

## آنالیز ریخت‌سنجی دندان‌های آسیا در سه گونه از زیرجنس *Mus* (Rodentia)

### (Muridae) مبتنی بر روش خط پیرامونی

مرجان شهبانی<sup>۱\*</sup>، جمشید درویش<sup>۱،۲</sup>، فرشته قاسم زاده<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زیست‌شناسی

<sup>۲</sup> دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه پژوهشی جونده‌شناسی

تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۵/۲۸

### چکیده

تکنیک نسبتاً جدید ریخت‌سنجی هندسی که مبتنی بر مطالعه تغییرات شکل است در بسیاری از زمینه‌های زیست‌شناسی بکار می‌رود. در این مطالعه تغییرات در شکل دندان‌های آسیای آرواره بالا و پایین در میان ۱۲۲ موش، متعلق به یک گونه از ایران (*Mus musculus*) و دو گونه از اروپا (*Mus macedonicus*, *Mus spiciligus*) از زیرجنس *Mus* با روش ریخت‌سنجی هندسی مطالعه می‌شود. نمونه‌های ایران از ۸ منطقه جمع‌آوری شده‌اند و نمونه‌های اروپایی متعلق به حیوان خانگی در فرانسه است. داده‌های حاصل از آنالیز متغیرهای کانونی (CVA) تفاوت معناداری را بین شکل دندان‌های آسیا در سه گونه مورد مطالعه نشان داد که بیان‌کننده تفاوت بین *M. macedonicus*, *M. spiciligus* از اروپا و *M. musculus* از ایران است. در میان دندان‌های آسیا، دومین دندان آسیای آرواره بالا و اولین دندان آسیای آرواره پایین در جدایی سه گونه از یکدیگر تأثیر بیشتری دارند. بر این اساس، ما می‌توانیم بیان کنیم که ریخت‌سنجی هندسی مبتنی بر روش خط پیرامونی یک روش مناسب برای بررسی تغییرات در شکل دندان‌های آسیا است.

واژه‌های کلیدی: ریخت‌سنجی هندسی، خط پیرامونی، دندان‌های آسیا، *Mus*.

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۳۰۷۱۷۱۴، پست الکترونیکی: Marjan\_shabanim64@yahoo.com

### مقدمه

*M. musculus*, *M. (and M. caroli)* و پاله ارکتیک (*castaneus*, *M. spretus* and *M. spiciligus*) است که در حدود یک میلیون سال قبل، جدایی گونه‌های پاله ارکتیک صورت گرفت و در نتیجه مهاجرت به غرب، شرق، جنوب اروپا و

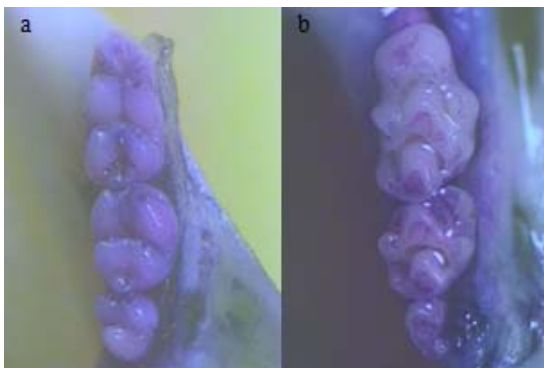
شمال آفریقا و طی فرایند گونه‌زایی، گونه‌های *M. macedonicus*، *M. spiciligus*، *M. spretus* و *M. musculus* ایجاد گردید (۳).

اجداد (*Petényi 1882*) *M. spiciligus* و (*Petrov & Ruzic 1982*) *M. macedonicus* تقریباً بطور

مطابق با داده‌های تبارشناسی و پالئونتولوژیک پیشنهاد می‌شود که جنس *Mus* در حدود ۶ میلیون سال قبل و در اواخر میوسن در زیر قاره هند پایه‌گذاری شده است. اولین تصویر تبارشناسی بدست آمده از جنس *Mus* مربوط به مطالعه RFLP (پلی‌مورفیسم طول قطعات بریده شده توسط آنزیم محدود کننده) زن‌های مختلف، mtDNA و دورگ گیری DNA/DNA می‌باشد (۳).

این جنس چندین سطح موفقیت‌آمیز از واگرایی را پشت سر گذاشته است که اولین سطح متعلق به جدایی زیر جنس *Mus* از سایر زیرجنس‌ها می‌باشد (۳). زیرجنس *Mus* دارای دو کلاد آسیایی (*M. cervicolor*, *M. cookii*)

نمونه‌های مورد استفاده در این مطالعه متعلق به موش خانگی (*M. musculus*) از ایران و *M. macedonicus* و *M. spicilegus* از اروپا می‌باشد. نمونه‌های ایران (۹۲ نمونه) از ۸ شهر مشهد، گناباد، گنبد، زابل، بیرجند، کرمان، شیراز و زنجان جمع‌آوری شده‌اند اما نمونه‌های اروپایی (۳۰ نمونه) نتیجه تولید مثل در حیوانخانه‌ای در فرانسه می‌باشند. همه نمونه‌ها از مجموعه جوندگان موزه جانورشناسی دانشگاه فردوسی مشهد (ZMFUM) به امانت گرفته شده‌اند.



شکل ۱. تصویر دیجیتال دندان آسیای آراره بالا (b) و آراره پایین

(a) در گونه *M. spicilegus* با استفاده از دوربین JVC

تصاویر دیجیتال از دندان‌های آسیای نمونه‌ها با استفاده از دوربین مداربسته JVC متصل به یک میکروسکوپ الیمپوس (BH2)، عدسی شیئی ۱ و بزرگنمایی  $2.5 \times$  گرفته شد (شکل ۱). سپس تصاویر با استفاده از نرم افزار tpsUtil v1.21 (۱۶) مرتب‌گردید و مجموعه‌ای از نقاط در امتداد خط پیرامونی دندان‌های آسیا (M1/, M2/, M1) با استفاده از نرم افزار tpsDig v2.12 گذاشته شد. بهترین حالت این روش، نقطه‌گذاری از یک مکان معین و به تعداد ۱۵۰ نقطه می‌باشد. برنامه GMTP version 2 (Geometric Morphometric tools package) (۱۸) برای تبدیل فرمت داده‌های نرم افزار Tps به فرمت قابل استفاده برای نرم افزار EFAwin (۷) استفاده می‌شود، سپس داده‌ها در نرم افزار EFAwin باز شده و تعداد هارمونی‌ها تعیین می‌شود که معمولاً ۱۵ هارمونی انتخاب می‌گردد. در نهایت نرم افزار GMTP فایل خروجی نرم افزار

همزمان از *M. musculus* (L. 1758) و *M. spretus* (Lataste 1883) جدا شدند و واگرایی *M. spicilegus* و *M. macedonicus* جدیداً روی داده است (۳). دو گونه *M. macedonicus* و *M. spicilegus* در زیستگاه‌های بستر مدیترانه ساکن هستند و همچنین با دو زیرگونه همسفره *M. musculus* در اوراسیا بصورت همجا زندگی می‌کنند (۵). موش مقدونیه، *M. macedonicus* از یوگسلاوی، شبه جزیره بالکان و خاورمیانه توسط Petrov و Ruzic (1983) گزارش شده است (۱۰، ۱۳). گونه *M. spicilegus* در اروپای مرکزی ساکن است (۵). موش خانگی (*M. musculus*) جدیدترین انشعاب جنس *Mus* می‌باشد و پیش از اشغال محدوده‌ی کنونی، یک تاریخ پیچیده‌ای از تمایزات را سپری کرده است (۱۱). موش خانگی دارای سه گونه بومی بعنوان نزدیک‌ترین خویشاوندان می‌باشد: *M. spicilegus*، *M. macedonicus* و *M. spretus* (۶، ۱۴). گونه موش خانگی از نزدیک‌ترین خویشاوندانش *M. spretus* و *M. spicilegus* در حدود ۱٫۱ میلیون سال قبل جدا شده است (۱۷).

مطالعات زیادی برای تمایز این گونه‌ها از یکدیگر صورت گرفته است، مانند مطالعه صفات دندانی و مجموعه‌ای که دو گونه *M. musculus* و *M. spicilegus* را از دیگر تاکسون‌های پاله آرکتیک غربی جدا می‌کند (۹)، و همچنین مطالعه شکل دندان‌های آسیا که *M. spicilegus* را از گونه موش اروپایی متمایز می‌نماید (۸).

آنالیز شکل بخشی از ریخت‌سنجی هندسی است که در توصیف تغییرات شکل کاملاً موفق می‌باشد (۱۵). در این مطالعه ریخت‌سنجی هندسی گونه‌های *M. macedonicus*، *M. spicilegus* و *M. musculus* با استفاده از روش خط پیرامونی بررسی می‌شود. هدف از این مطالعه تعیین تغییرات در شکل دندان‌های آسیا در گونه‌های بالا می‌باشد.

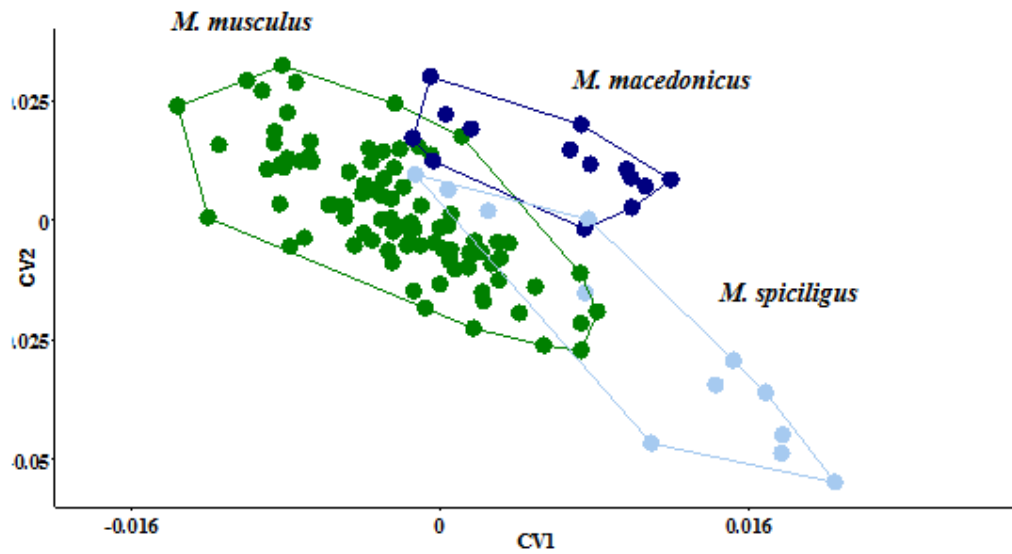
## مواد و روشها

مطالعات ریخت‌سنجی هندسی: آنالیز متغیرهای کانونی برای ضرایب هارمونیک اولین دندان آسیای آرواره بالا براساس مولفه اول و دوم، نشان دهنده تفاوت معناداری بین شکل دندان در گونه‌های مورد مطالعه است ( $P < 0.05$ ). گونه *M. musculus* در امتداد مولفه اول از دو گونه دیگر جدا می‌گردد و مولفه دوم در جدایی گونه *M. musculus* از *M. spicilegus* نقش دارد (شکل ۲).

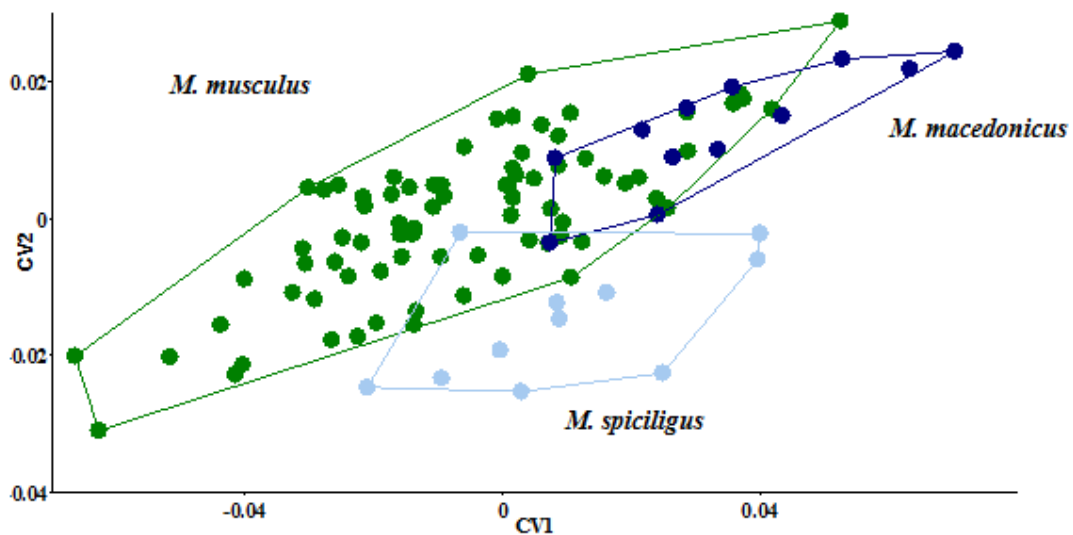
EFAwin را به فرمت قابل مطالعه در نرم افزار PAST تبدیل می‌کند.

تغییر در شکل دندان‌های آسیا در میان گونه‌ها با استفاده از آنالیز متغیرهای کانونی (CVA) ضرایب هارمونی و با استفاده از نرم افزار PAST بررسی می‌شود.

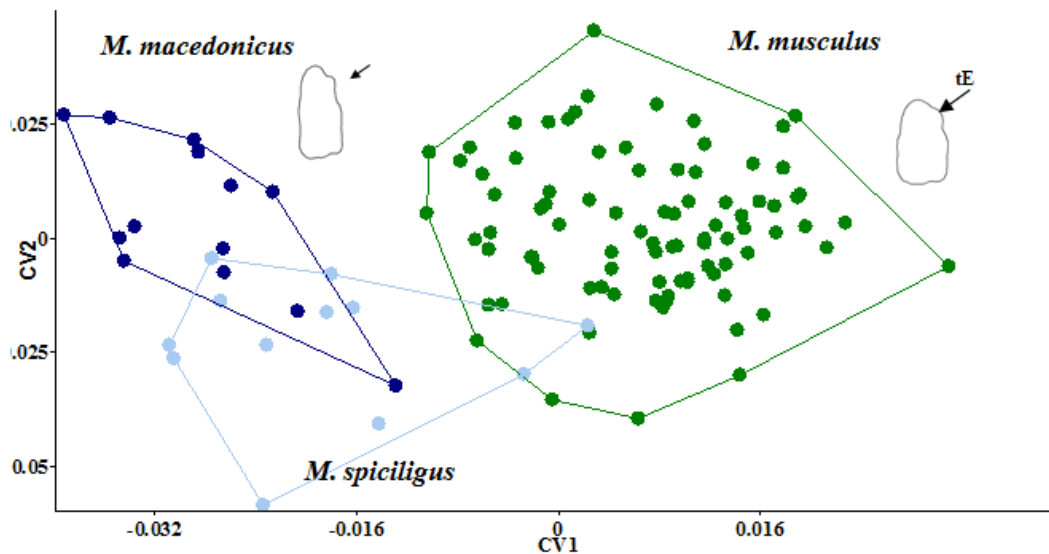
## نتایج



شکل ۲- نمودار حاصل از آنالیز متغیرهای کانونی برای اولین دندان آسیای آرواره بالا در سه گونه مورد مطالعه



شکل ۳- نمودار حاصل از آنالیز متغیرهای کانونی برای دومین دندان آسیای آرواره بالا



شکل ۴- نمودار حاصل از آنالیز متغیرهای کانونی برای اولین دندان آسیای آرواره پایین

تمایز بین گونه‌های موش دشوار است، به این دلیل که این گونه‌ها تمایل به با هم بودن دارند (۵). در میان روش‌های مختلف برای بررسی جدایی بین گونه‌ای، آنالیز شکل با استفاده از روش خط پیرامونی برای تمایز بین گونه‌ای گونه‌های نزدیک بسیار موثر است. در این مطالعه ما نشان می‌دهیم که ریخت‌سنجی هندسی دندان‌های آسیای یک ابزار قوی برای تمایز گونه‌های همسفره (*M. musculus*) از گونه‌های وحشی (*M. spicilegus*) و (*M. macedonicus*) است و این روش همانند ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی و مورفومتری کلاسیک (۱) نقش موثری در جدایی بین گونه‌ای دارد. موش خانگی و وحشی براساس شکل اولین و دومین دندان آسیای آرواره بالا (M1/ و M2/) و شکل اولین دندان آسیای آرواره پایین (M1/) از یکدیگر جدا می‌شوند که به دلیل تفاوت شکل دندان‌های آسیای می‌باشد (شکل ۲، ۳، ۴).

نتایج بدست آمده از روش خط پیرامونی دندان‌های آسیا در سه گونه فوق‌مطابق با مطالعات Cucchi et al. (۲۰۰۲) می‌باشد که با استفاده از روش خط پیرامونی اولین دندان

نمودار حاصل از آنالیز متغیرهای کانونی برای ضرایب هارمونیک دومین دندان آسیای آرواره بالا نشان می‌دهد که هر گونه ناحیه متفاوتی را بر روی نمودار اشغال کرده است و در نتیجه تفاوت معناداری بین شکل این دندان در گونه‌های مورد مطالعه وجود دارد. مولفه دوم در جدایی دو گونه *M. macedonicus* و *M. spicilegus* از یکدیگر نقش دارد (شکل ۳). شکل ۴ نمودار پراکنش گونه‌های مورد مطالعه را بر روی محورهای اول و دوم حاصل از آنالیز کانونی نشان می‌دهد. در این نمودار، گونه‌های *M. musculus*، *M. macedonicus* و *M. spicilegus* از یکدیگر جدا می‌شوند که نشان‌دهنده تفاوت معنادار در شکل اولین دندان آسیای آرواره پایین در بین سه گونه است. گونه *M. musculus* بر روی محور اول از دو گونه دیگر جدا می‌شود و دو گونه *M. macedonicus* و *M. spicilegus* در امتداد محور دوم از یکدیگر جدا می‌گردند.

## بحث

*M. musculus*، *M. macedonicus* و *M. spicilegus* نقش دارد. همچنین براساس مطالعات صورت گرفته بر روی اولین دندان آسیای آرواره پایین، صفت tE در شناسایی و جدایی زیرگونه های موش خانگی از یکدیگر نیز نقش دارد (۲).

براساس نتایج حاصل از آنالیز شکل دندانی می‌توان بیان کرد که تفاوت معناداری از لحاظ ریخت‌شناسی دندانی در بین سه گونه *M. musculus*، *M. macedonicus* و *M. spicilegus* وجود دارد که عاملی برای جدایی گونه‌ها از یکدیگر می‌باشد.

مطالعات فوق بیشتر روی ریخت‌شناسی دندانی تمرکز کرده است، در حالیکه عوامل محیطی با تاثیر روی مورفولوژی دندانی در جدایی گونه‌ها از یکدیگر موثر می‌باشد. در این مطالعه تاثیر عوامل اکولوژی و جغرافیایی روی شکل دندان‌های آسیا مورد مطالعه قرار نگرفته است به این دلیل که نمونه‌های *M. macedonicus* و *M. spicilegus* مورد مطالعه متعلق به حیوانخانه می‌باشد.

#### تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از گروه زیست‌شناسی و اعضای گروه جوئنده شناسی دانشگاه فردوسی مشهد برای در اختیار قرار دادن نمونه و ارائه پیشنهادات ارزشمند تشکر می‌نمایند.

آسیای آرواره پایین، موش خانگی (house mouse) را از *M. macedonicus* جدا کرد (۴).

نتایج حاصل از مطالعات ریخت‌سنجی هندسی دندانی نشان می‌دهد که در میان دندان‌های آسیا، اولین دندان آسیای آرواره بالا (M1/) دارای همپوشانی بین گونه‌ای است (شکل ۲). این نتیجه می‌تواند به این دلیل باشد که تغییر در ریخت‌شناسی اولین دندان آسیای آرواره بالا، M1/، از تغییرات ریخت‌شناسی دومین دندان آسیای آرواره بالا، M2/، و اولین دندان آسیای آرواره پایین، M1/، کمتر است.

البته عوامل زیادی روی شکل دندانی تاثیر می‌گذارند و از این طریق در جدایی گونه‌ها از یکدیگر نقش دارند. مانند برجستگی E (tE) که بر روی لب قدامی اولین دندان آسیای آرواره پایین قرار دارد (۱۲). این برجستگی در *M. macedonicus* و *M. spicilegus* توسعه یافته‌تر از موش خانگی، *M. musculus* می‌باشد (شکل ۴). در موش خانگی برجستگی روی لب قدامی M1/ سه وجهی‌تر از موش وحشی است. این نتایج موافق با نتایج حاصل از مطالعات Orsini (۱۹۸۲) می‌باشد که با استفاده از برجستگی E روی لب قدامی اولین دندان آسیای آرواره پایین، زیرگونه *M. m. domesticus* را از گونه‌های *M. m. macedonicus* و *M. spretus* جدا کرد (۱۲). بر این اساس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این برجستگی با تغییر روی شکل دندان آسیا، در جدایی سه گونه مورد مطالعه،

#### منابع

۱. درویش، ج. ۱۳۷۷. مطالعه تمایز مورفومتریک زیرگونه‌های موش خانگی (*Mus musculus*) اروپا، آسیا و شمال آفریقا. مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۷، شماره ۴ و ۳، ص ۷۱-۴۹.

۲. درویش، ج. ۱۳۸۲. تجزیه و تحلیل تغییرات ریختی دندان‌های آسیا در موش خانگی *Mus musculus* شرق ایران و بررسی قدمت نسبی در آنها در مقایسه با موش خانگی حوزه دریای مدیترانه. مجله زیست‌شناسی ایران، جلد ۱۶، شماره ۴، ص ۱۹-۱۲.

۳. Boursot, P., Auffray, J. C., Britton-Davidian, J., Bonhomme, F. 1993. The evolution of house mice. *Ann. Rev. Ecol. Sys.*, 24. PP: 119-152.

۴. Cucchi, T., Vigne, J. D., Auffray, J. C., Croft, P., Peltenburg, E., 2002. Unintentional introduction of the mouse domesticus (*Mus musculus domesticus*) Cyprus from the ancient pottery Neolithic (late ninth and eighth millennium BC. J.C.). *Accounts Reviews Palevol.* 1. PP: 235-241.

5. Cucchi, T., 2005. The passive transportation of the house mouse (*Mus musculus domesticus*) to Cyprus: New indirect evidence of intensive Neolithic navigation in Eastern Mediterranean. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium on Archaeozoology Southwestern Asia and Adjacent Areas, (ASAAA'05), ARC-Publicaties, London, PP: 61-67
6. Gouat, P., Katona, K., Poteaux, C., 2003. Is the socio-spatial distribution of mound-building mice, *Mus spicilegus*, compatible with a monogamous mating system. *Mammalia*, PP: 67: 15-24.
7. Isaev, M., 1995. EFA Win Program. Institute of Math Problems of Biology, Moscow Region, Russia (program).
8. Macholan, M., 1996a. Key to the European house mice (*Mus*). *Folia Zoologica*, 45. PP: 209-217.
9. Macholan, M., 1996b. Multivariate morphometric analysis of European species of the genus *Mus* (Mammalia, Muridae). *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 61. PP:304- 319.
10. Macholan, M., 1999c. *Mus macedonicus* Petrov & Ruzic, 1983. [In:] A.J. Mitchell-Jones, J. Amori, W. Bogdanowicz, B. Krystufek, P.J.H. Reijnders, F. Spitzenberger, M. Stubbe, J.B.M. Thissen, V. Vohralik, J. Zima (eds) \_ The Atlas of European Mammals. Academic Press, London, PP: 284-285.
11. Moriwaki, K., Shiroishi, T., Yonekawa, H., 1994. The House Mouse as a Ring Species. [In:] K Moriwaki, T. Shiroishi, H. Yonekawa (eds) \_ Genetics in Wild Mice its Application to Biomedical Research. Japan Scientific Societies Press, Tokyo, PP: 13-23.
12. Orsini, P., 1982. Factors governing the distribution of mouse in Europe: interests of model mouse for an approach of evolutionary process. Thesis, University of Montellier II.
13. Petrov, B., Ruzic, A., 1983. Preliminary report on the taxonomic status of the members of the genus *Mus* in Yugoslavia with description of a new subspecies *Mus hortulanus macedonicus* ssp.n., Rodentia, Mamm.). Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Symposium on the Serbian Fauna, (SF'83), Beograd, PP: 175-178.
14. Prager, M., Orrego, C., Sage, R. D., 1998. Genetic variation and phylogeography of Central Asian and other house mice, including a major new mitochondrial lineage in Yemen. *Genetic Society of American*, 150. PP: 835- 861.
15. Rohlf, F. J., 2000. On the use of shape spaces to compare morphometric methods. *Hystrix*, 11. PP: 9-25.
16. Rohlf, F. J., 2003. TPSutil-TPS Utility Program. *Stony Brook University*, New York
17. She, J. X., Bonhomme, F., Boursot, P., Thaler, L., and F. M., Catzeflis., 1990. Molecular phylogenies in the genus *Mus*: Comparative analysis of electrophoretic, scnDNA hybridization and mtDNA RFLP data. *Biol. J. Lin. Soc.*, 41. PP: 83-103.
18. Taravati, S., 2009. Geometric Morphometric Tools Package (GMTP program). Rodents Research Department of Ferdowsi University of Mashhad.

## A Geometric Morphometric Analysis of the Molars in Three Species of the Subgenus *Mus* (Rodentia, Muridae) Based on Outline Method

Shabani M.<sup>1</sup>, Darvish J.<sup>1,2</sup> and Ghassemzadeh F.<sup>1</sup>

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

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

### Abstract

A relatively new technique of geometric morphometric was applied in a variety of biological fields that relies on study of shape variation. In this study the variation in the shape of the upper and lower molars among 122 mice, belong to one species from Iran (*Mus musculus*) and two species from Europe (*Mus macedonicus*, *Mus spicilegus*) of the subgenus *Mus*, were studied with outline-based geometric morphometric method. Specimens from Iran were collected from eight regions and the European species come from an animal breeding animal home in France. Results of Canonical Variate Analysis (CVA) showed significant differences between dental shape of three studied species and indicate differences between *M. macedonicus*, *M. spicilegus* from Europe and *M. musculus* from Iran. Among molars, second upper and first lower molar have more effect in separation *M. musculus*, *M. macedonicus* and *M. spicilegus* from each other. As a result, we can conclude that this method provides a useful way to visualize molar variation in shape.

**Key words:** geometric morphometric, outline, molars, *Mus*,