دانشکده منابع طبیعی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات

یادگیری زمان-مکان در فیل ماهی (*Huso huso*) جوان

از:

احسان ابراهیمی

استادان راهنما:

دکتر مسعود ستاری – دکتر محمد سعید حیدرنژاد

زمستان ۸۹

دانشکده منابع طبیعی
گروه شیلات/گرایش بوم شناسی آبزیان

یادگیری زمان-مکان در فیل ماهی (*Huso huso*) جوان

از:

احسان ابراهیمی

اساتید راهنما:

دکتر مسعود ستاری – دکتر محمد سعید حیدرنژاد

استاد مشاور :

دکتر علی بانی

زمستان ۸۹

تقدیم به :

روح پدرم ،

مادر فداکارم

و همسر مهربانم

من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

تشکر و قدردانی

اکنون که به لطف حضرت حق، توفیق انجام این پایان نامه نصیبم شده است، بر خود لازم می دانم از همه عزیزانی که به نوعی در انجام این پایان نامه مدیون آنها هستم تشکر و سپاسگزاری کنم.

از خانواده ام بالاخص مادرم که پیشرفت تحصیلی ام مدیون زحمات بی دریغ ایشان می باشد نیز بینهایت سپاسگذار می باشم.

در این میان از جناب آقای دکتر مسعود ستاری و دکتر محمدسعید حیدرنژاد در مقام اساتید راهنما و جناب آقای دکتر علی بانی در مقام استاد مشاور که به مثابه معلمی دلسوز در این مقطع تحصیلی، در تمام مراحل و بخش های مختلف پایان نامه از مساعدت های علمی و عملی این عزیزان بهره مند شدم، تشکر می نمایم. از اساتید بزرگوار، جناب آقای دکتر خوش خلق و دکتر ولی پور که زحمت داوری را تقبل فرمودند و از اساتید گرامی، جناب آقای دکتر ایمانپور، دکتر خانمحمدی، دکتر نوبریان و دکتر فلاحتکار که بنده را در طی انجام پایان نامه راهنمایی و مساعدت فرمودند، سپاسگزارم.

از همسرم، سرکار خانم مهندس پرناز کاشفی که در طول این مقطع همواره کمک ها و پیشنهاد های ایشان پشتوانه علمی و معنوی من برای پیشبرد هر چه بهتر کار در تمامی مراحل آن بوده نیز تشکر ویژه و قدردانی می نمایم.

از همکلاسی گرامی ام جناب آقای مهندس خلیل اسلاملو به خاطر همکاری و مساعدت فراوان به این جانب تشکر و قدردانی می نمایم. از کارمندان زحمتکش دانشکده منابع طبیعی صومعه سرا، بویژه آقایان مهندس محمد محمدی و فاضل خداپرست و آقای کریم پور جعفر به خاطر همکاری صمیمانه کمال تشکر را دارم.

و تشکر فراوان از آقای پروفسور استفان جی رینز (*Stephan G. Reebs*) که راهنمایی های ارزشمند ایشان کمک شایانی به افزایش کیفیت این کار نمود.

با آرزوی سلامتی و توفیق

زمستان ۱۳۸۹

فهرست مطالب **صفحه**

چکیده فارسی..... ح
چکیده انگلیسی..... خ

فصل اول- مقدمه و بررسی منابع ۱
۱- مقدمه ۲
۱-۱- علم رفتارشناسی ۲
۱-۱-۲- یادگیری ۴
۱-۱-۳- یادگیری زمان-مکان ۵
۱-۱-۳-۱-مکانیسم زمانی TPL..... ۷
۱-۱-۳-۲- مکانیسم مکانی TPL..... ۷
۱-۱-۴- فعالیت پیش بینی غذا (Food-anticipatory activity)..... ۸
۱-۲- زمان فعالیت ۹
۱-۳- خصوصیات اجتماعی..... ۱۰
۱-۴- ماهیان خاویاری ۱۱
۱-۵- فیل ماهی ۱۴
۱-۵-۱- مشخصات ریختی ۱۵
۱-۵-۲- زیست شناسی..... ۱۵
۱-۶- مرور منابع ۱۸
۱-۷- اهداف و فرضیات..... ۲۰

فصل دوم- مواد و روش ها ۲۱
۲- مواد و روش ها ۲۲
۲-۱- محل و زمان اجرای تحقیق ۲۲
۲-۲- تهیه ماهی ۲۲
۲-۳- شرایط نگهداری ۲۲
۲-۴- آزمون یادگیری زمان-مکان..... ۲۳
۲-۴-۱- آزمون گروهی ۲۳
۲-۴-۱-۱- طرح آزمایش..... ۲۵
۲-۴-۱-۲- آزمون..... ۲۵
۲-۴-۲- آزمون انفرادی..... ۲۷
۲-۴-۲-۱- طرح آزمایش..... ۲۸
۲-۴-۲-۱- آزمون..... ۲۸
۲-۴-۱- تجزیه و تحلیل..... ۲۸

فصل سوم- نتایج ۲۹
۳- نتایج ۳۰
۳-۱- آزمون توانایی یادگیری زمان-مکان به صورت گروهی ۳۰
۳-۱-۱- میزان تحرک ماهیان ۳۴
۳-۲- آزمون توانایی یادگیری زمان-مکان به صورت فردی ۳۶
۳-۲-۱- میزان تحرک ۳۹

فصل چهارم- بحث ۴۱
۴- بحث ۴۲
۴-۱- آزمون گروهی ۴۲
۴-۱-۱- یادگیری زمان-مکان ۴۲
۴-۱-۲-میزان تحرک ۴۵
۴-۲- آزمون انفرادی ۴۶
۴-۲-۱- یادگیری زمان-مکان ۴۶
۴-۲-۲- میزان تحرک ۴۸
۴-۳- نتیجه‌گیری و پیشنهاد ۵۰
۴-۴- مطالعات بیشتر ۵۲

منابع ۵۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: نتایج آزمون Freidman در مقایسه میانگین انتخاب های صحیح و غلط توسط فیل ماهیان در روزهای آزمایش (۱۵، ۲۲ و ۳۰) در مرحله گروهی آزمون یادگیری زمان-مکان.....۳۳

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۱-۱ : تعداد مقالات منتشر شده در زمینه یادگیری در ماهی. از سال ۱۹۹۰ به بعد انتشار مقالات با شدت بیشتری افزایش یافت..... ۳

نمودار ۳-۱: تعداد فیل ماهیان حاضر در بخش صحیح و غلط از هر تانک در ۳۰ دقیقه قبل از غذادهی و در ۳۰ دقیقه زمان غذادهی در روزهای آزمایش (۱۵، ۲۲ و ۳۰) در مرحله گروهی آزمون یادگیری زمان-مکان. ۳۱

نمودار ۳-۲- میانگین انتخاب های صحیح فیل ماهیان در روزهای آزمایش (۱۵، ۲۲ و ۳۰) در مرحله گروهی آزمون یادگیری زمان-مکان..... ۳۲

نمودار ۳-۳- میزان تحرک فیل ماهیان جوان در روزهای ۲۲ و ۳۰ مرحله گروهی آزمون یادگیری زمان-مکان..... ۳۵

نمودار ۳-۴- میانگین انتخاب های درست و نادرست فیل ماهیان جوان در روزهای آزمایش (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰) در آزمون یادگیری زمان و مکان غذادهی در مرحله آزمون انفرادی برای ماهیان DT در زمان غذادهی اول (mean ± SE, n = 4).....۳۷

نمودار۳-۵- میانگین انتخاب های درست و نادرست فیل ماهیان جوان در روزهای آزمایش (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰) در آزمون یادگیری زمان و مکان غذادهی در مرحله آزمون انفرادی برای ماهیان DT در زمان غذادهی دوم (mean ± SE, n = 4)..... .....۳۷

نمودار ۳-۶- میانگین انتخاب های درست و نادرست فیل ماهیان جوان در روزهای آزمایش (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰) در آزمون یادگیری زمان و مکان غذادهی در مرحله آزمون انفرادی برای ماهیان NT در زمان غذادهی اول (mean ± SE, n = 4). ۳۸

نمودار ۳-۷- میانگین انتخاب های درست و نادرست فیل ماهیان جوان در روزهای آزمایش (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰) در آزمون یادگیری زمان و مکان غذادهی در مرحله آزمون انفرادی برای ماهیان NT در زمان غذادهی دوم (mean ± SE, n= 4)..... ۳۸

نمودار ۳-۸- میزان تحرک فیل ماهیان جوان در روزهای ۲۰ و ۳۰ مرحله فردی آزمون یادگیری زمان-مکان. نقاط سیاه میانگین میزان تحرک ماهیان (mean ± SE)..... ۴۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱- فیل ماهی *Huso huso* ۱۴
شکل ۲-۱: نمایی از تانک مورد استفاده در آزمون توانایی یادگیری زمان-مکان در فیل ماهی جوان به صورت گروهی..... ۲۴
شکل ۲-۲: نمایی از کارت DVR و دوربین استفاده شده برای ضبط فیلم از حرکات ماهیان در آزمون یادگیری ماهیان به صورت گروهی و فردی..... ..... ۲۶
شکل۲-۳: نمایی از تانک مورد استفاده در آزمون توانایی یادگیری زمان-مکان در فیل ماهی جوان یه صورت انفرادی..... ..... ۲۷

چکیده

(عنوان) **یادگیری زمان-مکان در فیل ماهی (*Huso huso*) جوان**

(نام دانشجو) **احسان ابراهیمی**

مطالعه حاضر با هدف بررسی رفتار یادگیری زمان- مکان غذا و همچنین فعالیت پیش بینی تغذیه در فیل ماهیان (*Huso huso*) جوان انجام شد. این آزمایش در دو مرحله به صورت فردی و گروهی انجام گرفت. مرحله اول گروه های پنج تایی از فیل ماهیان در تانک های ۲۰۰۰ لیتری (۲۰۰×۲۰۰×۵۰سانتی متر) و مرحله دوم با ۸ عدد فیل ماهی در ۸ عدد تانک ۱۰۰۰ لیتری (۲۰۰×۱۰۰×۵۰) به صورت فردی، انجام شد. تانک های مورد استفاده در هر دو مرحله با استفاده از دیواره پلاستیکی، که دارای یک پنجره برای عبور ماهیان بود، به دو قسمت تقسیم شد. شرایط محیطی در طول دوره در حد مطلوب نگهداری شد. در هر مرحله ماهیان به دو گروه برای آزمایش در شب (NT) و روز(DT) تقسیم شدند. غذادهی به میزان یک درصد وزن بدن، دوبار در روز و به مدت ۳۰ روز انجام شد. غذادهی در نوبت اول در یک سمت تانک و در نوبت دوم در سمت مقابل، با استفاده از لوله غذادهی، انجام شد. زمان های غذادهی برای ماهیان DT، ۰۰:۱۰-۰۹:۳۰ و ۰۰:۱۸-۱۷:۳۰ و برای ماهیان NT، ۰۰:۲۲-۲۱:۳۰ و ۰۰:۰۶-۰۵:۳۰ بود. رفتار ماهیان در طول دوره توسط دوربین مشاهده و ضبط شد. در روزهای آزمون (مرحله گروهی: ۱۵، ۲۲ و ۳۰؛ مرحله فردی: ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰) غذادهی در ساعت مقرر انجام نشد و تعداد ماهیان در سمت صحیح غذادهی در زمان های غذادهی شمارش شد. همچنین میزان تحرک ماهیان نیز در روزهای اندازه گیری تحرک(مرحله گروهی: ۲۲ و ۳۰؛ مرحله فردی:۲۰ و ۳۰) مورد بررسی قرار گرفت. میزان تحرک در ماهیان DT و NT در مرحله گروهی نشان دهنده افزایش میزان تحرک آنها در ارتباط با زمان های غذادهی بود و در مرحله فردی این رابطه مشاهده نشد. در بررسی حضور ماهیان در محل صحیح و غلط غذادهی در زمان غذادهی در هر دو مرحله از آزمون اختلافی مشاهده نشد. . نتایج بررسی میزان تحرک نشان می دهد که فیل ماهیان در حالت گروهی قادر به پیش بینی دو زمان غذادهی در روز می باشند. همچنین نتایج نشان داد که هر دو گروه ماهیان DT و NT قادر به یادگیری دو زمان غذادهی در دو مکان متفاوت در روز نمی باشند و مشاهده شد که حذف اثرات اجتماعی (آزمون فردی) نیز تاثیری بر نتیجه فوق ندارد.

واژه‌های کلیدی: رفتار تغذیه ای، فعالیت پیش بینی غذا، یادگیری زمان-مکان، فیل ماهی

Abstract

(Title) Time-place learning in juvenile Great Sturgeon, *Huso huso*
(Author) Ehsan Ebrahimi

Aim of present study was to investigate time-place learning and food-anticipatory activity in juvenile Great Sturgeon, *Huso huso*. This study was performed in two stages: individual and group level. Groups of five fish in 2000 liter tanks (200x200x50cm) and eight individul fish in 1000 liter (200x100x50cm) tanks were used in first and second stages of this experiment, respectively. An opaque plastic, containing a window in one end, was used to devide the tanks to two equal sections. Environmental conditions were maintained in optimal level during the experiment. In both stages fish were devided into two groups for training in night (NT) and day (DT). Fish were fed twice a day, %1 of body weight in 30 consecutive days. Food was given through a feeding tube in one side of the tank in first feeding time and in opposite side in the second time. Feeding times were 09:30-10:00 and 17:30-18:00 for DT groups and 21:30-22:00 and 05:30-06:00 for NT groups. CCD cameras were used for monitoring fish movement. In test days (15, 22 & 30 for groups and 15, 20, 25 & 30 for individuals) fish were not fed in regular time and the number of fish in both sides of tanks were counted. Also the fish movement ratios were measured during test days (22 & 30 for groups and 20 & 30 for individuals). Locomotor avtivity were significantly varied according to mealtimes in group level but not in individual level. No signifinant different was observed in fish presence in the sides of tanks. Results showed that grouped Great Sturgeon can anticipate two daily feeding times. Also results of this study indicate that Great Sturgeons are not able to learn time and place of food delivery neither in group and nor in individual level.

Keywords: Feeding behavior, Food-anticipatory avtivity, Time-place learning, Great sturgeon (*Huso huso*).

فصل اول

مقدمه و مروری بر منابع

۱- مقدمه:

۱-۱- علم رفتارشناسی (Ethology)

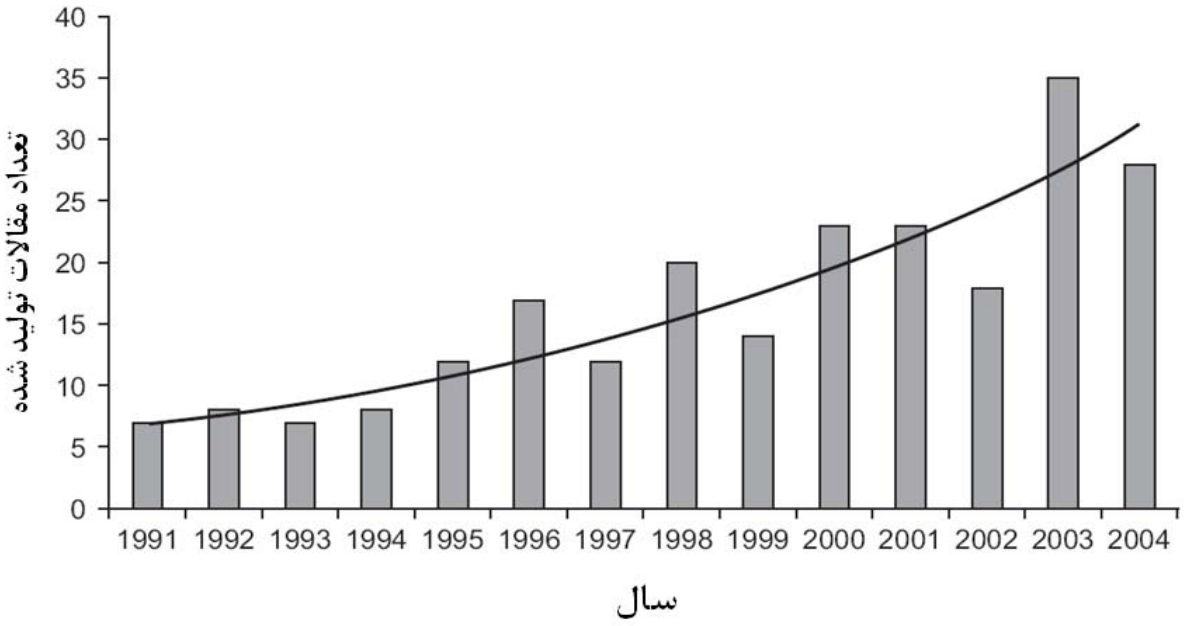
علم رفتارشناسی روش جدیدی برای درک توانایی های ذهنی حیوانات است. نظریه های این علم عمدتا شامل تئوری هایی از روانشناسی تطبیقی است که با دخالت اکولوژی رفتار و رفتار شناسی گسترده می شود. در گذشته تعاریف متفاوتی از علم رفتار شده است و برخی آن را محدود به عملکردهای پیشرفته روانی مانند آگاهی، استدلال و هوشیاری می دانستند و تعاریف عمومی دیگر نیز شامل ادراک، توجه و شکل گیری حافظه و عملکردهای اجرایی مانند یادگیری و حل مساله می شد. مطالعات در مورد ادراک حیوانات عمدتا بر روی پرندگان و پستانداران متمرکز شده بود. این یک جانبه گرایی در متون علمی بخشی از نتایج اتخاذ روش بود که روانشناسان شناختی طی آن به مقایسه پردازش های ذهنی انسان و گونه های نزدیک به آن پرداختند. این تصور غلط که یادگیری در تکامل رفتار خزندگان و ماهیان نقش کمی دارد و یا هیچ نقشی ندارد نیز باعث انحراف در تحقیقات رفتارشناسی شده بود (Brown *et al*., 2006).

همیشه ماهیان به عنوان موجوداتی با رفتار غریزی تلقی می شده اند که رفتار آنها عمدتا با استعداد های غیر ارادی کنترل می شود. متخصصین علم رفتار، رفتار ماهیها را به عنوان یک سری از الگو های ثابت رفتاری میدانستند که در مواجهه با علائم محیطی متناسب بروز می کند. این در حالی است که ماهیان قدیمی ترین شکل مهره داران هستند چون که بیش از ۵۰۰ میلیون سال پیش بر روی زمین بوده اند و تمام مهره داران دیگر از اجداد ماهی شکل مشتق شده اند. اشاره به این نکته مهم است که در طول این مدت ماهیان در پله های تکاملی ثابت نمانده اند بدین معنی که شکل و عملکرد آنها در طی سال ها ثابت باقی نمانده است وبطور وسیعی گسترش پیدا کرده اند. تعداد گونه های ماهیان (بیش از ۲۹۰۰۰ گونه شناخته شده) در تمام محیط های آبی قابل تصور از تعداد کل گونه های سایر مهره داران بیشتر است (Brown *et al*., 2006).

این دید که پیچیدگی های رفتاری و عصبی با یک رابطه خطی از ماهیان به سمت خزندگان، پرندگان و پستانداران افزایش پیدا می کند، مردود و غیر علمی است. نظریه نردبان طبیعی ارسطو (Aristotle) و دیدگاه بنیادگرایانه کریستین (Christian) که انسان اوج جهان طبیعت است، برای هزاران سال مفهوم هوش حیوانی را به‌کلی منسوخ ساخته بود. اگرچه نظریه تکاملی داروین نیز اساسا بر پایه پیشرفت تدریجی انعطاف پذیری رفتاری و پیچیدگی ادراک از سمت اشکال ابتدائی زندگی به سمت اشکال پیشرفته

است، ولی ناچارا باعث می شود تا انسان در اوج قرار گیرد. عدم پیشرفت در یافته های تکاملی حیوانات معمولا منعکس کننده انحراف انسان محورانه ما در بررسی سیر تکامل است که در آن انسان در اوج هرم تکامل قرار دارد و دیگر گونه ها با میزان شباهت به انسان ارزیابی می شوند. در حالیکه باید اذعان کرد که توانایی های ادراکی یک گونه، به جای نزدیکی فیلوژنی به بشر، تاریخچه انتخاب طبیعی از میان اجداد آن را بازگو می کند (Brown *et al*., 2006).

بیشترین برداشت غلط از عدم تکامل پلکانی در میان مهره داران در مورد ماهیان بوده است. اگرچه در طول چند دهه اخیر این اشتباه روند کاهشی را آغاز کرده است. امروزه روشن شده که ماهیان مانند سایر مهره داران رفتارهای پیچیده ای از خود نشان می دهند و یادگیری نقش محوری را در تکامل رفتاری ماهیها بازی می کند. این دید که ماهیان موجوداتی با مغزهای کوچک و ضعیف هستند بشدت در حال انحطاط است (Brown *et al*., 2006).



نمودار ۱-۱ : تعداد مقالات منتشر شده در زمینه یادگیری در ماهی. از سال ۱۹۹۰ به بعد انتشار مقالات با شدت بیشتری افزایش یافت.

در واقع ماهیان دارای حافظه بلند مدت قوی می باشند که با حافظه سایر مهره داران قابل مقایسه است (Brown 2001; Warburton 2003). ساختار عصبی آنها اجزای مشابه و همسان با اعصاب پستانداران داشته و قادر است تا حد زیادی با همان قدرت پردازش کند (Broglio *et al*., 2003). توانایی های شناختی آنها در بسیاری از زمینه ها با سایر پستانداران (بجز انسان) قابل مقایسه است (Laland & Hopitt 2003; Odling-Smee & Braithwaite 2002; Bshary *et al*., 2002).

ماهیان رفتارهای پیچیده واجتماعی کاملی دارند و در اعمالی مانند فریب و آشتی استراتژی های سیاستمدارانه ای را دنبال می کنند (Bshary *et al*., 2002; Brown & Laland 2003). آنها نه تنها یکدیگر را شناسایی می کنند، بلکه می توانند موقعیت اجتماعی دیگران را هم کنترل کنند (McGregor 1993; Griffiths 2003) و در موارد گوناگونی مانند تغذیه، جهت یابی، تولید مثل و اجتناب از شکارچی با یکدیگر همکاری می کنند (Huntingford *et al*., 1994; Fitzpatrick *et al*., 2006; Johnstone & Bshary 2004). واضح است که پیشرفت های اخیر در شناخت رفتار و انعطاف پذیری های رفتاری در ماهیان مطالعات بیشتری را مطالبه می کند. در دهه ۱۹۶۰ رشد سریعی در تعداد مقالات منتشر شده در زمینه یادگیری در ماهی به وجود آمد و از سال ۱۹۹۰ به بعد نیز این روند با شدت بیشتری ادامه یافت (نمودار۱-۱). در اوایل دهه ۱۹۹۰ James Kieffer و Patrick Colgan اولین مقاله مروری جامع درباره نقش یادگیری در تکامل رفتاری ماهی را منتشر کردند (Kieffer & Colgan 1992) که شامل ۷۰ مقاله بود و نسبت به مقاله مروری پیشین کامل تر بود (Thorpe 1963; Gleitman & Rozin 1971). مقاله مروری بعدی توسط Brown و همکاران (۲۰۰۳) منتشر شد (Brown *et al*., 2003).

۱-۱-۲- یادگیری

بررسی های انجام شده جهت رفع مشکلات مواجه با تغذیه حیوانات باعث شکل گیری تحقیقات قابل توجهی بر روی توانایی های زمانی و مکانی حیوانات شده است (Carr & Wilkie 1998). رفتار بسیاری از حیوانات طی زمان و مکان تغییر می کند (Carr & Wilkie 1997a) به طوریکه سیستم شناختی حیوانات قادر است که منابع غذایی قابل دسترس را پیش بینی و بصورت منظم برداشت و استفاده کند.

حیوانات برای تنظیم فعالیت های روزانه خود و اینکه چه موقع در چه مکانی باشند، نیاز به برقراری ارتباطات زمانی با محیط اطراف خود دارند. اکثر حیوانات ساعت شبانه روزی ذاتی (Circadian) یا درونی دارند که با دوره های ۲۴ ساعته فعالیت می کند. بسیاری از جنبه های زمانی رفتار حیوانات مانند خواب و بیدای ، زمان تغذیه و فعالیت های تولید مثلی بوسیله چنین ساعتی کنترل می شود. برخی از این جنبه های رفتاری در روز یکبار اتفاق می افتند و بنابراین لازم است ساعت فوق سیگنالی را ارسال کند. در برخی موارد ساعت درونی باید برای تنظیم فعالیت های حیوان به طور مداوم سیگنال بفرستد. یکی از این موارد یادگیری زمان مکان(Time-Place Learning) است (Reebs 1996). ماهیان نیز دارای سا عت درونی هستند که به نظر می رسد بخش مهمی از مکانیسم یادگیری زمان-مکان را شامل می شود (Kavaliers 1978, 1980 & 1981). در برخی موارد در

غیاب برخی علائم خارجی مانند نور خورشید، دما و یا حتی تراکم نور، حیوان باید به طور مداوم برای تشخیص ساعت زیستی از ساعت درونی خود کمک بگیرد (Reebs 1996).

برخی از مهره داران و بی مهرگان می توانند زمانی را که در آن یک اتفاق مهم زیستی رخ می دهد به صورت رمز (کد) در آورند. چنین کنترلی بر روی اطلاعات زمانی، به آنها اجازه می دهد تا با ساختار زمانی محیط اطرافشان به وسیله تخمین زمان و طول مدت منظم یک رخداد سازگار شوند (Gallistel 1990). چنین توانایی تاکنون در حشرات اجتماعی اثبات شده است (Von Frisch 1965; Fourcassié *et al*., 1999). برخی جنس ها همچنین می توانند تا بصورت فردی اطلاعات زمانی و مکانی را در فرآیندهای پیچیده تر زمان-مکان تنظیم کنند. تا بحال نشان داده شده است که پستانداران، ماهیان و پرندگان می توانند یاد بگیرند که به طور خاصی در کی کجا غذا را جستجو کنند (Rijnsdorp *et al*., 1981; Terborgh 1983; Biebach *et al*., 1989; Reebs 1996; Wilkie *et al*., 1996).

۱-۱-۳- یادگیری زمان-مکان (Time-place learning)

غذا مهمترین احتیاج تمام حیوانات است و بنابراین زمان و انرژی قابل توجهی برای جستجو و دستیابی به غذا صرف می شود و احتمالا افزایش بهره وری تغذیه چالش مهم همیشگی برای زندگی روزمره حیوانات است. بررسی هایی که تاکنون انجام شده، نشان می دهد که فرآیندهای شناختی یادگیری ممکن است نقش مهمی در رفتار تغذیه ای حیوانات (Shettleworth 2001) مخصوصا ماهیان (Kieffer & Colgan 1992) ایفا کند. در واقع پارامترهای غذایی ممکن است به صورت روزانه، فصلی و یا مکانی تغییر کنند، و به نظر می رسد که احتمالا توانایی های یادگیری در انعطاف پذیری رفتارتغذیه ای نقش مهمی را ایفا می کند (Dill 1983).

برای برخی از ماهیان ممکن است دسترسی به غذا در طول روز از نظر مکانی و زمانی متغیر باشد. ممکن است طعمه ای در صبح در یک مکان و در بعدازظهر در مکان دیگری در دسترس باشد. اگر این الگو در طی چند روز ثابت باشد، یک تغذیه کننده خوب یاد می گیرد که در زمان مناسب غذای خود را بیابد. این نوع رفتار تغذیه ای را یادگیری زمان-مکان می گویند (Reebs 1993; Thorpe & Wilkie 2006).

توانایی ایجاد ارتباط میان تغییرات زمانی-مکانی محرک های مهم زیستی، به عنوان یادگیری زمان-مکان[1] (TPL) شناخته می شود(Reebs 1999). گفته می شود که یادگیری زمان-مکان وقتی حاصل می شود که حیوان یک منبع غذایی را در یک مکان

[1] Time-Place Learning

خاص دریک زمان خاص از روز مشاهده کرده ومجددا در زمان دیگری از همان روز آن منبع را در مکانی دیگر شناسایی میکند. تکرار این روند باعث میشود تا این پدیده قابل اعتماد شود و ارزش لازم برای همزمان سازی را داشت باشد و نهایتا حیوان اطلاعات به دست آمده از تجربیاتش را با هم منطبق کرده و یادگیری حاصل می شود (Wilkie 2005).

این توانایی احتمالا با اجازه دادن به حیوان برای اینکه بتواند موثرترین برنامه ریزی را برای دسترسی به محرکی مانند غذا یا جفت یا اجتناب از شکارچی انجام دهد، فوائدی را به حیوان اعطاء می کند. برخی محققین پیشنهاد داده اند که اطلاعات TPL آنقدر برای یک حیوان مهم هستند که پایه چگونگی ثبت رخداد های حافظه را تشکیل می دهند. برای مثال Gallistel (1990) بیان کرد که هر گاه یک رخداد مهم زیستی اتفاق می افتد، یک کد حافظه سه بخشی که شامل اطلاعات زمان، مکان و طبیعت آن رخداد است، ساخته می شود و زمانیکه بعدا حیوان با آن احتیاج زیستی برخورد می کند، به کمک کدهای حافظه تعیین می کند که کی و کجا با این نیاز در گذشته مواجه شده است.

بر این اساس TPL ممکن است نقش مهمی در بقاء ماهی داشته باشند، زیرا با ارتقاء توانایی ماهی و مکان یابی و جستجوی محل های غذا فقط وقتی که غذا در دسترس است، باعث افزایش بهره وری تغذیه می شود. برای نمونه ماهی، ممکن است در زمان جستجوی غذا انرژی را ذخیره کند، زیرا وقتی ماهی هم به غذای فراوان و هم به زمان کافی برای تغذیه دسترسی دارد، هیچ نیازی برای همزمان سازی زمان تغذیه و زمان ورود غذا وجود ندارد، ولی وقتی دسترسی به غذا و زمان تغذیه محدود باشد، همزمان سازی فعالیت تغذیه می تواند موجب افزایش شانس تغذیه حیوان شود (Volpato & Trajano 2005).

بنظر می رسد که توانایی یادگیری یکی از مهمترین جنبه های رفتار تغذیه حیوانات باشد (Kamil *et al*., 1987; Croy & Hghes 1991). وقتی که یک منبع غذا از نظر زمانی قابل پیش بینی باشد، یادگیری فوائد زیادی را به همراه دارد بطوریکه حیوان می تواند تغذیه را به آن زمان از روز که غذا در دسترس است، اختصاص دهد و زمان بین آن را استراحت کرده و یا از خطر صیادان مخفی شوند (Daan 1981). رفتار تغذیه اختصاص یافته همچنین فعالیت های فیزیولوژیک را با متابولیسم همزمان خواهد کرد که منتج به حداکثر بهره وری غذا خواهد شد (Fuller 1971).

تا اوایل دهه ۹۰ میلادی شواهد منتشر شده از TPL از مقالات Wahl (1932) و Gould (1987) بر روی زنبور عسل و Biebach (1989) بر روی پرنده سینه سرخ بود. تشخیص زمان-مکان در چندین جنس پرنده و حشره و بندرت در ماهی و موش نشان داده شده است (Moor *et al*., 1989; Schatz *et al*., 1994 & 1999; Biebach *et al*., 1989; Falk *et al*., 1992; Widman *et al*., 2000 & 2004; Thorpe & Wilkie 2005). چندین مطالعه برای نشان دادن TPL در موش شکل گرفته ولی مطالعات کمی بر روی ماهیان متمرکز شده است. بنابراین، برای فهمیدن این پدیده در این شاخه جانوری،

اطلاعات بیشتری مورد نیاز است. تا کنون این توانایی در خانواده کپورماهیان (Reebs 1996) و galaxidae (Reebs 1999)، سیچلیده (Delicio & Barreto 2006; Gomez-Laplaza & Morgan 2005; Barreto *et al*., 2006) و سالمونیده (Heydarnejad & Purser 2008; Heydarnejad 2008) گزارش شده است. اگرچه در آزمایش بر روی گونه هایی از خانواده سیچلیده مشاهده نشد (Reebs 1993; Delicio *et al*., 2006).

۱-۱-۳-۱- مکانیسم زمانی TPL

TPL ازطریق دو مکانیسم زمانی کنترل می شود:

۱- TPL شبانه روزی (Circadian): در این روش که بصورت غیر ارادی اتفاق می افتد، موجودات زنده با استفاده از مکانیزم زمانی شبانه روزی قادر به پیش بینی وقایع در ساعت معین نسبت به سیکل روشنایی – تاریکی اند. برای مثال Biebach و همکاران (1989)، موفق به آموزش پرنده سینه سرخ شدند تا در ساعات مشخصی از روز به اتاقک های مورد نظر برای دریافت غذا مراجعه کند. همچنین این توانایی در زنبور عسل (Wahl 1932)، مورچه (Schatz *et al*., 1994 & 1999) ، کبوتر (Saksida & Wilkie 1994) ، ماهی (Reebs 1999) و موش (Widman *et al*., 2000; Thorpe *et al*., 2003) شناسایی شده است.

۲- TPL فاصله ای یا ساعت شنی (Hourglass): در این نوع از یادگیری زمان-مکان، حیوان بین زمان حادث شدن اتفاقات مختلف ارتباط برقرار می کند و با ثبت اطلاعات مربوط به زمان یک رخداد و طول مدت سپری شده تا رخداد بعدی، فعالیت خود را تنظیم می کند. در این روش، تنها زمانی موجودات زنده قادر به پیش بینی هستند که برخی از وقایع یکی پس از دیگری در فواصل معین ادامه یابند. این نوع از یادگیری برای اولین بار توسط Wilkie و Willson (1992) در کبوتر آموزش دیده مشاهده شد و در مطالعات بعدی در موش نیز مشاهده شد (Carr & Wilkie 1998; Thrpe *et al*., 2002).

۱-۱-۳-۲- مکانیسم مکانی TPL

حیوانات برای دستیابی به بسیاری از احتیاجات حیاتی خود نیاز دارند تا مسیرها و موقعیت های مکانی را بخاطر بسپارند. ماهی ها دارای جهت گیری ها و جهت یابی های قابل توجهی در مهاجرت هستند (Dodson 1988; Quinn & Brannon 1980). بعلاوه آنها زیستگاه خود را با توجه به موقعیت خورشید، تغییر می دهند تا بتوانند به غذا دسترسی پیدا کنند (Reebs 1993 &

1996). یادگیری مکانی در آزمایشگاه بر روی ماهیان بررسی شده است. مطالعه ای بر روی ماهی طلایی نشان داد که این ماهی قادر است مکان تجمع غذا را در مسیرهای پیچ در پیچ (Maze) با استفاده از علامت‌های رنگی یادبگیرد (Zerbolio & Wiokstra 1980). طبق تئوری "نقشه مکانی" (O'Keefe & Nadel 1978) مکانیسم یادگیری مکانی را بیان می کند که طی آن حیوانات نقشه‌ای از محیط اطراف خود رسم کرده تا مکان نسبی مکان‌ها را بیابند.

۱-۱-۴- فعالیت پیش بینی غذا (Food-anticipatory activity)

چون در بررسی یادگیری زمان – مکان، غذا بشکل متناوب در یک سیکل تغذیه ای ارائه می شود، پس از چند روز از عرضه غذا، ماهیان نوعی فعالیت حرکتی از خود نشان می دهند (مثلا" سرعت حرکت شناگری خود را افزایش می دهند). این پدیده را رفتار پیش تغذیه ای یا فعالیت چشم داشت به غذا (FAA[1]) می گویند (Sanchez-Vazquez & Madrid 2001). این پدیده در بسیاری از ماهیان از جمله ماهی قزل آلای رنگین کمان *Oncorhynchus mykiss* (Boujared *et al*., 1993; Bolliet *et al*., 2001; Chen & Tabata 2002; Heydarnejad 2008 & 2011)، آزاد ماهی آلپ، *Salvelinus alpines* (Brannas *et al*., 2005)، ماهی براق طلایی (Reebs & Lague 2000; Lague & Reebs 2000) و کفشک پشت سبز، *Rhombosolea tapirina* (Chen & Purser 2000; Purser & Chen 2000) نشان داده شده است. ظهور و پیدایش FAA تدریجی بوده و طی مراحل بی غذایی و یا شرایط نوری ثابت و حتی چرخه روشنایی – تاریکی (LD[2]) حفظ می شود (Gee *et al*., 1994; Sanchez-Vazquez *et al*., 1997).

به علاوه، پیش گویی زمان تغذیه به حیوان این امکان را میدهد که اولین نفر در گرفتن غذا باشد که این امتیاز هم در طبیعت و هم در اسارت مورد استفاده است (Reebs & Gallant 1997). FAA همچنین می تواند برای ماهی هزینه بر باشد، زیرا دیگر افراد با افزایش فعالیت آن ماهی به سمت منبع غذایی جذب می‌شوند (Grier & Burk 1992). نمونه ای از فعالیت پیش بینی در موش دیده شده است که شامل فشار دادن اهرمی از دستگاه غذاده خودکار یکساعت قبل از زمان معمول غذادهی بود (Mistlberger 1994) و همچنین در زنبور عسل شامل پرواز به سمت ظرف حاوی محلول شکر، که قبلا آموزش دیده است، می شود (Wahl 1932). در ماهیان بر روی فعالیت پیش بینی تغذیه کمتر مطالعه شده است و از فعالیت حرکتی(Locomotor Activity) به عنوان متغیری از فعالیت تغذیه استفاده می شود (Kieffer & Colgan 1992). همچنین FAA عمدتا به

[1] Food-anticipatory activity
[2] Light-dark