

روش‌شناسی مطالعات فیلوژنی صوتی و مولکولی در پرندگان آوازخوان مطالعه موردی: خانواده مگس‌گیرها Muscicapidae

- **زهره نصیری:** گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، صندوق پستی: 356-46414
- **سید محمود قاسمپوری*:** گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، صندوق پستی: 356-46414
- **منصور علی‌آبادیان:** گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، صندوق پستی: 91775-1111

تاریخ دریافت: شهریور 1395 تاریخ پذیرش: آذر 1395

چکیده

پرندگان از جمله مهره‌دارانی می‌باشند که از اصوات متنوع برخوردارند و این ویژگی به خاطر وجود اندام تخصصی تولید صدا یا همان جعبه صوت (syrinx) می‌باشد. خانواده مگس‌گیرها (Muscicapidae) گروهی از پرندگان آوازخوان و خانواده‌ای از راسته گنجشک‌سانان می‌باشند که در زیستگاه‌های متنوعی دیده می‌شوند و قادر به یادگیری و تقلید صدا هستند. همچنین این خانواده در رده‌بندی در سطح جنس و گونه براساس مطالعات مولکولی از ابهامات بسیاری برخوردار می‌باشد که انجام مطالعات اصوات این گروه و ترسیم فیلوژنی صوتی و مقایسه آن با فیلوژنی مولکولی احتمالاً می‌تواند به بعضی از این مسائل پاسخ دهد. در این راستا آوازهای مربوط به تعدادی از گونه‌های جنس‌های مختلف این خانواده مورد تجزیه و تحلیل توسط نرم‌افزار Raven Pro version 1.5 قرار گرفت و هفت ویژگی آوایی کدگذاری گردید و در نهایت فیلوژنی صوتی با دو الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه (NJ) و روش جفت گروه بدون وزن با میانگین حسابی (UPGMA) توسط نرم‌افزارهای Phylip 3.60 و PAUP 4.0 ترسیم شد. نتایج حاکی از عدم انطباق نسبی بین درخت حاصل از فیلوژنی صوتی با آخرین فیلوژنی پذیرفته شده مولکولی این خانواده بود. موارد عدم انطباق می‌تواند به‌میزان یادگیری و تقلید صدا در این خانواده مربوط باشد. در مجموع درخت فیلوژنی ترسیم شده به‌روش NJ با 62 درصد انطباق در مقابل درخت فیلوژنی به‌روش UPGMA با 45 درصد انطباق با درخت مولکولی، از ارزش تاکسونومیکی بالاتری در فیلوژنی صوتی برخوردار می‌باشد.

کلمات کلیدی: اصوات، Muscicapidae، فیلوژنی صوتی، فیلوژنی مولکولی

مقدمه

پرندگان، در برخی از گونه‌ها حتی قابلیت بهتری نسبت به ریخت‌شناسی برای شناسایی دارا هستند (Gill، 2007). اندام ویژه تولید صدا یا همان سرینکس (Brackenbury، 1989) در پرندگان آوازخوان که گروه خاصی از راسته گنجشک‌سانان می‌باشند را به‌خاطر وجود ماهیچه‌های Syringeal متعدد و پیچیده از سایرین مجزا کرده است و به‌همین علت است که به این گروه از پرندگان آواز خوان، آوازخوان‌های حقیقی گفته می‌شود (Catchingpole و همکاران، 2008). پرندگان آوازخوان این توانایی را دارند که صداهای اطراف خود را بیاموزند و تقلید نمایند (Marler، 1990؛ Kroodsma و Baylis، 1982). خانواده Muscicapidae یا همان Chats and flycatchers از پرندگان آوازخوانی محسوب می‌شوند که متنوع‌ترین تاکسون را دارا هستند. ارزیابی‌های متفاوتی در مورد طبقه‌بندی فیلوژنی جنس‌های

پرندگان بیشترین توانایی تولید صدا را در میان مهره‌داران دارا هستند و مجموعه اصوات آن‌ها در میان شاخه جانوران از غنا و تنوع بسیاری برخوردار است. اصوات در پرندگان می‌تواند به دو دسته اصلی آواز (Song) و ندا (Call) تقسیم شود (Catchingpole و همکاران، 2008). اغلب نداها نسبت به آوازها دارای نت‌های ساده‌تری می‌باشند. یک آواز از بخش‌هایی مانند هجا (syllable)، عبارت (phrase) و نت (note) تشکیل شده است (Baker، 2001؛ Spector، 1994). تنوع در آوازها بسته به اندازه بدن و مورفولوژی منقار متفاوت است و این ویژگی‌ها قادرند سیگنال‌های صوتی را در پرندگان تکامل ببخشند. به‌عنوان مثال در پرندگان با جثه و منقار بزرگ، آوازها با نرخ پایین از تکرار هجا و فرکانس، تکامل پیدا کرده است (Podols، 2001). اصوات



این سوال که آیا فیلوژنی صوتی مطابق با فیلوژنی مولکولی می‌باشد یا خیر؟ و آیا ممکن است این روش به برخی از ابهامات تاکسونومیک در این خانواده پیچیده پاسخ بدهد؟

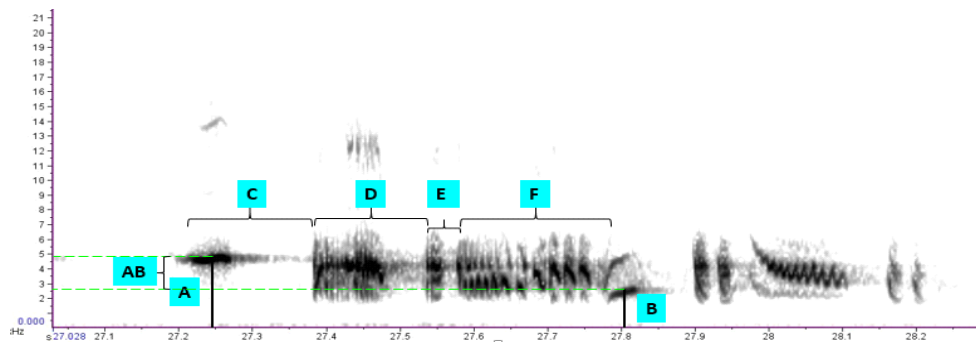
مواد و روش‌ها

برای ترسیم فیلوژنی صوتی، اولین مرحله انتخاب گونه‌ها به‌طور یکنواخت از روی درخت فیلوژنی مولکولی ترسیم شده خانواده Muscicapidae بود (Sangster و همکاران، 2010). آواز مربوط به دم سرخ‌ها از ارتفاعات البرز مرکزی شمالی حد فاصل کجور (حوضه نوشهر) تا کدیر (غرب حوضه شهرستان نور) ضبط شد. اصوات سایر گونه‌های این خانواده، از منابع چهار جلدی لوح فشرده صدای پرندگان اروپا Jean-Claude Roche و پایگاه‌های آنلاین دریافت گردید. در مجموع آواز مربوط به حدود 40 گونه مورد استفاده قرار گرفت. برای ترسیم اسپکتوگرام‌های اصوات براساس فرکانس در محور زمان، اصوات در نرم‌افزار Format Factory version 3.3.3 به‌صورت WAV درآمده تا وارد محیط نرم‌افزاری Raven Pro version 1.5 محصول بخش پرند شناسی دانشگاه کورنل گردد. به‌کمک عوامل زمان، بسامد و قدرت اصوات که در نمودار شماتیک‌plus minus نرم‌افزار به‌دست آمده بود اغتشاشات محیطی و اصوات ناخواسته سایر پرندگان از متن اصلی صوت پرنده هدف تفکیک شد. سپس سطح روشنایی و کنتراست اسپکتوگرام‌های به‌دست آمده از نمودارهای مذکور تنظیم گردید و تصاویر هر کدام برای اندازه‌گیری زمان به‌طور جداگانه ذخیره شد. در این مرحله ویژگی‌های صوتی اسپکتوگرام‌های مربوط به هر گونه از جنس‌های مورد مطالعه، توسط نرم‌افزار Microstructure Measurement پس از کالیبره شدن بر روی محور زمان اندازه‌گیری شد تا هر یک از پارامترهای مورد توجه در صوت پرنده با دقت صدم ثانیه به‌دست آید (شکل 1). در مرحله بعد، برای ترسیم درخت فیلوژنی براساس داده‌های صوتی توسط نرم افزار PAUP 4.0، داده‌های زیست‌سنجی مربوط به هفت ویژگی صوتی به کدهای باینری یعنی 0-1 تبدیل شد. تبدیل اندازه‌ها به کدهای عددی با نرم‌افزار Phylip 3.60 انجام شد (شکل 2) (Felsenstein، 1989). خروجی نرم‌افزار Phylip 3.60 برای ورود به نرم‌افزار PAUP 4.0، به فرمت نکسوس تبدیل شد (Swofford، 1996). در نهایت درخت فیلوژنی صوتی در دو الگوریتم مختلف یعنی فاصله اقلیدوسی UPGMA و روش نزدیک‌ترین همسایه NJ ترسیم گردید.

موجود در خانواده Muscicapidae براساس مطالعات مولکولی بر پایه ژن‌های میتوکندریایی و ریخت شناسی در آن‌ها صورت گرفته است. در بعضی از رده‌بندی‌ها این خانواده از 48 جنس و 275 گونه (Clements و همکاران، 2016؛ Dickinson، 2003) در بعضی دیگر 18 جنس و 116 گونه (del Hoyo و همکاران، 2006) و در جدیدترین طبقه‌بندی از 57 جنس و 303 گونه تشکیل شده است (Dickinson، 2014). اعضای این خانواده در زیستگاه‌های متنوعی از جنگل‌های بارانی، بیابان‌ها، کوه‌ها و تندراهای قطبی یافت می‌شوند (Cramp، 1988). فاکتورهای اکولوژیکی و شرایط زیستگاه‌ها یکی از فاکتورهایی است که می‌تواند نقش مهمی در شکل‌گیری آواهای گونه‌ها داشته باشد هر چند که گونه‌ها از نظر فیلوژنی ارتباط نزدیکی بایکدیگر داشته باشند (Hunter و Krebs، 1979؛ Nottebohm، 1975).

از آنجایی که آواها شاخص‌هایی حساس از گونه‌زایی و اگرایی جمعیتی هستند، به‌طور معمول می‌توانند در رده‌بندی جدید در سطح گونه (Alstrom و همکاران، 2007؛ Athreya، 2006؛ Cuervo و همکاران، 2005) کشف گونه‌های جدید از دل گونه‌های پنهان (Marten و Eck، 1991)، ارزیابی رده‌بندی تاکسونومیک در سطح آرایه‌ها (Roselaar، 1994) و استنباط روابط خویشاوندی (Miller، 1996)، مورد استفاده قرار گیرند. آواها به‌خصوص آواهای ساده در گونه‌هایی که قابلیت یادگیری اصوات را ندارند، حاوی اطلاعات فیلوژنتیکی می‌باشند (McCracken و همکاران، 1997) همچنین مطالعه اصوات در مورد گونه‌هایی که توانایی یادگیری دارند می‌تواند مفید واقع شود (Raposo و Hofling، 2003). معمولاً مطالعاتی که در مورد اصوات صورت گرفته است در زمینه نداها بوده است. نتایج James و همکاران (1986) نشان داده که استفاده از نداها در مرغ طوفان می‌تواند تاکسون‌های مرغ طوفان را به‌صورت معنی‌دار از بقیه جدا کند تا در مطالعات سیستماتیک به‌کار گرفته شود. Iddi (2008) به بررسی فیلوژنی خانواده Nectarinidae براساس آواها نموده که نتایج نشان‌دهنده تبعیت Flowerpeckers از طبقه‌بندی قدیمی و عدم جداسازی Sunbirds از Spiderhunters، اما همین تحقیقات موقعیت کلاذ منشا در Sunbirds را مطابق با تحقیقات مولکولی یافت. با وجود این، تاکنون مطالعات کمی در مورد استفاده از آواها برای مطالعات فیلوژنی صورت گرفته است.

هدف از انجام این مطالعه ترسیم فیلوژنی صوتی برای خانواده Muscicapidae براساس آواز این پرندگان می‌باشد و بررسی کارایی این نوع فیلوژنی برای این خانواده پیچیده و پاسخ به



شکل 1: ویژگی‌های هفت گانه اصوات در یکی از اعضای خانواده Muscicapidae

```
#NEXUS

begin data;
    dimensions ntax=40 nchar=38;
    format datatype=standard missing=?;
matrix

1      1111111111111111011111111111111111111111
2      11111100011111000111110110011001110011111
3      11111000011111100110001111111111111111110
4      1111000001111111111001111111111111111111
5      1111110011111100111101111111111111111111
6      1111100011110001110111111111111111111100
7      1111110011111001110111111111111111111111
8      1111111011111111111111111111111111111111
9      1111110011111001110111111111111111111111
10     1111110011111001110111111111111111111111
11     11100000111111001000011111111111111111111
12     1100000011111111100001111111111111111111
13     100000000111000000001101111111111110110
14     1111000011110001110011111111111111111100
15     1100000011000001110010001000111111111111
16     111100011111111111111101111111111111111
17     100000001000011111111111111111111111111
18     1100000111000011100111011101111011101100
19     111111101111110111110111011001100111001100
20     1100000111000011000111111111111111111111
21     1000000011100111001111111111111111111111
22     11100001100001111100000000000001000001
23     11111000111110011110011111111111111111111
24     00000000000000001110111111111111111111111
25     1110000111001111001111111111111111111111
26     1111110011111001111101000111011111011111
27     11111000111000011101111101111111111111111
28     11110000111100011100111011111111111111111
29     11110000111111111111111111111111111111111
30     11110000111100110001111111111111111111111
31     11110000111000011101111111111111111111111
32     11100001111000110001110111011111111111111
33     11111001111111111111111111111111111111111
34     110000001111110010000111011111111111101111
35     11111111111101111111111110001110111011111
36     11111100111110011101111111111111111111110
37     1111000011111111111111111001111111110000
38     1111100011111101000111111111111111111111
39     11111111111111011111111111111111111111111
40     11111100111110001111111111111111111111111

;
end;
```

شکل 2: ورودی داده‌های باینری مستخرج از نرم افزار Phylip 3.60 برای ترسیم درخت تبارشناسی با PAUP 4.0

جدول 1: ویژگی‌های اندازه‌گیری شده از اسپکتروگرام‌های حاصل از Raven Pro 1.5

F	E	D	C	AB	B	A	Sicencific Name
0/00	0/00	0/00	0/54	0/41	1/92	2/33	<i>Alethedia demata</i>
0/00	1/81	0/69	0/85	0/97	4/48	5/45	<i>Alethepotio cephal</i>
0/52	0/21	0/27	0/32	3/00	2/92	5/92	<i>Brachypteryx Montana</i>
0/07	0/28	0/25	0/27	3/85	1/88	5/73	<i>Campicoloides bifasciatus</i>
0/00	0/00	0/44	0/44	1/35	2/91	4/26	<i>Catharus fuscater</i>
1/71	0/33	0/32	0/35	0/63	3/93	4/56	<i>Cercomela familiaris</i>
0/05	0/06	0/10	0/15	1/09	3/03	4/13	<i>Cercotrichas alactotes</i>
3/64	2/06	0/28	0/92	1/40	1/35	2/70	<i>Copsychus luzoniensis</i>
0/29	0/20	0/26	0/27	1/45	2/54	3/99	<i>Cossypha heuglini</i>
0/44	0/24	0/29	0/26	0/68	3/91	4/59	<i>Cyanoptilacya nomelaena</i>
0/41	0/40	0/18	0/31	3/99	3/22	7/21	<i>Cyornis polioptila</i>
1/88	1/14	0/26	0/28	1/65	5/37	7/02	<i>Enicurus ruficapillus</i>
1/25	0/51	0/58	0/58	4/48	4/39	8/84	<i>Erithacus rubacula</i>
2/20	0/37	0/39	0/35	1/85	3/91	5/76	<i>Eumyias indigo</i>
0/17	0/25	2/51	3/49	2/04	6/01	8/06	<i>Ficedula hyperythra</i>
0/00	0/26	0/05	0/56	0/80	4/46	5/26	<i>Ficedula strophia</i>
3/18	2/90	2/69	2/48	1/02	8/00	9/02	<i>Fraseria cinerascens</i>
1/57	0/97	0/51	0/56	1/88	5/18	7/07	<i>Fraseria ocreata</i>



1/25	1/54	2/19	1/63	1/17	2/23	3/40	<i>Heinrichia calligyna</i>
0/18	0/14	0/21	0/24	2/76	5/16	7/93	<i>Hodgsonius phaenicuriodes</i>
0/95	0/68	1/01	1/43	5/99	2/32	8/31	<i>Luscinia luscinia</i>
3/55	4/55	4/71	3/81	1/26	5/72	6/98	<i>Melaenornis microrhynchus</i>
0/14	0/15	0/15	0/18	2/13	2/81	4/88	<i>Monticola solitaries</i>
0/12	0/08	0/07	0/06	0/67	8/83	9/51	<i>Muscicapa sibirica</i>
0/18	0/23	0/20	0/41	1/79	3/89	5/68	<i>Myiomela leucura</i>
0/08	1/49	1/46	3/01	1/11	2/98	4/09	<i>Myrmecocichla aethiops</i>
0/00	0/00	0/00	0/64	0/00	4/50	4/50	<i>Neocossyphus poensis</i>
0/32	0/11	0/27	0/71	1/63	4/18	5/81	<i>Niltava vivida</i>
0/21	0/08	0/13	0/15	2/41	3/28	5/69	<i>Oenanthe oenanthe</i>
0/21	0/17	0/14	0/18	2/78	3/59	6/38	<i>Oenanthe pleschanka</i>
0/26	0/27	0/29	0/14	1/28	4/84	6/12	<i>Phoenicurus ochruros</i>
0/49	0/26	0/75	0/96	3/09	3/58	6/67	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>
0/18	0/24	0/46	0/32	0/58	3/17	3/75	<i>Pogonocichla stellate</i>
0/32	0/53	0/30	0/86	4/34	3/47	7/81	<i>Rhinomyias olivaceus</i>
0/00	0/72	1/21	2/52	0/27	1/74	2/01	<i>Stizorhina finschi</i>
0/54	0/24	0/27	0/21	0/83	3/41	4/24	<i>Stiphornis erythrothorax</i>
5/00	0/64	0/64	1/64	2/93	2/83	5/76	<i>Saxicola caprata</i>
0/35	0/33	1/24	0/31	2/77	2/27	5/05	<i>Turdus merula</i>
0/09	0/04	0/04	0/08	0/23	1/72	1/95	<i>Sheppardia aequatorialis</i>
0/00	0/63	0/38	0/81	0/26	3/93	4/19	<i>Swynnertonis wynnertoni</i>

نتایج

0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	1/35	1/95	حداقل
5/00	4/55	4/71	3/81	5/99	8/83	9/51	حداکثر

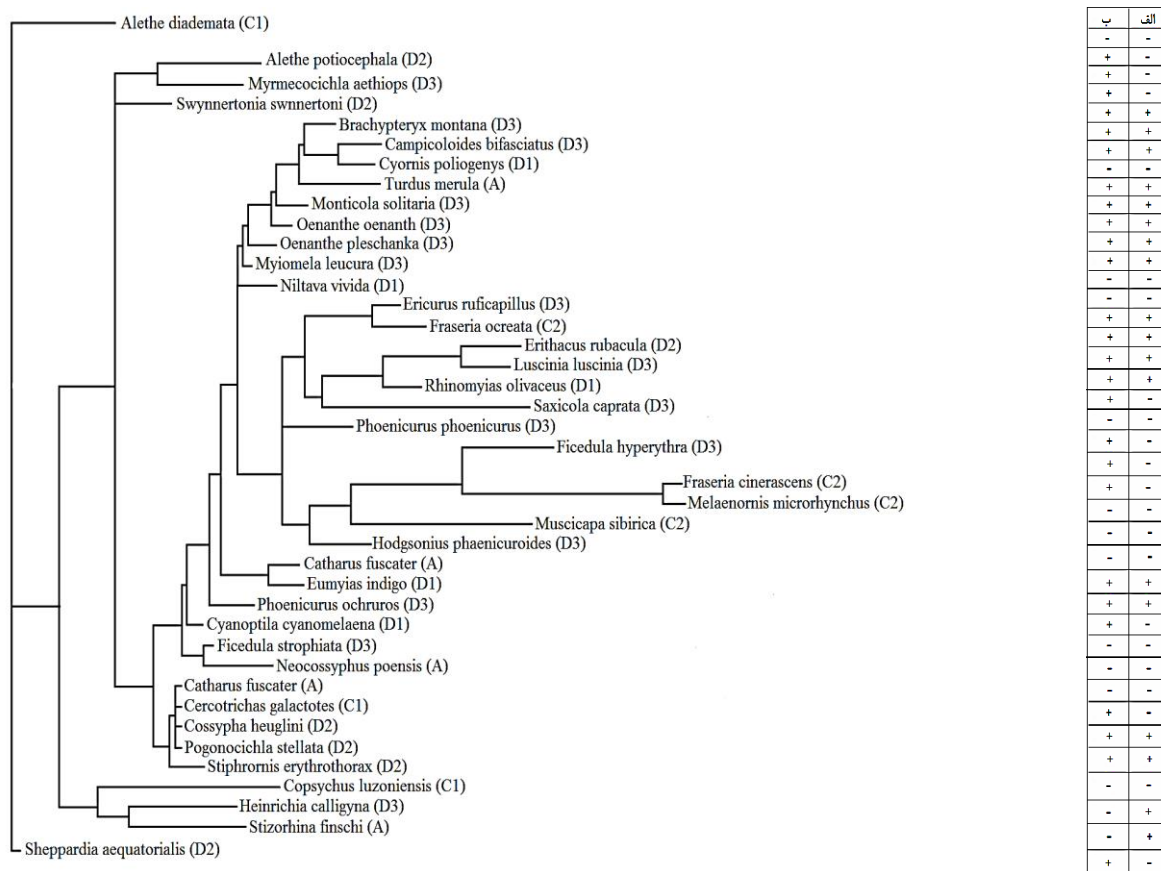
بحث

خانواده Muscicapidae عضو گروهی از پرندگان آوازخوانی می باشد که در بعضی از جنس ها میزان تقلید صدا و یادگیری بالاست (Kurashkina, 2012). دو نوع درخت به دست آمده با Sangster و همکاران (2010) مقایسه شد و موارد همخوانی جایگاه گونه در الگوریتم مذکور با علامت "+" و عدم همخوانی با علامت "-" در مقابل هر گونه مشخص شد (شکل 3). از آنجایی صوت پرنده می تواند حالت اکتسابی پیدا کند قادر خواهد بود که جایگاه گونه را در فیلوژنی صوتی تغییر دهد. فیلوژنی صوتی این گروه، با دشواری بالا در فیلوژنی مولکولی، کمی از اصول تاکسونومیک صوتی پیروی می کنند و گروه های اصلی (گروه D شامل زیر خانواده های Erithacinae، Niltavinae، Saxicolinae و گروه C شامل زیر خانواده Muscicapinae) و گروه های درونی (کلا D3 زیر خانواده Saxicolinae و کلا C2 تبار Muscicapini) در درخت NJ شباهت بیشتری به فیلوژنی مولکولی نسبت به درخت UPGMA را از خود نشان می دهد و این احتمالاً به خاطر شباهت های زیستگاهی برخی از آنان باشد. می توان گفت یکی از دلایل عدم تطبیق برخی از جنس ها به دلیل تأثیرپذیری اصوات پرندگان از یکدیگر نیز می باشد که باعث ابهام در فیلوژنی صوتی گشته است.

اندازمگیری های مربوط به 40 گونه پرنده از خانواده Muscicapidae که در هفت ویژگی برجسته صوتی خود مورد مطالعه قرار گرفتند در جدول 1 آمده است. سه ستون اول یعنی A، B و AB به ترتیب حد وسط فرکانس شروع، حد وسط فرکانس پایانی و اختلاف فرکانس بین صدای شروع و پایانی پرنده بر حسب kHz می باشد. چهار ستون D، C، E و F نیز مربوط به طول ویژگی های چهارگانه اصوات می باشد. آماره های مربوط به ویژگی های هفت گانه در جدول 2 نشان داده شده است. حد میانی فرکانس شروع با میانگین 5/65، انحراف استاندارد 1/91، حداقل 1/95 و حداکثر 9/51 کیلو هرتز نسبت به بقیه عوامل مورد مطالعه رقم بالاتری را نشان داده است. همچنین، نتایج حاکی از آن است کم و بیش پرندگانی در این خانواده وجود دارند که با نداشتن حداقل یکی از ویژگی های چهارگانه دوم (C، D، E، F) بر حسب ثانیه تفاوت بارزی در الگوی صوتی با سایر خویشاوندان خود دارند.

جدول 2: آماره های توصیفی اسپکتروگرام اصوات گونه های مطالعه

شده در خانواده Muscicapidae							
فرکانس های سه گانه				فاصله زمانی ویژگی های صوتی			
(kHz)				چهارگانه (ثانیه)			
F	E	D	C	AB	B	A	
0/79	0/63	0/68	0/86	1/82	3/74	5/56	میانگین
1/19	0/89	0/94	0/97	1/35	1/58	1/91	انحراف
							استاندارد



بصورت نتیجه‌گیری کلی مشخص شد، درخت NJ برتری‌های مشخصی به درخت UPGMA در تحلیل‌های خوشه‌بندی تکاملی پرندگان دارد اما باید برای جلوگیری از قرارگیری نادرست برخی از گونه‌ها در دارنگار صوتی و آرایه‌های پرت، یعنی جنس‌هایی که با حروف D1، C2 و A (گروه بیرونی) مشخص شده‌اند، پیشنهاد می‌گردد که انتخاب گونه‌ها از هر جنس و بررسی اصوات آن‌ها به یک منطقه مشخص محدود گردد و شرایط زیستگاه نیز در نظر گرفته شود.

منابع

1. **Alström, P.; Olsson, U.; Rasmussen, P.C.; Yao, C.T.; Ericson, P.G.P. and Sundberg, P., 2007.** Morphological, vocal and genetic divergence in the *Cettia acanthizoides* complex (Aves: Cettiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. Vol. 149, pp: 437-452.
2. **Athreya, R., 2006.** A new species of *Liocichla* (Aves: Timaliidae) from Eaglenest Wildlife Sanctuary, Arunachal Pradesh, India. *Indian Birds*. Vol. 2, pp: 82-94.
3. **Brackenbury, J.H., 1989.** Functions of the syrinx and the control of sound production. In: *Form and Function in Birds*

در درخت NJ پیشگام‌ترین شاخه‌ها مربوط به گروه C است که با یک چرخش 180 درجه به قسمت گروه بیرونی در پایین می‌رسد. در دو گروه بالا در شاخه‌های تبارشناسی NJ نظم بیش‌تری در حضور گروه‌های D2 و D3 در بین شاخه‌ها دیده می‌شود و نشان‌دهنده این است که درخت NJ حاصل از اصوات ارزش تاکسونومی بالاتری نسبت به درخت UPGMA دارد. نتایج ترسیم درخت فیلوژنی با الگوریتم UPGMA که براساس شباهت‌های ظاهری عمل می‌کند، بیانگر عدم تطابق جایگاه بعضی از گونه‌ها بارده بندی تاکسونومی است. به عنوان تنها نتیجه از نمودار درختی UPGMA می‌توان گفت علی‌رغم این‌که در گروه‌های اصلی در مقایسه با گروه بندی مولکولی در هم آمیختگی و بی‌نظمی وجود دارد اما آرایه Muscicapini همچنان به عنوان یک گروه بیرونی از جایگاه خود برخوردار است. از آن جایی‌که این گروه یعنی خانواده Muscicapidae هنوز هم در دل خود گونه‌های جدیدی را از یک گروه کمپلکس گونه‌ای نشان می‌دهد (Förschler و همکاران، 2010). می‌توان این پیشنهاد را ارائه کرد که به کمک روش‌های مولکولی و با پشتیبانی تحلیل‌های صوتی می‌توان به وضوح بهتری در سیستم‌اتیک آن‌ها نائل آمد. هرچندکه

24. **Podos, J., 2001.** Correlated Evolution of Morphology and Vocal Signal Structure in Darwin's Finches. *Nature*. Vol. 409, pp: 185-188.
25. **Roselaar, C.S., 1994.** Systematic notes on Megapodiidae (Aves, Galliformes), including the description of five new subspecies. *Bulletin Zoologisch Museum*. Vol. 14, pp: 9-36.
26. **Sangster, G.; Alström, P.; Forsmark, E. and Olsson, U., 2010.** Multi-locus phylogenetic analysis of Old World chats and flycatchers reveals extensive parphyly at family, subfamily and genus level (Aves: Muscicapidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 57, pp: 380-392.
27. **Spector, D.A., 1994.** Definition in Biology: The Case of 'Bird Song'. *Journal of Theoretical Biology*. Vol. 168, pp: 373-381.
28. **Swofford, David L., 1996.** Phylogenetic analysis using parsimony. *Options*. Vol. 42, pp: 294-307.
29. **Raposo, M.A. and Höfling, E., 2003.** Overestimation of vocal characters in Suboscine taxonomy (Aves: Passeriformes: Tyranni): causes and implications. *Lundiana*. Vol. 4, pp: 35-42.
- (ed. A.S. King & J. McLelland), pp. 193-220. San Diego, CA: Academic Press.
4. **Baker, M.C., 2001.** Bird Song Research: The Past 100 Years. *Bird Behavior*. Vol. 14, pp: 3-50.
5. **Clements, J.F.; Schulenberg, T.S.; Iliff, M.J.; Roberson, D.; Fredericks, T.A.; Sullivan, B.L. and Wood, C.L., 2016.** The eBird/Clements checklist of birds of the world: v2016. <http://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/download/>.
6. **Cramp, S., 1988.** The Birds of the Western Palearctic. Vol. 5, Oxford UP, Oxford.
7. **Catchpole, C. K. and Slaters, P. J. B., 2008.** Bird Song: Biological Themes and Variations. Retrieved (www.cambridge.org/9780521872423).
8. **Cuervo, A.M.; Cadena, C.D. and Krabbe, N., 2005.** *Scytalopus stilesi*, a new species of tapaculo (Rhinocryptidae) from the Cordillera Central of Colombia. *Auk*. Vol. 122, pp: 445-463.
9. **Dickinson, E.C., 2003.** The Howard and Moore Complete Checklist of the Birds of the World (3rd ed.). Christopher Helm, London.
10. **Dickinson, E.C. and Chistdis, E., 2014.** The Howard & Moore Coluplete checklist of the birds of the World. Vol. 2, Passerines. Aves Press, Eastbourne.
11. **del Hoyo, J.; Elliott, A. and Christie, D.A., 2006.** Handbook of the Birds of the world. Vol. 11, Old world warbler. Lynx Edicions, Barcelona.
12. **Felsenstein, J., 1989.** PHYLIP-Phylogeny Inference Package (Version 3.2). *Cladistics*. Vol. 5, pp: 163-166.
13. **Förschler, M.I.; Khoury, F.; Bairlein, F. and Aliabadian, M., 2010.** Phylogeny of the mourning wheatear *Oenanthe lugens* complex. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 56, pp: 758-767.
14. **Gill, F.B., 2007.** *Ornithology*. 766 p.
15. **Hunter, M.L. and Krebs, J.R., 1979.** Geographical variation in the song of the great tit (*Parus major*) in relation to ecological factors. *The Journal of Animal Ecology*. Vol. 48, pp: 759-785.
16. **Iddi, K.N., 2008.** Phylogenies of the sunbirds, spider hunters and flower peckers (Nectariniidae) based on analyses of vocalizations (Doctoral dissertation, University of Greenwich).
17. **James, P.C. and Robertson, H.A., 1986.** How Useful Are Vocalizations in Petrel Systematics? *Emu*. Vol. 86, pp: 186-189.
18. **Kroodsmas, D.E. and Baylis, J.R., 1982.** A world survey of evidence for vocal learning in birds. In D. E. Kroodsmas and E. H. Miller (eds). *Acoustic communication in birds*. Vol. 2, pp: 311-337.
19. **Kurashkina, N.A., 2012.** The formation and motivation of onomatopoeic ornithonyms as a result of ecological and communicative interactions of man and birds. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*. Vol. 1, pp: 5.
20. **Martens, J. and Eck, S., 1991.** *Pnoepyga Immaculata* N. speine Neue Bodenbewohnende Timalie Aus Dem Nepal-Himalaya. *Journal für Ornithologie*. Vol. 132, pp: 179-98.
21. **Marler, P., 1990.** Song learning: The interface between behavior and neuroethology. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B. Biological Sciences*. Vol. 329, pp: 109-114.
22. **McCracken, K.G. and Sheldon, F.H., 1997.** Avian vocalizations and phylogenetic signal. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 94, pp: 3833-3836.
23. **Nottebohm, F., 1975.** Continental patterns of song variability in *Zonotrichia capensis*: some possible ecological correlates. *The American Naturalist*. Vol. 109, pp: 605-624.

