

## مطالعه کلاسیستی خانواده Muridae (Mammalia:Rodentia) در شرق ایران

علی باقریان<sup>۱\*</sup>، جمشید درویش<sup>۲</sup> و نصر الله رستگار پویانی<sup>۳</sup><sup>۱</sup>گرگان، دانشگاه منابع طبیعی، دانشکده علوم، گروه زیست شناسی<sup>۲</sup>مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه پژوهشی جونده شناسی<sup>۳</sup>کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده علوم، گروه زیست شناسی

تاریخ دریافت: ۸۴/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۸۵/۵/۱

## چکیده

خانواده Muridae متنوع ترین خانواده پستانداران می باشد. از میان هفده زیر خانواده این خانواده، پنج زیر خانواده در فون شرق ایران وجود دارد. بمنظور بررسی روابط فیلوژنتیکی میان جنسهای متعلق به خانواده Muridae در شرق ایران، سیزده سرده (جنس) از پنج زیر خانواده متعلق به این خانواده بعنوان درون گروه و یک سرده از خانواده Dipodidae بعنوان برون گروه گزینش شد. صفات دارای ارزش اطلاعاتی از منابع استخراج گردید. صفات مورد بررسی دارای قطبیت معین و سریهای تحول یابنده در صفات چند حالتی مشخص گردید. تعداد پنجاه صفت مجموعه ای و دندانی در تاکسونها (آرایه های) مورد بررسی قرار گرفت. بمنظور بررسی چند ریختی درون گروهها از هر آرایه (تاکسون) به تعداد آماری نمونه ها بررسی و نتیجه در ماتریس تاکسون- صفت ثبت گردید. گزینش پارسیمونی ترین کلاودوگرامها با استفاده از الگوریتم Branch-and-bound و بهینه سازی wagner منجر به یافت شش پارسیمونی ترین درخت ها (MPCs) با طول ۷۳ مرحله گردید. کلاودوگرام اجماع قاطع حاصل از این کلاودوگرامها بعنوان پارسیمونی ترین کلاودوگرام گزینش شده در نظر گرفته شد. آزمون سازگاری صفات منجر به استخراج سیزده حالت هموپلازیک در صفات و دو نمودار Clique با بزرگترین طول ۴۸ مرحله گردید. نتایج حاصل یک گره حل نشده در موقعیت پایه ای برای زیر خانواده Calomycinae نشان می دهد (BP=26). تک نیایی کلادهای Arvicolinae، Gerbillinae و Murinae (BP>95) و تایید کلاودوگرام Gerbillinae-Murinae (BP=97) قابل ذکر است. کلاودوگرامهای Cricetinae-Arvicolinae از تایید متوسط (BP=48) برخوردار است.

واژه های کلیدی: فیلوژنی، تحلیل‌های کلاسیستی، Muridae، مورفولوژی

\* نویسنده مسئول، تلفن تماس: ۰۹۱۵۳۱۹۲۳۷۰، پست الکترونی: yazdiir@yahoo.com

## مقدمه

بیوشیمیایی (۵)، ایمنولوژیکی (۲۰) و مولکولی (۱۱، ۱۷ و ۳) انجام گرفته است. در بررسی سال ۱۹۹۳ Musser and Carleton با احتیاط و بدون نشان دادن الگوی سلسله مراتبی در سطح سرده (جنس)، تاکسونهای این خانواده در هفده زیر خانواده قرار داده شده است، اعضای این خانواده بطور یکسان در زیرخانواده ها توزیع نشده اند بطوریکه اغلب آنها در زیر خانواده های Murinae (۴۵ درصد)، Arvicolinae (۹ درصد) و Sigmodontinae (۲۰ درصد)،

جوندگان خانواده Muridae متنوع ترین گروه را در رده پستانداران تشکیل می دهند. براساس رده بندی Musser and Carleton این خانواده به ۳۸۱ جنس و ۱۳۲۶ گونه تقسیم می شود (۱۹). رده بندی تکاملی این خانواده بسیار مشکل بوده ندانسته ها و تناقضهای بسیاری در مورد این گروه از جوندگان وجود دارد (۱۷). تحقیقات قابل توجهی در مورد فیلوژنی این خانواده از جوندگان بر اساس صفات ریخت شناسی (۱۶، ۱۸ و ۱۳)، کروموزومی (۲ و ۴)،

## مواد و روشها

تاکسونهای سرشاخه ای مورد مطالعه شامل ۱۳ گونه از پنج زیر خانواده متعلق به خانواده Muridae بعنوان درون گروه و یک گونه متعلق به خانواده Dipodidae بعنوان برون گروه می باشد (جدول ۱). نمونه های مورد مطالعه متعلق به موزه جانور شناسی دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد می باشد. رده بندی گونه ها بر گرفته از Wilson and Reeder (1993) است (۲۴).

Gerbillinae (۶ درصد) قرار می گیرند در حالی که زیر خانواده Calomysinae دارای یک سرده است (۱۷). با وجود اینکه از نمونه های متعلق به این خانواده، در مطالعات ژنتیکی، فیزیولوژیکی و رفتاری بطور گسترده ای استفاده می شود، اما سوالهای بسیاری در مورد مرزهای تاکسونومیک (آرایه شناختی) زیرخانواده ها و روابط میان آنها وجود دارد. مطالعه اخیر بررسی روابط فیلوژنتیکی میان تاکسونهای خانواده Muridae متعلق به شرق ایران براساس صفات ریخت شناسی و روشهای کلاسیستی عددی، می باشد.

جدول ۱- رده بندی تاکسون های مطالعه شده و تعدا نمونه ها (داخل پرانتز).

| Family    | Subfamily    | Species (Number)                   |
|-----------|--------------|------------------------------------|
| Dipodidae | Allactaginae | <i>Allactaga elater</i> (7)        |
| Muridae   | Arvicolinae  | <i>Blanfordimys afghanus</i> (4)   |
| Muridae   | Arvicolinae  | <i>Ellobius fuscocapillus</i> (14) |
| Muridae   | Arvicolinae  | <i>Microtus socialis</i> (12)      |
| Muridae   | Calomycinae  | <i>Calomyscus bailwardi</i> (6)    |
| Muridae   | Cricetinae   | <i>Cricetulus migratorius</i> (17) |
| Muridae   | Gerbillinae  | <i>Gerbillus nanus</i> (6)         |
| Muridae   | Gerbillinae  | <i>Meriones libycus</i> (18)       |
| Muridae   | Gerbillinae  | <i>Tatera indica</i> (14)          |
| Muridae   | Gerbillinae  | <i>Rhombomys opimus</i> (16)       |
| Muridae   | Murinae      | <i>Apodemus fulvipectus</i> (13)   |
| Muridae   | Murinae      | <i>Mus musculus</i> (13)           |
| Muridae   | Murinae      | <i>Nesokia indica</i> (15)         |
| Muridae   | Murinae      | <i>Rattus turkestanicus</i> (10)   |

(Additive) بوده و سریهای انتقال (Transformational series) از منابع مختلف استخراج شده است (یعنی براساس حالت های پلزیومورفیک بر اساس موقعیت ریشه، نحوه پراکنش صفات در کلادوگرام و کتابنگاری). صفات چند حالت به شکل دو حالت حضور/فقدان تبدیل گردید (۲۲).

پارسیمونی ترین کلادوگرامها براساس روش بهینه سازی (Optimization) واگنر (Wagner) با نرم افزار PHYLIP 3.6b انتخاب شد (۹). کوتاه ترین کلادوگرامها (MPCs) با در نظر گرفتن گونه *Allactaga elater* از خانواده Dipodidae بعنوان برون گروه (Out group) ریشه دار

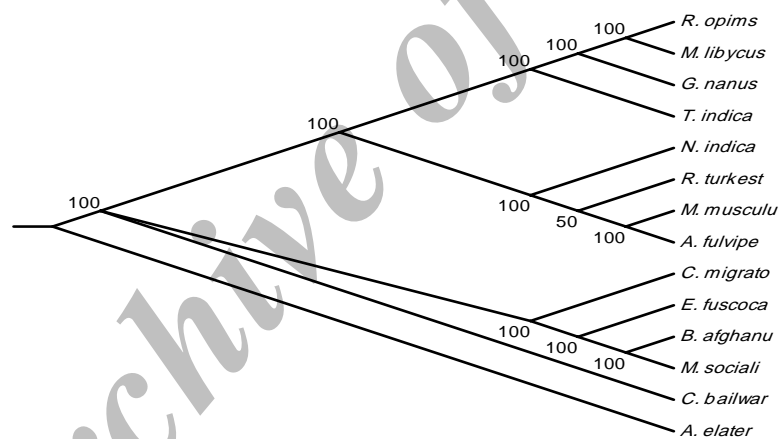
بمنظور بررسی اعتبار حالت های صفات در تاکسونهای مورد مطالعه و اجتناب از چند ریختی (Polymorphism) درون گونه ای و دو ریختی جنسی (Sexual dimorphism) از تعداد آماری نمونه ها استفاده شد. پس از استخراج صفات دارای قطبیت (polarity) با کتابنگاری و مقایسه صفات در نمونه های مختلف از میان ۱۱۰ صفت بررسی شده تعداد ۵۰ صفت دارای ارزش اطلاعاتی (جدول ۲) در تاکسونهای مورد مطالعه گزینش و در تحلیلهای کلاسیستی بعدی مورد استفاده قرار گرفت، نتیجه در ماتریس صفت-تاکسون برای تحلیلهای بعدی ثبت گردید (جدول ۳). حالت های صفات مورد مطالعه به صورت چند حالت مرتب

## نتایج

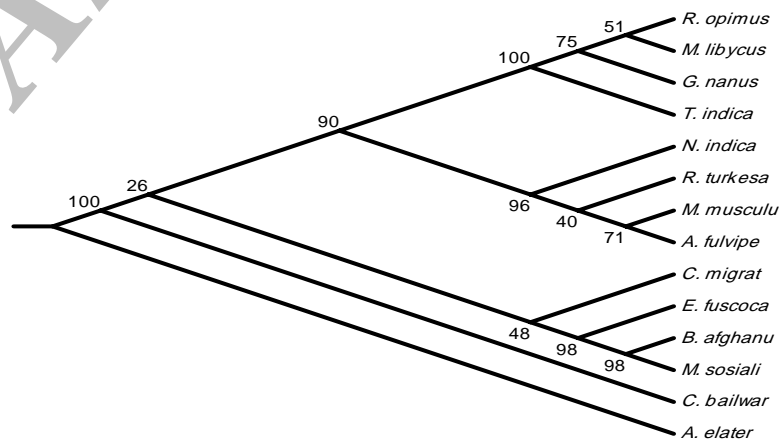
حالات صفات مطالعه شده بصورت چندحالتی در جدول (۲) نشان داده شده است. براساس نگرش پارسیمونی واگنر، شش درخت با کوتاه ترین طول گزینش شد. درختها طولی برابر ۷۳ مرحله (قدم) داشته و ۱۳ حالت همپلازیک از صفات استخراج گردید. درخت اجماع قاطع (شکل ۱) و درخت اجماع اکثریت نشان دهنده یک گره حل نشده برای کلاد Calomycinae با دیگر کلادها و یک گره با حضور ۵۰ درصد موارد برای موقعیت جنس *Rattus* می باشد. کلادهای استخراج شده با زیر خانواده های معرفی شده مطابقت دارند و جنسها در کلاد متعلق به زیر خانواده های خود قرار میگیرند.

گردید (۱۱ و ۱۷). بزرگترین کلیکها (Largest clique) براساس نگرش سازگاری (Compatibility) (۷) با نرم افزار PHYLIP 3.6b گزینش گردید. درخت اجماع قاطع (Strict consensus tree) و درخت اجماع اکثریت (Majority rule consensus tree) حاصل از پارسیمونی ترین کلادوگرامها توسط نرم افزار PHYLIP 3.6b بدست آمد (۱۵).

آزمون تأییدی (Bootstrapping) (۸) و همچنین آزمون آماری (Permutation test) (۱۴) برای ۱۰۰۰ داده بختانه (تصادفی) بر اساس ماتریس "دو حالتی شده" انجام شد. ترسیم گرافیکی درختها با نرم افزار Tree Explorer انجام گرفت (۱۲).



شکل ۱ - کلادوگرام اجماع قاطع (اعداد نشان دهنده درصد حضور هر کلاد در MPCs می باشند).



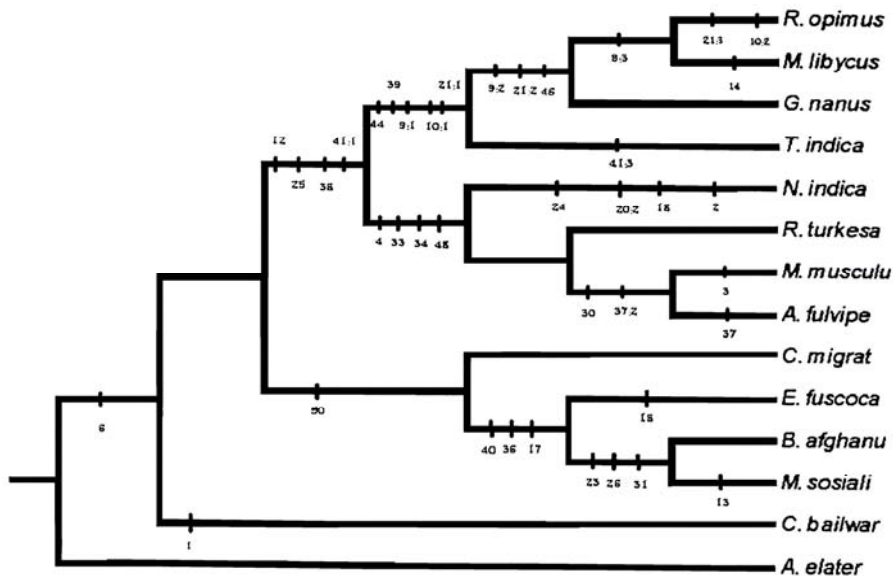
شکل ۲ - کلادوگرام بوت استرپینگ بر اساس ۱۰۰۰ تکرار (اعداد نشان دهنده میزان تایید هر کلاد می باشد).

جدول ۲-صفات مطالعه شده و منابع مورد استناد آنها.

| صفات              |                        | حالات                       |                            | صفات و منابع (داخل پرانتز)  |
|-------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|---|
| 3                 | 2                      | 1                           | 0                          |   |
| -                 | -                      | فقدان                       | وجود                       | ۱-انترولینگوال (Antrolingual) در اولین دندان آسیای بالا (۱۱):           |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۲-حالت تیغه ای (Lamella) در ردیف دندانی آسیای بالا و پایین (۱۸):        |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۳-برجستگی قدامی میانی (tma) در دندان آسیای اول پایین (۱۱):              |
| -                 | -                      | فقدان                       | وجود                       | ۴-وضعیت Anteroloph در دندانهای آسیای بالا (۲۳):                         |
| -                 | -                      | سفید یا کرم                 | زرد تا قهوه ای             | ۵-رنگ مینا در دندانهای پیش (۱۶):  |
| -                 | -                      | فقدان                       | وجود                       | ۶-دندان پیش‌آسیدر ردیف دندانی بالا (۱۸):                                |
| -                 | -                      | فقدان                       | وجود                       | ۷-وضعیت Anterolophid در دندانهای آسیای پایین (۲۳):                      |
| -                 | -                      | متوسط تا بزرگ               | کوچک                       | ۸-اندازه سوبین دندان آسیای بالا نسبت به دومین دندان آسیای بالا (۱۸):    |
| میانی             | متغییر                 | فقدان                       | مورب                       | ۹-موقعیت Neoloph در دندانهای آسیای بالا (۲۳):                           |
| -                 | دارای دو شیار          | دارای یک شیار               | فاقد شیار                  | ۱۰-سطح قدامی دندانهای پیش بالا (۲۳):                                    |
| -                 | -                      | هیپسودونت                   | براکیودونت                 | ۱۱-ریخت شناسی دندانهای آسیا (۱۰):                                       |
| -                 | -                      | فقدان                       | وجود                       | ۱۲-وضعیت Entroloph در دندانهای آسیای بالا (۲۳):                         |
| -                 | -                      | فقدان                       | وجود                       | ۱۳-وجود مثلث باز (Triangle rhombus) در اولین آسیای پایین (۲۱):          |
| -                 | -                      | کاهش یافتگی                 | فقدان کاهش یافتگی          | ۱۴-کاهش لوب های آسیای بالا (۲۳):  |
| -                 | -                      | هم سطح                      | پایین                      | ۱۵-موقعیت برجستگی t4 (Enterostyle) نسبت به برجستگی t5 (Protocone) (۱۸): |
| -                 | -                      | پروودونتی                   | اپیستودونتی                | ۱۶-وضعیت دندانهای پیش فوقانی (۱۸):                                      |
| -                 | -                      | دارای مثلثهای میانی         | فاقد مثلثهای میانی         | ۱۷-سطح سایش در دندانهای آسیای بالا و پایین (۲۱):                        |
| -                 | -                      | فقدان                       | وجود                       | ۱۸-وضیعت پروتوکونید و متاکنید در دومین دندانهای آسیای پایین (۱۱):       |
| -                 | -                      | مرتفع                       | کم ارتفاع                  | ۱۹-ارتفاع تاج دندانی در دندانهای آسیا (۲۱):                             |
| -                 | هم سطح با t2           | برجستگی متوسط به سمت خلفی   | کاملاً بازگشته به سمت خلفی | ۲۰-برجستگی t1 (Anterostyle) در اولین آسیای بالا (۱۱):                   |
| میانی             | لبی                    | فقدان                       | مورب                       | ۲۱-موقعیت نئولوفید (Neolophid) در اولین آسیای پایین (۲۳):               |
| -                 | -                      | فقدان                       | وجود                       | ۲۲-سینگولوم خلفی در آسیای پایین (۱۱):                                   |
| -                 | -                      | اریزودونت                   | ریزودونت                   | ۲۳-وضعیت ریشه دندان در مرحله بلوغ (۱۰):                                 |
| -                 | -                      | پاراکن همسطح پروتوکن        | پاراکن خلفیتر از پروتوکن   | ۲۴-موقعیت t6 (Paracone) نسبت به t5 (Protocone) (۱۸):                    |
| -                 | -                      | فقدان                       | وجود                       | ۲۵-وضعیت Ectolophid در دندانهای آسیای پایین (۲۳):                       |
| -                 | -                      | بسته                        | باز                        | ۲۶-پیچهای میانی به شکل مثلثی (۲۱):                                      |
| -                 | در t1                  | مساوی در t1 و t4            | در t4                      | ۲۷-بیشترین پهنای دندان آسیای اول بالا (۱۸):                             |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۲۸-تخصص یابی در پهنای میانی دندانهای آسیا (۵):                          |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۲۹-طول دندان آسیای اول بالا بزرگتر از طول دندانهای دوم و سوم (۱۸):      |
| -                 | -                      | متقارن                      | نامساوی                    | ۳۰-طوب قدامی اولین دندان آسیای پایین (۱۸):                              |
| -                 | -                      | شش تا هفت عدد               | سه تا پنج عدد              | ۳۱-تعداد مثلثهای میانی در اولین دندان آسیای پایین (۶):                  |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۳۲-برجستگی t7 در اولین آسیای بالا (۱۱):                                 |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۳۳-برجستگی انترواستیل در اولین آسیای بالا (۱۱):                         |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۳۴-برجستگی انترواستیل در اولین آسیای بالا (۱۱):                         |
| -                 | -                      | عمودی                       | مورب                       | ۳۵-بازوی بازوی بالا رونده ماندیبولی (۱۶):                               |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۳۶-شیار ارویکولینه (۱۶):  |
| -                 | -                      | تا میانه های MI/MI          | تا مرز قدامی MI/MI         | ۳۷-امتداد منفذ قدامی کام (۲۳):  |
| -                 | -                      | قدامی                       | میانی                      | ۳۸-موقعیت درز پیش ارواره ای-ارواره ای در منفذ قدامی کام (۲۳):           |
| -                 | -                      | طویل                        | کوتاه                      | ۳۹-منفذ خلفی کام (۲۳):  |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۴۰-پل کامی ناهموار و دارای منفذ (۱۶):                                   |
| بسیار توسعه یافته | منفذ اشکی را می پوشاند | پیش آمده تا اواسط منفذ اشکی | بسیار کوتاه و مستقیم       | ۴۱-صفحه زیگوماتیک (۲۳):   |
| -                 | -                      | تحلیل رفته                  | پهن                        | ۴۲-استخوان اینترپاریتال (۲۳):   |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۴۳-پیش آمدگی استخوانهای بینی پس از مرز قدامی دندانهای پیش (۲۳):         |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۴۴-منفذ زیر صدفی (۱۶):  |
| -                 | بزرگ و پهن             | بزرگ و پهن نشده             | کوچک                       | ۴۵-کپسول شنوایی (۱۸):   |
| -                 | -                      | بزرگ                        | کوچک                       | ۴۶-منفذ زیر حلقه ای (۲۳):   |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۴۷-ستیع فوق حلقه ای (۲۳):   |
| -                 | -                      | بزرگ                        | کوچک                       | ۴۸-فضای پست گلوئید (۱۶):  |
| -                 | -                      | تیغه ای                     | پهن                        | ۴۹-صفحه پتریگلوئید (۱۶):  |
| -                 | -                      | وجود                        | فقدان                      | ۵۰-دم کوتاه تر از سر وبدن (۱۶):   |

۳. کلاد حاوی گروه، کلاد خواهری Calomycinae، دارای تأیید پایین بوده، بنابراین فاقد اعتبار است و در موقعیت پایه ای قرار میگیرد؛ زیر خانواده های Gerbillinae و Murinae بواسطه صفات سین آپومورفیک ۱۲، ۲۵، ۳۳ و ۴۱ حالت ۱ کلادی مشترک را تشکیل می دهند (شکل ۳).

تست تأییدی بوت استرپینگ (شکل ۲) تک نیایی کلادهای Gerbillinae (BP=100) با صفات سین آپومورفیک ۴۴، ۳۹، ۹، حالت (۱)، ۱۰، حالت (۱) و ۲۱ حالت (۱)، Arvicolinae (BP=98) با صفات سین آپومورفیک ۴۰، ۳۶ و ۱۷ و Murinae (BP=96) با صفات سین آپومورفیک ۴، ۳۳، ۳۴ و ۴۳ را بشدت تأیید می کند (شکل ۲).



شکل ۳-کلادوگرام پراکنش صفات (اعداد نشان دهنده شماره صفت و حالات آن می باشند)

جدول ۳- ماتریس چند حالتی تاکسون-صفت.

|                         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <i>A. elater</i>        | 1 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>C. migrator</i>      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>C. bailwardi</i>     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>E. fuscocapillus</i> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>M. socialis</i>      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>B. afghanus</i>      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>N. indica</i>        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>R. turkestanicus</i> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>A. fulvipes</i>      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>M. musculus</i>      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>T. indica</i>        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>G. nanus</i>         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>M. libycus</i>       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>R. opimus</i>        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

زایی‌های تقریباً هم‌زمان آنها شده است (۱۷). نتایج حاصل از این مطالعه براساس صفات ریخت‌شناسی تک‌نیایی زیرخانواده‌های کلاسیک (Murinae, Arvicolinae, Gerbillinae) را تأیید می‌کند. مطالعات کلادیستی بر اساس داده‌های مولکولی (تراتب نوکلئوتیدی، بیوشیمیایی و ایمنولوژیکی) نیز نتایج حاصل از تحلیلهای ریخت‌شناسی را تأیید می‌کند (۳ و ۱۷). تبار زایی زیرخانواده Arvicolinae از تبار اجدادی Cricetinae که توسط تحلیلهای کلادیستی ریختی در این مطالعه به دست آمده (شکل ۳)، بوسیله داده‌های دیرین‌شناسی (۵ و ۲۱) و مولکولی (۱) نیز تأیید می‌شود.

مفهوم گروه‌خواه‌ری Murinae-Gerbillinae بر اساس داده‌های ریختی (۲۳)، دورگ‌گیری DNA/DNA (۱) و ترادف ژن (۱۷) گزارش شده است و نتایج بدست آمده از تحلیلهای کلادیستی بر اساس صفات ریختی در مطالعه حاضر وجود این کلاد مشترک را نشان می‌دهد.

با مقایسه نتایج بدست آمده، کلادوگرامهای گزینش شده بر اساس مطالعات کلادیستی ریختی با دیگر شواهد حاصل از بررسیهای مولکولی، دیرین‌شناسی و بیوشیمیایی مطابقت داشته و نتایج مطالعات متفاوت یکدیگر را تأیید می‌کنند.

تست آماری Permutation احتمال تصادفی بودن کلادهای Arvicolinae، Gerbillinae و Murinae را با احتمال زیاد رد می‌کند، اما احتمال تصادفی بودن کلاد خواهری Calomycinae وجود دارد (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج آزمون پرمیوتیشن با ۱۰۰۰ تکرار.

| Clad                                 | Permutation Value |
|--------------------------------------|-------------------|
| Calomycinae,others                   | 9.10              |
| Arvicolinae                          | 0.11              |
| Murinae                              | 0.29              |
| Gerbillinae                          | 0.44              |
| <i>Rattus(Mus,Apodemus)</i>          | 0.40              |
| <i>Gerbillus(Meriones,Rhombomys)</i> | 0.20              |
| <i>Microtus,Blanfordimys</i>         | 0.93              |
| <i>Meriones,Rhombomys</i>            | 0.44              |
| <i>Mus,Apodemus</i>                  | 0.61              |

## بحث

کلادوگرامهای حاصل از داده‌های ریخت‌شناسی نشان می‌دهد پنج زیرخانواده مطالعه شده در سه کلاد اصلی قرار می‌گیرند (شکل ۱). گروه اول یک‌گروه حل‌نشده را نشان داده و تبار زایی چندشاخه (Polythomy) را معرفی می‌کند. این نوع تبار زایی بر اساس نظرات Michaux and Catzeflis بدلیل انشعاب سازشی Adaptive radiation شدید این چونندگان در ۱۵ تا ۱۹ میلیون سال پیش بوده، بطوریکه باعث انتشار آنها در سرتاسر کره زمین و تبار

## منابع

- Brownell, E. 1983. DNA/DNA Hybridization studies of muroid rodents: Symmetry and rates of Molecular evolution. *Evolution* 37: 1034-1051.
- Capanna, E., Bekele, A., Capula, M., Crvitell, M. and Fadda, C. 1996. A multidisciplinary approach to the systematics of genus *Arvicanthis* (Murinae). *Mammalia* 4: 617-626.
- Catzeflis, F., Sheldon, F., Ahlquist, J. and Sibley, C. 1987. DNA/DNA hybridization evidence of the rapi rate of muroid rodent DNA evolution. *Molecular Biology Evolution* 4: 242-253.
- Catzeflis, F., Aguilar, J. and Jaeger, J. 1992. Muroid Rodents: Phylogeny and evolution. *Tree* 7: 122-126.
- Chaline, J. and Graf, J. 1988. Phylogeny of the Arvicolidae (Rodentia): Biochemical and Paleontological evidence. *Journal of Mammalogy* 69: 22-33.
- Chaline, J., Brunet, P., Viriot, L. and Courant, F. 1999. Anatomy of the Arvicoline radiation: Palaeogeographical, palaeoecological history and evolutionary data. *Annual. Zoological Fennici* 36: 239-267.
- Estabrook, G., Johnson, C. and McMorris, F. 1976. A mathematical foundation for the analysis of character ompatibility. *Mathematical Biosciences* 23: 181-187.

8. Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenesis: an approach using the bootstrap. *Evolution* 39: 783-791.
9. Felsenstein, J. 2004. PHYLIP (Phylogeny Inference Package). Version 3.6b. Distribution by author. Department of Genome sciences, University of Washington, Seattle.
10. Hinton, M. 1926. Monograph of the voles and lemmings (Microtinae); living and extinct. British Museum (Natural History), London Pp. 315.
11. Huchon, D., Catzeflis, M. and Douzery, J. 1999. Molecular evolution of the nuclear Von Willebrand Factor Gene in Mammals and phylogeny of Rodents. *Molecular Biology and Evolution* 16: 577-589.
12. Koichiro, T. 1999. Tree Explorer, Version 2.12.
13. Luckett, W. and Hartenberger, L. 1985. Evolutionary relationship among Rodents. Plenum, New York. Pp. 780.
14. Manly, B. 1991. Randomization and montecarlo methods in biology. Chapman and Hall. Pp. 281.
15. Margush, T. and McMorris, F. 1981. Consensus n-trees. *Bulletin of Mathematical Biology* 43: 239-244.
16. Marshall, J. 1972. Rat and mice of Thailand in: Mammals of Thailand. Lekayal, B. and Moneely, J., eds. Pp. 530-580.
17. Michaux, J. and Catzeflis, F. 2000. The bushlike radiation of Muroid rodents is exemplified by the molecular phylogeny of the LCAT nuclear gene. *Molecular phylogeny and Evolution* 17: 280-293.
18. Misonne, X. 1969. African and Indo-Australian Muridae: Evolutionary trend. *Annls. Mus. V. Afr. Cent.* 172: 1-172.
19. Musser, G. and Carleton, M. 1993. Family Muridae. Pp 501-755 in Wilson, D. and Reeder, D. eds. Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference. Smithsonian Institution press. Washington and London.
20. Nikolettopoulos, N., Chdropoulos, P. and Tsohis, S. 1992. Albumin evolution and phylogenetic relationship among Greek rodents of the families Arvicolidae and Muridae. *Journal of Zoology* 228: 445-453.
21. Repenning, C., A. 1968. Mandibular musculature and the origin of the sub family Arvicolinae (Rodentia) . *Acta zoologica cracoviensia* 13: 29-72.
22. Scotland, R. and Pennington, T. 2000. Homology and Systematic. Taylor & Francis. Pp. 205.
23. Tong, H. 1989. Origin et evolution des Gerbilidae (Rodentia) en Afrique de nuord. *Memories de la societe geologique de France.* Pp. 120.
24. Wilsom, D. and Reeder, D. (eds), 1993. Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference. Smithsonian Institution press. Pp. 1028.

## Cladistic study of Muridae rodents (Mammalia: Rodentia) from the east of Iran

Bagherian A.<sup>1</sup>, Darvish J.<sup>2</sup>, Rastgar-Pooyani N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Biology Dept., Faculty of Science, Gorgan University, Gorgan, I.R. of Iran

<sup>2</sup>Rodentology Research Dept., Faculty of Science, Ferdowsi University, Mashhad, I.R. of Iran

<sup>3</sup>Biology Dept., Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, I.R. of Iran

### Abstract

Muridae is the most diverse of family among mammals. This family has seventeen subfamily, of which five are present in eastern Iran. In the order to investigate phylogenetic relationships among different genera of Muridae in the eastern Iran, thirteen genera from five subfamilies selected as ingroup and genus *Allactaga* belong to family Dipodidae as outgroup. Valuable characters were extracted from various references. Characters with specific polarity and transformation series in multistate characters were determined. Fifty cranial and dentary characters were used. In order to investigate polymorphism in the groups statistically determined number of individuals from each taxon were used and the results were recorded in character-taxon matrix. Choosing the most parsimonious cladograms, using Branch-bound and wagner's optimization, resulted in finding six most parsimonious trees (MPCs) with the length 73. Strict consensus tree is chosen as resulted cladogram. Compatibility test of the characters led to the extension of thirteen homoplasy states in the characters and two clique diagrams with the largest length of 48 steps. The results show an unsolved node in the basic location for Calomicinae (BP=26). Arvicolinae, Gerbilinae, and Murinae (BP>96) clades monophyly and confirmation of Gerbilinae-Murinae. Clade containing Cricetinae-Arvicolinae is moderately confirmed (BP=48).

**Key word:** phylogeny, Cladistic analysis, Muridae, Morphology, Eastern Iran