتخاب جفت برای آمیزش که بیشتر افراد ماده آن را انجام می‌دهند.
- **انتخاب جنسی (Sexual Selection):** جست و جو، رقابت، انتخاب و جلب جفت برای آمیزش با آن.
- **انتخاب خویشاوند (Kin selection):** انتخاب خویشاوندان به منظور دگر خواهی.
- **انتخاب طبیعی (Natural Selection):** تئوری اصلی چارلز داروین مبنی بر آنکه فشارهای محیطی موجوداتی را که سازگاری و شایستگی بیشتر دارند، برای بقا انتخاب می‌کند.

- **رفتارهای آموختنی (Learned Behaviors):** رفتارهایی که وراثتی نیستند و جانور آنها را طی زندگی می‌آموزد.
- **رفتارهای ارتباطی (Communicating Behaviors):** مجموعه‌ی رفتارهایی که در آنها فردی پیامی می‌فرستد تا بر رفتار فردی دیگر اثر بگذارد.
- **رفتارهای حل مسئله (Problem Solving Behaviors):** رفتارهایی که نشان دهنده‌ی اندیشیدن در جانوران است و در آنها جانور در موقعیتی که قبلاً تجربه نکرده، مشکل گشایی می‌کند.
- **رفتارهای ساده (Simple Behaviors):** رفتارهایی که در آنها یک محرک موجب ایجاد یک واکنش ساده می‌شود.
- **رفتارهای ستیزه‌گری (Agonistic behavior):** نوعی رقابت تشریفاتی که تعیین می‌کند کدام نر باید به جفت و منابعی مانند غذا دسترسی داشته باشد.
- **رفتارهای غریزی (Innate Behavior):** از رفتارهای ارثی بدون تغییر یا تغییر اندک بر اثر آموزش.
- **رفتارهای مهاجرتی (Migration Behaviors):** جابه‌جایی بازگشتی جانوران به‌ویژه پرندگان در مسافت‌های طولانی، در اثر ساعت‌های درونی و یا علایم محیطی، مانند تغییر دما یا تغییر طول روز.
- **ریتم (rhythm):** مجموعه‌ای از چرخه‌های رفتاری جانوران.
- **زیست‌جامعه‌شناس (Sociobiologist):** دانشمند یا پژوهشگری که به زیست‌جامعه‌شناسی می‌پردازد.
- **زیست‌جامعه‌شناسی (Sociobiology):** شاخه‌ای از زیست‌شناسی که در آن به بررسی جامعه‌های زیستی می‌پردازند.
- **شایستگی تکاملی (Fitness):** توان هر فردِ در زادآوری، یا به عبارت دیگر سهم هر فرد از ژن‌های نسل آینده.
- **شایستگی کلی (Inclusive fitness):** شایستگی هر فرد به‌علاوه‌ی شایستگی خویشاوندان آن.
- **شرطی‌شدن (Conditioning):** از رفتارهای آموختنی که در آن جانور می‌آموزد که بین دو

محرک یا بین یک محرک و واکنش به آن ارتباط برقرار کند.

- **شرطی‌شدن ابزاری (Instrumental Conditioning):** شرطی‌شدن عملی.
- **شرطی‌شدن پاولفی (Pavlovian Conditioning):** شرطی‌شدن کلاسیک.
- **شرطی‌شدن ساده (Simple Conditioning): شرطی‌شدن پاولفی** یا شرطی‌شدن **کلاسیک**؛ رفتاری که ایوان پاولف آن را کشف کرد و وقتی است که دو نوع محرک سبب ایجاد یک نوع واکنش در جانور می‌شوند.
- **شرطی‌شدن عملی (Operant conditioning):** رفتاری که در آن جانور می‌آموزد در پاسخ به پاداش یا تنبیه، رفتاری خاص از خود بروز دهد.
- **شرطی‌شدن کلاسیک (Classical Conditioning):** شرطی‌شدن ساده.
- **عصب‌رفتارشناسی (neuroethology):** موضوعی جدید در رفتارشناسی که در آن به بررسی اثر دستگاه عصبی در رفتار می‌پردازند.
- **فاز (Phase):** هر نقطه‌ی روی یک چرخه از ریتم.
- **فرومون (Pheronome):** موادی شیمیایی که برای ارتباط میان افراد ترشح می‌شوند.
- **قلمرو (Territory):** بخشی از محدوده‌ی **مرز و بوم** هر جانور که دیگران، به‌جز جفت اجازه‌ی ورود به آن را ندارند و در آن منابع مختلف مانند منابع غذایی و جفت وجود دارد.
- **قلمروداری (Territoriality):** محافظت از یک منطقه در برابر ورود دیگر افراد به‌جز جفت.
- **محرک خارق‌العاده (Supernormal stimulus):** محرکی که از محرک طبیعی بزرگ‌تر است و جانور در رفتار الگوی عمل ثابت، آن را انتخاب می‌کند.
- **محرک کلیدی (Key Stimulus):** محرک نشانه.
- **محرک نشانه (Sign Stimulus):** محرکی که رفتار **الگوی عمل ثابت** را آغاز می‌کند.
- **نقش‌پذیری (Imprinting):** رفتاری که در آن جانور می‌آموزد که در دوره‌ی حساس زندگی خود فقط به یک نوع جانور یا شیء پاسخ خاص بدهد.
- **نقش‌پذیری جنسی (Sexual Imprinting):** رفتاری که در آن جانور در دوره‌ی حساس زندگی خود می‌آموزد که از الگوی والدین برای انتخاب جفت استفاده کند.
- **نقش‌پذیری زادگاهی (Breeding Ground Imprinting):** رفتاری که در آن جانور در

دوره‌ی حساس زندگی خود می‌آموزد پس از مدتی دوری، به زادگاه خود بازگردد.

- **نقش‌پذیری مادری (Parental Imprinting):** رفتاری که در آن جانور در دوره‌ی حساس زندگی خود می‌آموزد که هر شیء متحرک را مادر خود بپندارد و به دنبال آن روان شود.
- **نمایش جفت‌خواهی (Courtship Disply):** نمایشی برای نشان‌دادن توانایی و شایستگی‌های زادآوری به جنس مخالف)
- **یادگیری (Learning):** تغییر رفتار بر اثر آموختن.
- **یاریگر (Helper):** فرزندانی که به والدین کمک می‌کنند تا فرزندان دیگر را بزرگ کنند.
- **یاریگری (Helping):** وقتی است که فرزندان در آشیانه می‌مانند و به بزرگ‌کردن گروه بعدی فرزندان به والدین یاری می‌رسانند.

# پیوست «د»

## واژه‌نامه‌ی انگلیسی/فارسی

| | |
|---|---|
| Agonistic behavior | رفتار ستیزه‌گری |
| Altruism | دگر خواهی |
| Behavior | رفتار |
| Behavior Foraging | رفتار جست‌وجوی غذا |
| Behavioral ecology | بوم‌شناسی رفتاری |
| Breeding Ground Imprinting | نقش‌پذیری زادگاهی |
| Classical Conditioning | شرطی‌شدن کلاسیک |
| Communicating Behaviors | رفتارهای ارتباطی |
| Conditioning | شرطی‌شدن |
| Courtship Disply | نمایش جفت‌خواهی |
| Fittness | شایستگی تکاملی |
| Fixed Action Pattern | الگوی عمل ثابت |
| Game theory | تئوری بازی |
| Habituation | خوگیری |
| Harem | حرم‌سرا |
| Home range | جولانگاه |
| Imprinting | نقش‌پذیری |
| Inclusive fittness | شایستگی کلی |

| | |
|---|---|
| Innate Behavior | رفتارهای غریزی |
| Instrumental Conditioning | شرطی شدن ابزاری |
| Instrumental Learning | آموختن ابزاری |
| Key Stimulus | محرک کلیدی |
| Kin selection | انتخاب خویشاوند |
| Kinesis | رفتار جنبشی |
| Learned Behaviors | رفتارهای آموختنی |
| Learning | یادگیری |
| Mate Choice | انتخاب جفت |
| Migration Behaviors | رفتارهای مهاجرتی |
| Modern Ethology | رفتارشناسی نوین |
| Monogamy | تک‌همسری |
| Natural Selection | انتخاب طبیعی |
| neuroethology | عصب‌رفتارشناسی |
| Operant conditioning | شرطی شدن عملی |
| Optimal foraging theory | تئوری جست‌وجوی بهینه‌ی غذا |
| Parental Imprinting | نقش‌پذیری مادری |
| Paternity Lawsuit | اطمینان از پدر بودن |
| Patterns of behavior | الگوی رفتاری |
| Pavlovian Conditioning | شرطی شدن پاولفی |
| Pheromone | فرومون |
| Polyandry | چند شوهری |
| Polygamy | چند همسری |
| Polygony | چند زنی |
| Problem Solving Behaviors | رفتارهای حل مسئله |
| Reflex Behavior | رفتار انعکاسی |

| | |
|---|---|
| Reproductive Strategies | راهبردهای زادآوری |
| Selfish Behavior | رفتار خودخواهانه |
| Sexual Imprinting | نقش‌پذیری جنسی |
| Sexual Selection | انتخاب جنسی |
| Sign Stimulus | محرک نشانه |
| Simple Behaviors | رفتارهای ساده |
| Simple Conditioning | شرطی شدن ساده |
| Skinner Box | جعبه‌ی اسکینر |
| Sociobiologist | زیست‌جامعه‌شناس |
| Sociobiology | زیست‌جامعه‌شناسی |
| Stereotyped Behavior | رفتار کلیشه‌ای |
| Supernormal stimulus | محرک خارق‌العاده |
| Survival value | ارزش ماندگاری |
| Taxis | رفتار گرایشی |
| Territoriality | قلمروداری |
| Territory | قلمرو |

# منابع


[1] Campbell N. et al., ***Biology***, 8th edition, Pearson Education Inc., 2008.

[2] Greenwood, T., et al., ***Senior Biology 2***, Biozone International Ltd., 2007.

[3] Raven, P., et al., ***Biology***, McGraw-Hill, 7th edition, 2005.

[4] Burkhardt, R. W., ***Patterns of behavior***, Lorenz, K., Tinbergen, N., The University of Chicago Press, 2005.

[5] Colin, A., Bekoff, M., ***Species of Mind***: ***The Philosophy of Cognitive ethology***, Massachusettes Institute of Technology, 1997.

[6] Lorenz, K., Kickert, R.W., ***The Foundations of Ethology***, Springer-Verlag, 2004.

[7] Bolhuis, J., Giraldeau, L., ***The Behavior of Animals: Mechanisms, Function and Evolution***, Blackwell Publishing Ltd., 2005.

[8] McFarland, D., ***Animal Behavior: Psychobiology, Ethology and Evolution,*** 3rd Edition, Pearson Education Limited, 1999.

[9] Alcock, J., ***Animal Behavior: An Evolutionary Approach***, 9th Edition, Sinauer Associates, Inc., 2001.

[10] Drickamer, L. C., ***Animal Behavior: Mechanisms, Ecology, Evolution***, 5th Edition, McGraw-Hill, 2002.

مجموعه‌ی منابع آموزشی برای مرحله‌ی اوّل المپیادهای علمی شامل بیش از ۴۰ عنوان کتاب درسی و کتاب تمرین و مسائل است که براساس برنامه‌های درسی المپیادهای داخلی کشور در رشته‌های ریاضی، کامپیوتر، فیزیک، نجوم، شیمی، زیست‌شناسی و ادبیات فارسی طراحی شده است. این مجموعه را جمعی از مؤلفان باتجربه که در تدریس کلاس‌های المپیاد سابقه‌ی ممتد دارند و استادانی که سرپرستی تیم‌های المپیاد جهانی را برعهده داشته‌اند تألیف و ویرایش کرده‌اند.

در طراحی و تألیف کتاب‌ها تلاش شده است تا آنجا که ممکن است تمام سرفصل‌های برنامه‌ی درسی المپیاد پوشش داده شود. بنابراین، این مجموعه می‌تواند به عنوان یک منبع درسی قابل اعتماد در کلیه‌ی مدارس کشور که دانش‌آموزان را برای رقابت در مسابقه‌های علمی آماده می‌کنند استفاده شود. از طرف دیگر روش نگارش کتاب‌ها و وجود مثال‌های حل شده‌ی فراوان این امکان را نیز فراهم می‌کند تا دانش‌آموزان علاقه‌مند در اقصی نقاط کشور بتوانند، حتی بدون نیاز به معلم، با مطالعه‌ی آنها خود را برای رقابت در المپیادهای علمی آماده کنند.

## کتاب‌های زیست‌شناسی این مجموعه:

- المپیادهای زیست‌شناسی ایران (۲ جلد)
  محمد کرمی‌نژاد رنجبر، بهرام خردمند، علیرضا مجد
- بوم شناسی
  محمد کرام‌الدینی
- تکامل(فرگشت)
  عرفان خسروی
- رفتارشناسی
  محمد کرام‌الدینی
- زیست‌شناسی جانوری
  علیرضا مجد، بهرام خردمند
- زیست‌شناسی گیاهی
  الهه علوی
- ژنتیک کلاسیک
  رضا شاه نظر نژاد خالصی

ISBN 978964318645-6
9 789643 186456
شابک ۶-۶۴۵-۳۱۸-۹۶۴-۹۷۸

انتشارات فاطمی
www.fatemi.ir