

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد حشره شناسی کشاورزی

بررسی تنوع بین جمعیتی سوسک سرخرطومی گیلاس

(Coleoptera: *Rhynchites auratus* Curculionidae)

به روش ریخت سنجی هندسی

نگارنده: محمدابراهیم اسکندری

اساتید راهنما:

دکتر مسعود حکیمی تبار

دکتر علی درخشان شادمه‌ری

اردیبهشت ۱۳۹۷

شماره: ۱۵۳  
تاریخ: ۱۳۹۷/۳/۲۹

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صور جلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمد ابراهیم اسکندری با شماره دانشجویی ۹۴۳۷۱۰۴ رشته مهندسی کشاورزی گرایش حشره شناسی تحت عنوان بررسی تنوع بین جمعیتی موسک سرخرطومی گیلاس *Rhynchites auratus* (Coleoptera) (Scop) Curculionidae) به روش ریخت سنجی هندمی که در تاریخ ۱۳۹۷/۲/۱۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: ...):  مردود   
نوع تحقیق: نظری  عملی

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر مسعود حکیمی تبار	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر علی درخشان شادمهری	استادیار	
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر حجت الله بدایق	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر مریم عجم حسینی	استادیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر شیده موجرلو	استادیار	



نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تصیر: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

## سپاسگزاری

سپاس و ستایش ایزد جهان آفرین راست، آن که اختران رخشان به پاکی و روشنی او تابنده اند و چرخ گردان به خواست و فرمان او پاینده.

پروردگارا، تو را سپاس می‌گویم به خاطر هر آنچه که به من بخشیدی و اینک باری دیگر شکرگزار درگاہت می‌شوم بخاطر فرصتی که برای انجام این تحقیق به من عطا نمودی تا بنوانم گامی در جهت خدمت به کشور عزیزم برداشته باشم. اینک که به یاری خداوند پایان نامه خود را در مقطع کارشناسی ارشد به پایان رسانده‌ام بر خود لازم می‌دانم از کلیه عزیزانی که به هر نحوی مرا در انجام این تحقیق راهنمایی و مساعدت فرمودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

ابتدا از استاد ارجمند و بزرگوام جناب آقای دکتر مسعود حکیمی تبار که با راهنمایی‌های ارزنده و رهگشای خویش مرا در تمامی مراحل تحقیق یاری فرمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

مراتب سپاس خود را از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر علی درخشان شادمه‌ری به خاطر زحمات بی‌دریغ و راهنمایی‌های مفید و ارزشمندشان خاضعانه ابراز می‌دارم.

همچنین از سرکار خانم‌ها دکتر مریم عجم حسنی و دکتر شیده موجرلو سروران گرانقدر که به عنوان اساتید ناظر در این تحقیق با مطالعه و ارائه نظرات سودمند به داوری نشستند، نهایت تشکر را دارم.

لازم است از جناب آقای دکتر احمدرضا کاتوزیان از اساتید دانشگاه تهران به خاطر بذل لطف و همکاری صمیمانه‌شان در تجزیه و تحلیل‌های آماری این پژوهش و نیز تبادل نظرات بسیار گرانبها در تهیه نمودارها و راه‌حلهای آماری صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

فرصت را مغتنم می‌شمارم که از جناب آقای دکتر حجت اله بدایقی نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع تشکرات لازم را داشته باشم.

از همکلاسی‌های محترم کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی ورودی سال ۹۴ که پشته‌ای بزرگ برای دغدغه‌های علمی و غیرعلمی من بودند، بسیار سپاس گزارم.

بدون توجه به کمک‌های مادی و معنوی خانواده عزیزم هیچ‌گاه خود را در مسیر علم متصور نبوده و تا آخرین لحظات عمر مدیون این عزیزان هستم. در نهایت از فرد اول و آخر زندگی‌ام، همسر عزیزم که همواره پشتیبان و مشوق بنده در تمامی مراحل علمی این پایان‌نامه بوده است سپاس فراوان دارم.

## تعهد نامه

اینجانب محمد ابراهیم اسکندری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد حشره شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی تنوع بین جمعیتی سوسک سرخرطومی گیلاس

**Curculionidae) Rhynchites auratus (Coleoptera: به روش ریخت سنجی هندسی**

تحت راهنمایی های دکتر مسعود حکیمی تبار و دکتر علی درخشان شادمهری متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

## تاریخ

## امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## چکیده

سرخرطومی گیلاس *Rhynchites auratus* آفتی است با منشأ پالئارکتیک که با توزیع در سراسر ایران اهمیت زیادی دارد. به دلیل فقدان اطلاعات از جمعیت‌های مختلف ایرانی سرخرطومی گیلاس، در این پژوهش شش جمعیت بسطام، مجن، چهارباغ استان گلستان، مشکین دشت کرج، الموت قزوین و مشهد مورد مطالعات ریخت‌سنجی سنتی و هندسی واقع شد. ریخت‌سنجی هندسی به عنوان ابزاری قوی در تحلیل کمی و آماری شکل آناتومی در بررسی سه ساختار پیش‌گرده، بال‌پوش و خرطوم مورد استفاده قرار گرفت. تحلیل تک‌متغیره برای صفات متریک، و آزمون‌های چندمتغیر (واریانس چندمتغیره، تجزیه به مولفه‌های اصلی و تحلیل کانونیک) در تحلیل ریخت‌سنجی هندسی مورد استفاده قرار گرفت. ریخت‌سنجی هندسی تفاوت‌های معنی‌داری را در شکل پیش‌گرده و همچنین در شکل بال‌پوش و خرطوم و نسبت‌های آن‌ها نشان داد. بررسی ریخت‌سنجی هندسی این جمعیت‌ها، وجود اختلاف معنی‌دار در جمعیت گلستان نسبت به جمعیت‌های دیگر را نشان می‌دهد. این جدایی احتمالاً تاثیر گرفته از شرایط آب و هوایی و اکولوژی متفاوت بر جمعیت‌های مختلف است.

کلمات کلیدی: سوسک سرخرطومی گیلاس، ریخت‌سنجی هندسی

# فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و بررسی منابع	۱
مقدمه و کلیات	۲
بررسی منابع	۶
۱-۱- تاریخچه و ضرورت مطالعه جمعیت‌های حشرات	۶
۲-۱- روش‌های متداول برای ارزیابی تنوع جمعیتها	۷
۱-۲-۱- روش‌های مرفولوژیک	۷
۲-۲-۱- مرفومتريک سنتی (Traditional Morphometrics)	۹
۳-۲-۱- مرفومتريک هندسی (ژئومتريک مرفومتريک)	۱۲
۴-۲-۱- نحوه تحلیل ریخت سنجی هندسی	۱۴
۵-۲-۱- تحلیل برون خط	۱۵
۶-۲-۱- تحلیل فوریه بیضی (Elliptical Fourier Analysis)	۱۵
۳-۱- مفهوم جمعیت در سیستماتیک	۱۶
۱-۳-۱- نحوه شکل‌گیری نگاه جمعیتی به گونه	۱۶
۲-۳-۱- عوامل ایجاد تغییر در جمعیت‌ها	۱۶
۳-۳-۱- اهمیت مطالعه جمعیت‌ها	۱۷
۴-۳-۱- تشخیص و تعیین حدود جمعیتها	۱۷
۵-۳-۱- اهمیت استفاده از صفات ریختی	۱۸
۴-۱- تاریخچه تحقیق بر روی سرخرطومی گیلان (Rhynchites auratus)	۱۹
۵-۱- مشخصات ظاهری سوسک سرخرطومی گیلان	۲۰
۶-۱- زیست‌شناسی سرخرطومی گیلان	۲۰
۷-۱- نحوه خسارت آفت سرخرطومی گیلان	۲۳
۸-۱- پژوهش‌های انجام شده روی قاب بالان با روش ریخت سنجی هندسی	۲۳



فصل دوم: مواد و روش ها .....	۲۵
۱-۲- جمع آوری و آماده سازی نمونه ها .....	۲۶
۲-۲- عکس برداری .....	۲۸
۳-۲- آماده سازی داده ها .....	۲۹
۴-۲- انتخاب سازمان مرفولوژیک و لندمارکها .....	۳۰
۵-۲- کمی کردن تصاویر .....	۳۰
۶-۲- استفاده از مجموعه نرم افزارهای tps .....	۳۱
۷-۲- شکل فضائی کندال (Kendall's Shape Space) .....	۳۴
۸-۲- متغیرهای شکلی (Weight Matrix) .....	۳۶
۹-۲- صفحات فلزی نازک (Thin Plate-Splines) (TPS) .....	۳۷
۱۰-۲- متغیرها و تعداد افراد در هر جمعیت .....	۴۲
۱۱-۲- تجزیه و تحلیل‌های آماری .....	۴۳
۱-۱۱-۲- آزمونهای مقدماتی .....	۴۳
۲-۱۱-۲- آزمون توزیع نرمال .....	۴۳
فصل سوم: نتایج .....	۴۹
۱-۳- ریخت سنجی هندسی .....	۵۰
۲-۳- تجزیه به مولفه‌های اصلی Principal Component Analysis .....	۵۰
۱-۲-۳- نمودار سنگ ریزه (Scree plot): .....	۵۲
۳-۳- تجزیه متغیر کانونیک (Canonical Discriminant Analysis) .....	۶۰
فصل چهارم: بحث .....	۷۱
منابع .....	۷۸

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ لارو زمستانگذران سرخرطومی گیلاس (اقتباس از دزیانیان، ۱۳۸۴)..... ۲۱
- شکل ۱-۲ لارو زمستانگذران سرخرطومی گیلاس درون لانه گلی (اقتباس از دزیانیان، ۱۳۸۴)..... ۲۲
- شکل ۱-۳ حشرات کامل نر (چپ) و ماده (راست) سرخرطومی گیلاس (مقیاس ۱ میلیمتر)..... ۲۲
- (اقتباس از دزیانیان، ۱۳۸۴)..... ۲۲
- شکل ۱-۴ تخم سرخرطومی گیلاس (اقتباس از دزیانیان، ۱۳۸۴)..... ۲۲
- شکل ۲-۱-۱ آماده کردن عکس ها برای آنالیز مرفومتربیک هندسی..... ۲۹
- شکل ۲-۲-۱ مختصات لندهمارک ها روی بالپوش (عکس اصلی)..... ۳۲
- شکل ۲-۲-۲ مختصات لندهمارک ها روی پیش گرده (عکس اصلی)..... ۳۲
- شکل ۲-۲-۳ مختصات لندهمارک ها روی خرطوم (عکس اصلی)..... ۳۲
- شکل ۲-۵: شکل فضایی کندال و نقاط روی سطح آن که معرف افراد نمونه پس از تراز کردن و حذف اطلاعات مازاد بر داده‌های شکلی است (Rohlf, 1999, tpsTree)..... ۳۴
- شکل ۱-۳-۱ نمودار جداسازی نمونه های ایستگاه های مختلف با استفاده از مولفه های ۱ و ۲ در آزمون DA به همراه مرکزیت هر کدام از ایستگاه ها برای هر دو جنس نر و ماده سرخرطومی گیلاس..... ۶۵
- شکل ۲-۳-۱ نمودار جداسازی نمونه های ایستگاه های مختلف با استفاده از مولفه های ۱ و ۲ در آزمون DA به همراه مرکزیت هر کدام از ایستگاه ها برای جمعیت جنس نر سرخرطومی گیلاس..... ۶۵
- شکل ۳-۳-۱ نمودار جداسازی نمونه های ایستگاه های مختلف با استفاده از مولفه های ۱ و ۲ در آزمون DA به همراه مرکزیت هر کدام از ایستگاه ها برای جمعیت جنس ماده سرخرطومی گیلاس..... ۶۶

## فهرست جداول

- جدول ۱-۲- اطلاعات جغرافیایی و تعداد کل نمونه های آماده سازی شده در هر ایستگاه. .... ۲۷
- جدول ۲-۲- مناطق نمونهبرداری از سوسک سرخرطومی گیلان و کد مربوط به هر منطقه ..... ۲۸
- جدول ۳-۲: تعداد نمونه های استفاده شده برای هر بخش آناتومیک هندسی به تفکیک ایستگاه و جنسیت در تحلیل ریخت سنجی هندسی..... ۲۹
- جدول ۳-۲- توصیف متغیرهای متریک مورد استفاده در تحلیل ریخت سنجی هندسی (صناعی، ۱۳۹۴) ..... ۳۳
- جدول ۴-۲: تعداد تصاویر بالپوش، پیش گرده و خرطوم در جمعیت های نر و ماده سوسک سرخرطومی گیلان..... ۴۱
- جدول ۱-۳- توزیع واریانس شش مولفه نخست استخراج شده از تحلیل PCA برای افراد نر و ماده سرخرطومی گیلان ..... ۵۱
- جدول ۲-۳- جدول توزیع واریانس برای شش مولفه نخست استخراج شده از تحلیل PCA برای افراد نر سرخرطومی گیلان..... ۵۱
- جدول ۳-۳- جدول توزیع واریانس برای شش مولفه نخست استخراج شده از تحلیل PCA برای افراد ماده سرخرطومی گیلان..... ۵۲
- جدول ۴-۳- ماتریس تاثیرگذاری متغیرها در مولفه های اصلی معین کننده تغییرات مشاهده شده در متغیرهای اندازه گیری شده در نمونه های جنس نر و ماده..... ۵۶
- جدول ۵-۳- ماتریس تاثیرگذاری متغیرها در مولفه های اصلی معین کننده تغییرات مشاهده شده در متغیرهای اندازه گیری شده در نمونه های جنس نر..... ۵۷
- جدول ۶-۳- ماتریس تاثیرگذاری متغیرها در مولفه های اصلی معین کننده تغییرات مشاهده شده در متغیرهای اندازه گیری شده در نمونه های جنس ماده..... ۵۸

- جدول ۳-۷- تجزیه CDA به منظور بررسی تاثیر متغیرهای اندازه گیری شده در دسته بندی صحیح نمونه ها در ایستگاه های اولیه مورد بررسی برای همه نمونه ها (نر و ماده)..... ۶۱
- جدول ۳-۸- تجزیه CDA به منظور بررسی تاثیر متغیرهای اندازه گیری شده در دسته بندی صحیح نمونه ها در ایستگاه های اولیه مورد بررسی برای همه نمونه های نر و ماده ..... ۶۲
- جدول ۳-۹- ضرایب استاندارد کانونیکی صفات اندازه گیری شده در جمعیت های نر و ماده مطالعه شده ..... ۶۴
- جدول ۳-۱۰- نتایج گروه بندی و صحت این نتایج برای جمعیت های جنس نر و ماده سرخرطومی گیلان ..... ۶۷
- جدول ۳-۱۱- نتایج گروه بندی و صحت این نتایج برای جمعیت های جنس نر و ماده سرخرطومی گیلان به تفکیک..... ۶۸

## فهرست نمودارها

نمودار ۱-۲-۳ نمودار سنگ ریزه (Scree plot) تمام نمونه های نر و ماده مربوط به همه مناطق برای تعیین تعداد عامل ها.....	۵۴
نمودار ۲-۲-۳ نمودار سنگ ریزه (Scree plot) تمام نمونه های نر مربوط به همه مناطق برای تعیین تعداد عامل ها.....	۵۴
نمودار ۳-۲-۳ نمودار سنگ ریزه (Scree plot) تمام نمونه های ماده مربوط به همه مناطق برای تعیین تعداد عامل ها.....	۵۵
نمودار ۳-۳ نمودار وضعیت تاثیرگذاری متغیرهای اندازه گیری شده در توجیه واریانس موجود براساس مولفه های ۱ تا ۳ آزمون PCA در جمعیت های نر و ماده سرخرطومی گیلان.....	۵۹
نمودار ۴-۳ نمودار وضعیت تاثیرگذاری متغیرهای اندازه گیری شده در توجیه واریانس موجود براساس مولفه های ۱ تا ۳ آزمون PCA در جمعیت های نر سرخرطومی گیلان.....	۵۹
نمودار ۵-۳ نمودار وضعیت تاثیرگذاری متغیرهای اندازه گیری شده در توجیه واریانس موجود براساس مولفه های ۱ تا ۳ آزمون PCA در جمعیت های ماده سرخرطومی گیلان.....	۶۰
نمودار ۶-۳ تاثیر گذاری هر کدام از متغیرها در دسته بندی صحیح جمعیت های نر و ماده سرخرطومی گیلان.....	۶۹
نمودار ۷-۳ تاثیر گذاری هر کدام از متغیرها در دسته بندی صحیح جمعیت های ماده سرخرطومی گیلان.....	۷۰
نمودار ۸-۳ تاثیر گذاری هر کدام از متغیرها در دسته بندی صحیح جمعیت های نر سرخرطومی گیلان.....	۷۰



# فصل اول

## مقدمه و بررسی منابع

## مقدمه و کلیات

آب و غذا چالش اصلی جوامع آینده است و اگر برنامه‌ریزی درستی در بخش کشاورزی انجام نشود، آینده بشر از این جهت مورد تهدید قرار می‌گیرد. کشاورزی یکی از مقوله‌های اقتدار و امنیت ملی هر کشوری است زیرا تأمین غذای موردنیاز جامعه یکی از مهم‌ترین حوزه‌های اقتصادی کشور محسوب می‌شود. این بخش از یکسو سهم بالایی در ارزش افزوده اقتصاد کشور دارد و از سوی دیگر سهم بالایی در حوزه اشتغال به خود اختصاص داده است. به علت اطلاع اندک از دانش کشاورزی پایدار، کشاورزان هر ساله برای حفظ محصولات کشاورزی اقدام به سم پاشی‌های وسیع در چند نوبت می‌کنند. ناگفته پیداست که چه حجمی از سموم شیمیایی وارد محصولات مصرفی و آب‌های زیرزمینی می‌شود، که مطالعه روی میزان و نوع مواد شیمیایی خطرناک که وارد آب، خاک و محصولات کشاورزی می‌شود می‌تواند تا حدود زیادی باعث بالا بردن سطح آگاهی کشاورزان و افراد مرتبط گردد و از مصرف بی‌رویه مواد شیمیایی جلوگیری کند.

باغات میوه هسته دار در کشور از اهمیت اقتصادی و اجتماعی ویژه‌ای برخوردار است. در سال ۱۳۹۳ سطح باغات آلبالو و گیلاس کل کشور ایران ۴۸۶۵۴ هکتار و میزان تولید و عملکرد محصول ۳۸۳۶۹۴ کیلوگرم در هکتار بوده است. سطح زیر کشت باغ‌های آلبالو و گیلاس استان سمنان ۱۲۰۸ هکتار است که قریب به ۹۰۰ هکتار آن در شهرستان شاهرود قرار دارد. سهم سطح زیر کشت باغات آلبالو و گیلاس استان البرز ۳۲۲۱ هکتار با میزان عملکرد ۴۳۵۷۷ کیلوگرم در هکتار و استان تهران ۷۰۱۶ هکتار با میزان عملکرد ۹۲۳۳۸ کیلوگرم در هکتار، استان گلستان ۹۸/۸ هکتار با عملکرد محصول ۷۱۷ کیلوگرم در هکتار، استان قزوین ۳۹۸۰ هکتار با عملکرد محصول ۱۰۹۰۲ کیلوگرم در هکتار، استان خراسان شمالی ۱۱۹۰ هکتار با میزان عملکرد ۵۶۹۸ کیلوگرم در هکتار و استان خراسان رضوی ۱۰۱۰۲ هکتار با میزان عملکرد محصول ۵۵۷۰۱ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۹۳ بوده است



(آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۳). آلبالو و گیلاس علاوه بر مصرف تازه خوری در تهیه کمپوت و مربا کاربرد دارند.

این باغات همه ساله مورد هجوم آفات و بیماریها قرار می‌گیرند که از آفات مهم می‌توان به آفت سرخرطومی گیلاس (*Rhynchites auratus* (Scop) از خانواده Curculionidae اشاره کرد که در حال حاضر به عنوان مهم‌ترین آفت درختان گیلاس، آلبالو و آلبالو چمپا در بسیاری از مناطق کشور بویژه منطقه شاهرود مطرح است. اسماعیلی<sup>۱</sup> (۱۹۸۴) معتقد است که از جنس *Rhynchites*، سه گونه در کشور وجود دارد. این گونه‌ها عبارتند از: *R. heros* Roelofs، *R. smyrnensis* و *R. auratus* Scop که دو گونه اول فراوان تر از گونه سوم است. رجبی<sup>۲</sup> (۱۹۹۱) معتقد است که در شناسایی دقیق گونه های جنس *Rhynchites* در ایران تردید وجود دارد.

سرخرطومی در کلیه باغات میوه گیلاس به عنوان آفت مهم محسوب می‌شود. این سوسک با تغذیه از میوه گیلاس در زمان ۴ تا ۵ میلی‌متری بصورت قلوه کن از بافت گوشتی میوه می‌خورد و باعث ایجاد خسارت می‌شود. حشره ماده به منظور تخم‌ریزی در روی میوه سوراخهایی ایجاد می‌کند. این سوراخها تا نزدیکی سطح هسته امتداد دارند و لاروهای جوان پس از خروج از تخم از دیواره نرم هسته وارد آن شده و موجب از بین رفتن کامل هسته می‌گردند. در عین حال میوه های آلوده به طور عادی رشد می‌کنند ولی سوراخهای تخم‌ریزی در سطح میوه نمایان است. این آفت از اکثر باغهای میوه در ایران گزارش شده است و همچنین در بعضی از کشورهای اروپایی و شرق دریای مدیترانه و جنوب روسیه انتشار دارد. این حشره زمستان را به صورت لارو کامل در داخل هسته میوه های آلوده که در روی زمین می‌افتد و یا در زیر خاک بسر می‌برند. در بهار پس از تشکیل میوه حشره کامل ظاهر می‌شود و بعد از کمی تغذیه از برگ، در گوشت میوه سوراخی ایجاد می‌کند و سپس خرطوم خود را خارج نموده و انتهای شکم را وارد حفره می‌نماید و یک تخم در سطح هسته قرار می‌دهد.

---

<sup>۱</sup>. Smaili  
<sup>۲</sup> Rajabi

اقدامات لازم جهت کنترل این آفت زمانی موثر خواهد بود که تحقیقات کافی انجام شده باشد. عمده-ترین این تحقیقات شامل طبقه‌بندی آفت، تعیین مناطق آلوده، بررسی‌های زیست‌شناسی، اکولوژیکی و تعیین انبوهی حشره می‌باشد. پر واضح است که تغییرات و تنوع در جمعیت‌های سرخرطومی گیلاس می‌تواند بر روی رفتارهای تغذیه‌ای، رجحان میزبانی و تولید مثل و ... آفت بسیار تاثیرگذار باشد. این نکته از این جهت حائز اهمیت است که در صورت وجود این اختلافات در جمعیت‌های محلی و جغرافیایی آفت باید شیوه و نحوه کاربرد عملیات کنترل را با توجه به مشخصات منطقه‌ای تغییر داد و از کاربرد روشهای کنترلی مشابه و تقویمی در نقاط مختلف پرهیز نمود. هدف نهایی از کلیه پژوهش‌ها دستیابی به یک راهکار مناسب در برنامه‌ی مدیریت تلفیقی این آفت است. در عین حال در هیچکدام از طرح‌هایی که در این زمینه به انجام رسیده است ساختار جمعیت‌های این سوسک سرخرطومی مورد بررسی قرار نگرفته است.

در مطالعه ساختار جمعیت‌های یک گونه سعی می‌شود تا از طریق بررسی ویژگی‌های مرفولوژیک، آنزیماتیک و یا ماده وراثتی به صورت مستقیم یا غیر مستقیم اختلاف‌های احتمالی موجود در میان جمعیت‌های یک گونه که ترجیحاً پایه و اساس ژنتیک داشته باشند، مشخص گردد. نتایج مقایسه جمعیت‌های متعدد یک آفت می‌تواند حاوی اطلاعاتی باشد که در ارائه دیدگاه مناسب برای پیش‌بینی واکنش جمعیت‌ها به ابزارهای کنترل و برنامه‌ریزی مدیریت آن آفت مورد استفاده قرار گیرد.

بدیهی است که نقش علم رده‌بندی جانوران در این زمینه، شناسایی صحیح جانوران مفید و مضر کشاورزی است که قسمت عمده آنها را تشکیل می‌دهد. ناتوانی در تشخیص صحیح جمعیت‌های مشخص، پی‌آمدهای سخت و پرهزینه‌ای را برای کنترل جمعیت آفات به بار خواهد آورد. تشخیص جمعیت‌های حشرات باید به طور صحیح انجام شود، چرا که این جمعیت‌ها در عین حال که شباهت-های ظاهری زیادی دارند، تفاوت‌های زیادی نیز باهم دارند (Menken and Raijman, 1996). تنوع وسیع مرفولوژیک و رفتاری در جمعیت‌های حشرات گاهی نشان دهنده تنوع ژنتیکی مختلف همراه با راهکارهای مختلف است که در مطالعه، مدیریت و کنترل حشرات آفت بسیار مهم است. به همین

دلیل مطالعه تنوع بین و درون جمعیتی مانند تغییرات فنوتیپی ناشی از شرایط اکولوژیک و جغرافیایی، تنوع میزبانی و تغییرات ژنتیکی در شناخت خصوصیات حشرات آفت در جهت کنترل آنها بسیار ضروری است (Weins, 1999). برای مطالعه جمعیت‌ها، ابزارها و شیوه‌های متعددی وجود دارد که یکی از روش‌های متداول روش مرفومتريک است. مرفومتريک یک ابزار تحلیلی بسیار مفید اندازه-گیری برای تجزیه فرم و شکل در تحقیقات بیوسیستماتیک است (Rohlf, 1990; Pavlinov, 2001). لذا با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل ژئومتريک مرفومتريک می‌توان جمعیت‌های محلی و جغرافیایی سرخرطومی گیلاس را تشخیص داده و عملیات کنترل را با توجه به مشخصات منطقه‌ای تغییر داد و از کاربرد روش‌های کنترلی مشابه و تقویمی در نقاط مختلف پرهیز نمود. در این تحقیق با استفاده از روش‌های مرفومتريک ژئومتريک، شناسایی دقیق گونه سرخرطومی گیلاس انجام خواهد شد.

### ۱-۱- تاریخچه و ضرورت مطالعه جمعیت‌های حشرات

دانش تاکسونومی یکی از رشته‌های علمی است که دائماً مورد تغییر و تحول بوده و از زمانی که به وسیله بنیانگذاران آن ابداع شده است لحظه‌ای در سکون نبوده است. تاریخچه علم طبقه‌بندی موجودات زنده به قدمت عمر بشر می‌رسد. دانش سیستماتیک موجودات زنده پس از طی دو دوره مطالعه فون‌های محلی و قبول تکامل وارد دور سوم مطالعه جمعیت‌ها گردید. اگر چه مطالعات در دور اول پیرامون سطوح بالاتر رده‌بندی و توجه به فرم‌های اجدادی و حلقه‌های مفقود شده زنجیره تکاملی معطوف گردید ولی در دوران مطالعه جمعیت‌ها، بررسی‌های بین گونه‌ای، تغییرات داخل جمعیت‌ها و اختلاف‌های جزئی با جمعیت‌های مجاور رواج یافت. در حقیقت ریشه مطالعه تنوع بین گونه‌ها و جمعیت‌ها به زمان‌های گذشته باز می‌گردد. تلاش برای طبقه‌بندی موجودات زنده به قدمت مشغولیت انسان با طبیعت زنده است و ارسطو (۳۸۴-۳۲۲ ق.م.) دانش طبقه‌بندی قبل از زمان خود را جمع‌آوری و آن را مرتب نموده است. اگرچه قانون مشخصی برای نامگذاری جانوران و گیاهان وضع نکرد ولی آنها را بر حسب طرز زندگی، رفتار و یا شکل، طبقه‌بندی نمود و در نوشته‌های خود اصطلاحات آرواره-داران، بال‌داران و بدون بال‌داران را بکار برده است.

جان ری (1627-1702) اولین کسی بود که گونه را به عنوان واحد تولیدمثلی معرفی و توصیف کرد و روش ارسطو را درهم ریخت و اساس طبقه‌بندی جنس و گونه را بنیان نهاد و کارهای او روی مطالعات بعدی اثر فراوان گذاشت. لینه نامگذاری مرتب هر دو سلسله جانوری و گیاهی را بنا نهاد. کار بزرگ او نامگذاری دو اسمی بود و او را پدر علم تاکسونومی نام نهادند.

آدانسون (1727-1806) گیاه‌شناس فرانسوی و هم‌عصر و رقیب لینه، اولین کسی بود که طبقه‌بندی براساس یک یا چند خصوصیات را رد کرد و اعتقاد داشت که برای رده‌بندی باید تعداد بیشتری از خصوصیات مشاهده و با هم مقایسه شوند که مفهوم تفکر او امروزه به صورت تاکسونومی عددی در-

آمده است. لامارک (1744-1829) یازده جلد کتاب در زمینه مرفولوژی و طبقه‌بندی جانوران انتشار داد. او دیدگاه تکاملی داشت و پایه‌گذار استفاده از تاریخ تکامل در سیستماتیک بود.

کوویر (1769-1832) منتقد لامارک و مبدع آناتومی مقایسه‌ای، اولین کسی بود که نمونه‌های فسیل را در طبقه‌بندی وارد کرد. داروین (1859) کتاب منشاء گونه‌ها در طی انتخاب طبیعی را انتشار داد و نقش تکامل را در توسعه گونه‌ها بیان نمود، در حقیقت او به تکامل معتقد بود.

هیکت (1834-1919) روش استفاده از درخت توسعه تکاملی یا درخت فیلوژنی در سیستماتیک را ارائه داد. مایر (1999) در سال‌های نزدیک ۱۹۳۰ به اهمیت بررسی جمعیت‌ها پی برده و در سال ۱۹۴۲ گونه را به عنوان جمعیت‌های طبیعی تلاقی‌کننده بین خود تعریف کرد. پس از آن سیستماتیک زیستی توسعه یافت و تاکسونومیست‌ها پی بردند که افراد متعلق به جمعیت‌ها هستند و باید به عنوان نمونه‌هایی از جمعیت‌های طبیعی و نه بصورت فردی بررسی شوند. سپس نگاه تاکسونومیست‌ها از موزه‌ها به طبیعت معطوف شد و خصوصیات طبیعی مانند رفتارشناسی، ژنتیک، اکولوژی، فیزیولوژی، مرفولوژیک، جغرافیای جانوری و بیوشیمی در امر تاکسونومی مورد استفاده قرار گرفت و تاکسونومی بیولوژیک نام نهاده شد (Mayr, 1999 و Claridge, 1992).

## ۱-۲-۲- روش‌های متداول برای ارزیابی تنوع جمعیت‌ها

### ۱-۲-۱- روش‌های مرفولوژیک

تنوع موجودات زنده از بدو پیدایش تمدن مورد توجه بشر بوده است و از آن زمان تا قرن‌ها بعد دسته‌بندی تاکسونومی و درک تنوع زیستی آنها هر دو بر اساس توصیف اشکال مرفولوژیک استوار بوده است. بیشترین تئوری‌هایی که در پس مطالعات فیلوژنی موجودات قرار دارد بر اساس این فرض است که تفاوت‌های مرفولوژیک تا حدودی منعکس‌کننده تنوع ژنتیک جمعیت‌ها است (Koehl, 1996). در عین حال وجود گونه‌های بیولوژیک جداگانه با مرفولوژی مشابه باعث شده است که بسیاری از گونه‌های شناخته شده در حقیقت مجموعه‌ای از گونه‌های سیپلینگ و یا مخفی را شامل گردند (Mayr,

(1942). مرفومتري روشی برای کسب اطلاعات از اندازه و شکل از ساختارهای بیولوژیک و تجزیه تحلیل تنوع جمعیتی است (Rohlf, 1996). روش مرفومتري در بین روش‌های مطالعه جمعیت از مزایای قابل توجهی برخوردار است چرا که هزینه مواد اولیه پایین بوده و می‌توان از نمونه‌های مرده و داخل موزه، جهت انجام این روش استفاده نمود (Claridge and Gillham, 1992). به همین خاطر مقایسه ساختار آناتومیک موجودات سال‌هاست که به عنوان عنصر اصلی جهت طبقه‌بندی موجودات و تفاسیر اشکال مرفولوژیک آنها به کار می‌رود. از نظر لغت‌شناسی مرفومتريک از دو کلمه Morph (شکل) و Metron (اندازه‌گیری) تشکیل شده است. این روش جهت بررسی اندازه و تغییرات شکل درون و بین جمعیت‌ها و تغییرات شکل ناشی از رشد و تکامل بسیار مفید است (Marcus, 1990; Povlinov, 2001). اساس بیشتر تئوری‌ها این است که تفاوت‌های مرفولوژیک تا حدودی بیان‌کننده تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها است (Koehl, 1996). در این تجزیه و تحلیل‌ها از تکنیک‌های مختلفی استفاده می‌شود. آنالیزهایی مانند ضریب همبستگی، آنالیز واریانس، تجزیه به مولفه اصلی، PCA، CVA، CDA، کاربرد فراوانی دارد. تکنیک CVA برای جداسازی گروه‌های افراد بهترین کاربرد را دارا است. اولین محور کانونی CVA بیشترین تنوع بین گروهی را نشان می‌دهد و متغیرهای کانونی بعدی بقیه تنوع را نشان می‌دهند. طبقه‌بندی افراد بر اساس دو محور یا حداکثر سه محور اول مشخص می‌شود به طوری که گروه‌هایی که بیشترین تنوع را نشان می‌دهند از هم تمیز داده می‌شوند. این روش جهت تعیین ارتباط افرادی که منشاء جمعیتی آنها مشخص نیست نیز بکار می‌رود (James and McCulloch, 1990). روش تجزیه به مولفه اصلی به طور گسترده به عنوان روش دسته‌بندی و نشان دهنده اختلافات میان جمعیت‌ها در تاکسون‌ها بکار برده می‌شود. هدف از این تجزیه یافتن شاخص‌های مستقلی (مولفه‌های اصلی) است که اولین شاخص بیشترین مقدار تغییرات را نشان می‌دهد و شاخص‌های بعدی در مراتب بعدی مقدار تغییرات باقی مانده را نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که تجزیه به مولفه اصلی همیشه نمی‌تواند تعداد زیادی متغیر اولیه را به مولفه‌های مورد نظر کاهش دهد. در واقع اگر متغیرهای اولیه همبستگی نداشته باشند این تجزیه بی ارزش خواهد بود. بهترین نتایج

زمانی به دست می‌آید که متغیرهای اولیه همبستگی شدید مثبت یا منفی نشان دهند. در این حالت نمایش ۲۰ تا ۳۰ متغیر اولیه بوسیله دو یا سه مولفه اصلی در نشان دادن تغییرات جمعیت‌ها مطلوب است. چنانچه متغیرها یک نوع نباشد به منظور جلوگیری از تاثیر زیاد یک متغیر روی مولفه‌های اصلی معمولاً متغیرها استاندارد می‌شوند تا میانگین آنها صفر و واریانس یک شود. بدین صورت توزیع نرمال ایجاد می‌شود. البته این روش بر خلاف CVA نمی‌تواند تنوع بین گروه‌ها را در مقایسه با تنوع داخل گروهی نشان دهد (ظهیری، ۱۳۸۲).

روش‌های تجزیه و تحلیل مرفومتريک دو دسته‌اند:

الف) مرفومتريک سنتی (مرفومتريک چند متغیره).

ب) مرفومتريک هندسی (ژئومتريک مرفومتريک).

#### ۱-۲-۲- مرفومتريک سنتی (Traditional Morphometrics)

در اوایل قرن بیستم، علم زیست‌شناسی، گذر از یک مرحله توصیفی به سوی یک علم کمی را آغاز نمود و تجزیه و تحلیل مرفولوژی نوعی "انقلاب کمی" را تجربه کرد (Bookstein, 1998). بررسی‌های مرفومتريک در این زمان شامل ارائه دامنه‌ها و یا اعداد میانگین برای یک یا چند ویژگی قابل اندازه‌گیری بودند که در میان گروه‌ها محاسبه می‌گردید. به تدریج توسعه روش‌های آماری تا اواسط قرن بیستم به تکوین نوعی توصیف عددی شکل همراه با نمودارهای آماری منجر گردید که الگوهایی از تنوع درون گونه‌ای و بین گونه را نشان می‌داد. این یافته‌ها مبنای جدیدی بر مرفومتريک گردید (Adamas, 2004). در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ بیومتريست‌ها شروع به استفاده از ابزارهای آماری متعدد چند متغیره برای توصیف الگوهای تنوع شکل در درون و بین گروه‌ها نمودند (Marcus, 1990; Reymen, 1991). این روش‌ها امروزه مرفومتريک سنتی نامیده می‌شود (Blackith and Reyment, 1971). که شامل کاربرد آنالیزهای چند متغیره آماری بر روی گروه‌هایی از متغیرهای مرفولوژیک است. بنا به تعریف، مرفومتريک عبارت از اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شکل است (Daly, 1985). به عبارت دیگر مرفومتريک، مطالعه تنوع شکل و تغییر همگام آن با سایر متغیرها است (Bookstein,

(Dryden and Mardia, 1998; 1991). شکل در حقیقت هر چیزی می‌تواند باشد. حوضچه یک دریاچه، دانه شن، اندامک سلولی، جمجمه یک میمون و یا شکل یک پدیده (Pimentel, 1979). بیومتریست‌های قدیمی معتقد بودند حشرات موضوع‌های مناسبی برای مطالعات تنوع هستند (Alpatov, 1929; Atchley., 1979). زیرا که اسکلت خارجی آنها به سهولت قابل اندازه‌گیری بوده و بر خلاف بسیاری دیگر از جانداران که دارای بدن نرم هستند، تحت تاثیر تخریب‌های فیزیکی قرار نمی‌گیرند. روش زندگی یک حشره در ابعاد و شکل اسکلت خارجی آن انعکاس می‌یابد. روش‌های مرفومتريک زمانی مورد نیاز هستند که به توصیف شکل موجودات و یا ساختمان خاصی از آنان احتیاج باشد. نمونه‌ها ممکن است نماینده مناطق جغرافیایی، مراحل رشدی، تاثیرات ژنتیک و تاثیرات محیط و غیره باشند (Rohlf and Macus, 1993). متغیرهای مورد نظر در آنالیزهای مرفومتريک سنتی معمولاً فاصله بین لندمارک‌ها است که مستقیماً بر روی نمونه و یا با استفاده از سخت افزارها و برنامه‌های رایانه‌ای اندازه‌گیری می‌شود. در بعضی از مطالعات، آلودمتری و یا تغییرات شکل با تغییر اندازه مورد بررسی قرار می‌گرفت (Jolicoeur, 1963). از آنجا که فواصل خطی تا حد زیادی به اندازه وابسته هستند (Bookstein., 1985) لذا در این روش‌ها تلاش می‌شد تا با کاربرد روش‌های مختلف، فاکتور اندازه حذف شده و متغیرهای شکل به تنهایی استخراج و الگوهایی از تنوع شکل نشان داده شود (Sundberg; Jungers., 1995). در مرفومتريک سنتی آنالیزهای چند متغیره به بررسی متغیر-های کمی مانند طول، پهنا و ارتفاع می‌پردازد. با بدست آوردن تنوع شکلی به راحتی می‌توان ارتباط بین مرفولوژی و اکولوژی را بدست آورد (Losos, 1990; Ricklefs and Miles, 1994) و از این طریق می‌توان تکامل موجودات را شناسایی نمود. مرفومتريک در بیشتر موارد فواصل خطی جهت اندازه‌گیری را مورد مطالعه قرار می‌دهد ولی در بعضی موارد نسبت‌ها و زوایا در اندازه‌گیری لحاظ می‌شوند. در روش مرفومتريک سنتی ابتدا لندمارک‌هایی روی شکل انتخاب شده و سپس فاصله بین جفت لندمارک‌ها به عنوان متغیر در تجزیه و تحلیل‌های آماری چند متغیره مورد استفاده قرار می‌گرفت. به این ترتیب فواصل بین جفت لندمارک‌ها به صورت شبکه‌ای از خطوط متقاطع مانند قطرهای چهار



گوش تظاهر می‌کنند که به آن Truss network می‌گویند (Claidge and Gillham., 1992). با وجود اینکه می‌توان مرفومتريک چند متغیره را با مرفولوژی کمی ترکیب نمود، ولی در این روش چند مشکل مهم وجود دارد:

۱- به دست آوردن همولوژی در فواصل خطی بسیار مشکل است چرا که در بسیاری از فواصل خطی، نقاطی به عنوان همولوگ قابل تعریف نیست و از دو شکل مختلف می‌تواند اندازه فواصل خطی یکسانی به دست آید (مانند حداکثر پهنا و حداکثر طول در دو شکل بیضی و کروی، در حالی که این دو شکل کاملاً باهم متفاوت می‌باشد). بنابراین قدرت آماری برای تشخیص شکل‌های مختلف در این روش بسیار کم است و در نهایت غیرممکن است که بتوان از فواصل خطی توصیف شکل‌های گرافیکی را به دست آورد (Adams et al, 2004).

۲- متغیر اندازه متناسب با فاکتورهای جغرافیایی و تنوع آب و هوایی تغییر می‌نماید ولی متغیر شکل با فیلوژنی موجودات ارتباط بسیار نزدیکی داشته و اساس ژنتیکی زیادی دارد (Mayr and (1999; Renaud, 1991; Ashlock). در جانوران خونسرد مانند حشرات صفت اندازه تحت تاثیر محیط است. صفت اندازه در عین حال که یک صفت تکاملی غالب در بیشتر جانوران بوده یک صفت متغیر و الاستیک در جانوران هست که به شرایط محیطی متفاوت پاسخ متفاوت می‌دهد (Renaud, 1999). البته در بیشتر تاکسون‌های بی‌مهرگان اندازه بدن بالغین مهم‌ترین عامل نشان دهنده هم-آوری در مقایسه‌های بین گونه‌ای است (Poulin., 2003). در ساختار مرفولوژیک اطلاعات کمی برای صفاتی که قابل اندازه‌گیری هستند وجود دارد که جهت مقایسه بین گروه‌های مختلف بکار می‌رود. به جهت ارتباط بیشتر اندازه‌گیری‌های فواصل با اندازه بیشتر تلاشها روی تکمیل روش‌هایی برای اصلاح خطاهای اندازه صرف شده است به همین دلیل روش‌هایی که در آن از متغیرهایی بدون بررسی اندازه استفاده می‌شود ابداع گردیدند (Sundberg, 1989; Jungers., 1995).

### ۱-۲-۳- مرفومتريک هندسی (ژئومتريک مرفومتريک)

به علت مشکلات ذکر شده در روش مرفومتريک سنتی محققين به دنبال روش‌هایی برای کمی کردن و تجزیه و تحلیل شکل‌های مرفولوژیک بودند. چون متغیرهای شکلی بر خلاف اندازه با فیلوژنی موجودات ارتباط بسیار نزدیکی داشته و با داشتن اساس ژنتیکی قوی به عنوان منبع اطلاعات فیلوژنی جهت تشخیص گونه‌ها بسیار مهم است (Rohlf, 1996). از این رو مختصات لندمارک‌های مرفولوژیک نسبت به اندازه گیری‌های مرسوم کاربرد بیشتری دارد. علاوه بر این از مختصات نمونه‌ها اندازه فواصل را می‌توان بدست آورد. در روش مرفومتري هندسی ساختمان تحت مطالعه به وسیله نمایش گرافیکی لندمارک‌ها مشخص شده و تصویر کاملی از شکل موجود تهیه می‌شود. اولین تلاش‌ها برای توصیف کمی تغییر شکل به وسیله تامپسون (1917) صورت گرفت. وی تغییر شکل ماهی بادکنکی Puffer را به ماهی دیگری با نام خورشید ماهی Mola mola و تغییرات چهار گونه ماهی اکانتوپتریژی از ماهی *polyprion sp* را به هم نشان داده است. در عین حال که تغییر شکل توصیف شده بسیار ساده بود. روش گرافیک آن هرگز به روشنی توصیف نشد و فرد دیگری نتوانست آن را تکرار کند (Kunkel, 1997). در روش وی هیچ محاسبه عددی وجود نداشت و توصیف این تغییرات، فقط مربوط به پیکربندی بود و با مقایسه یک زوج از طریق مشاهده امکان پذیر بود (Pavlinov, 2001). شصت سال بعد دانشمند دیگری تلاش کرد تا تکنیک را بصورت فرایندی که او آن را Biorthogonal Analysis نامید فرموله نماید (Bookstein 1980). ولی محاسبات ریاضی که در پشت این روش بود زیست‌شناسانی را که مهارت کمتری در محاسبات ریاضی داشتند می‌ترساند. در سال ۱۹۸۱ روشی منتشر شد که لندمارک‌های گروه‌های مختلف را مقایسه می‌نمود (Siegel and benson, 1982). در سال‌های بعد زیست‌شناسان تغییرات شکل را دنبال نمودند و در اوایل دهه ۱۹۹۰ تغییراتی در روش آنالیز ساختارهای مرفولوژیک و چگونگی آنالیز داده‌های جدید به وجود آمد. این روش تأکید بر ساختارهای هندسی اشکال موجودات دارد. این روش با نام Geometric morphometrics بر خلاف روش مرفومتري سنتی شکل ساختمان‌های تحت مطالعه را بررسی می‌کند (Rohlf and Marcuse,

(1993). منظور از کلمه ژئومتری، شکل فضایی کندال است که با واحد مختصات<sup>۱</sup> فاصله لندمارکها را مورد بررسی قرار داده و اختلافات آنها را به صورت شکل بیان می‌کند. همزمان دیوید کندال و دیگر آماردانان تئوری قوی برای آنالیز شکل مطرح نمودند که بتوان از آنالیزهای چند متغیره و دیگر روش‌های آماری برای تجسم صحیح شکل‌های زیستی استفاده نمود (Bookstein 1998). از این روش تکوین یافته به عنوان Synthesis morphometric یاد می‌شود. این روش به صورت نسبتاً آسانی توضیح داده شد، اما پیشرفتی که برای زیست‌شناسان بسیار اهمیت داشت انتشار الگوریتم کامپیوتری برای محاسبه تراز کردن بود که این زمان، تقریباً با عصر کامپیوترهای شخصی Personal (pc) computerear مقارن بود. این امر به زیست‌شناسان اجازه داد تا مطالعات Siegel و بررسی تغییرات شکل را به این صورت دنبال کنند (Kunkel, 1997). از آن زمان این مطالعات پیشرفت کرد و ریاضی را برای زیست‌شناسان قابل دستیابی نمود. تغییراتی که در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ در روش عددی کردن ساختارهای مرفولوژیک و آنالیز داده‌ها رخ داد، بر روش‌هایی که هندسه ساختمان‌های مرفولوژیک مورد نظر را بررسی می‌کرد تاکید داشت و این اطلاعات را در طول آنالیز حفظ می‌نماید. چنین داده‌هایی توجه بسیاری را به خود معطوف ساخت و روش‌های لازم برای تجزیه و تحلیل این داده‌ها توسعه یافت. همزمان با این پیشرفت‌ها، David Kendal و آمارگرهای دیگر یک تئوری آماری برای آنالیز شکل ارائه دادند که در آن علاوه بر استفاده از روش‌های آماری، روش‌های دیگری نیز که تجسم فرم بیولوژیک را امکان‌پذیر می‌ساخت به کار گرفته شد (Adamas., 2004). در سال ۱۹۹۳ این روش جدید، مرفومتريک هندسی نام گرفت و پیشرفت‌های قابل توجه در این زمینه، رالف و مارکوس را بر آن داشت تا انقلابی را در مرفومتريک اعلام نمایند (Rohlf and Marcus, 1993). در حقیقت مرفومتريک هندسی با فرموله کردن ایده‌های اساسی Kendall (1984) و Bookstein (1986) متولد و تقویت شد، به طوری که امروزه محاسبات ریاضی و نرم‌افزارهای آن کاملاً توسعه یافته و در حل مسائل مختلف کاربردی، بسیار موثر است (Pavlinov, 2001). هر نقطه واقع در

---

<sup>۱</sup> procrusted

شکل فضایی کندال نمایانگر شکل آرایش فضایی نمونه‌ها بدون تغییرات اندازه، موقعیت و جهت است. توابع tps در اوایل دهه ۱۹۹۰ به وسیله Bookstein جهت نشان دادن اختلاف موقعیت لندمارک‌ها در نمونه‌های مختلف مطرح شد. این توابع آرایش فضایی لندمارک‌های نمونه‌های مختلف را همراه با تغییرات شکلی پیوسته نسبت به آرایش فضایی مبداء<sup>۱</sup> به خوبی نشان می‌دهد (Bookstein, 1991). اختلافات شکلی ذکر شده در حقیقت درک ریاضی ایده Tompson است که در آن یک شیئی با پیچ و تاب برداشتن به شیئی دیگر تبدیل می‌شوند. روش مرفومتری هندسی برای مطالعه ساختمان‌های دو بعدی مانند شکل بال حشرات روش بسیار مناسبی است (KunkeI, 1997).

#### ۱-۲-۴- نحوه تحلیل ریخت سنجی هندسی

راه حل برون بر محدودیت‌های اشاره شده در ریخت سنجی سنتی، روشی بود که به آرامی در اوایل دهه هشتاد میلادی شکل گرفت و ریخت سنجی هندسی نام گذاری شد (Adams, 2004). در واقع ریخت سنجی هندسی شکلی مدرن تر از ریخت سنجی سنتی است که به پژوهشگران اجازه توصیف دقیق شکل ساختارهای ریختی را با تحلیل‌های دقیق و به شکل کاملاً کمی می‌دهد (Bichain, 2007). ابتدا تحلیل‌های ریاضی دشوار ریخت سنجی هندسی خارج از تخصص و حوصله تاکسونومیست‌های معاصر بود، اما به آرامی با طراحی نرم افزارهای کامپیوتری ساده و کارآمد بر تعداد تاکسونومیت‌هایی که از روش‌های ریخت سنجی هندسی استفاده کردند افزوده شد. ریخت سنجی هندسی یک روش مفید برای تعیین کمترین تنوع ریختی است که اغلب این تفاوتها توسط دیگر روشها مانند روش مورفومتری سنتی قابل کشف نیستند. توصیف شکل هندسی ساختارهای ریختی با ارائه اطلاعات دقیق‌تر، موجب حل بسیاری از مشکلات تاکسونومیک شده است. روش‌های ریخت سنجی هندسی به طور کلی بر اساس نحوه تعریف نقاط حول شکل محیطی مورد مطالعه، در سه دسته لندمارک (Landmark) شبه لندمارک (Semilandmark) و برون خط (Outline) جای می‌گیرند (Adams, 2004).

---

<sup>۱</sup> Consensus configuration

### ۱-۲-۵- تحلیل برون خط

زمانی که شکل ساختار آناتومیک مورد مطالعه دارای مقدار کم و یا فاقد نقاط تعریفی است، از تحلیل محیطی استفاده می شود (Taravati., 2009) در این روش مقدار ثابتی از نقاط به طور دستی در برنامه های کامپیوتری مشخص توسط پژوهشگر روی شکل مورد مطالعه واقع می شود. هر یک از این نقاط دارای مختصات مشخص خود هستند. لازم به ذکر است در برخی موارد، مرزهای محیطی یک ساختار آناتومیک به علل مختلفی از جمله وجود تارچه های زیاد به طور دقیق مشخص نیست. در این موارد، برای پرهیز از اعمال سلیقه در مشخص کردن حدود شکل، بایستی طرح تعریف شده ای برای ساختار آناتومیک روی کاغذ رسم کرد.

### ۱-۲-۶- تحلیل فوریه بیضی (Elliptical Fourier Analysis)

داده های حاصل از نقاط قرار داده شده در تحلیل برون خط، برای تحلیل بیضوی مورد استفاده قرار می گیرد. بازه فوریه بیضی توانایی تحلیل اشکال پیچیده را داشته و خروجی آن، هارمونیک های عددی هستند (Giardina & Kuhl, 1977, Kuhl & Giardina, 1982). هر هارمونیک دارای چهار ضریب (Coefficient) است که  $A_n$  و  $B_n$  در محور  $X$  و  $C_n$  و  $D_n$  در محور  $Y$  تعریف کننده یک بیضی هستند (Hautier *et al.*, 2009). هر هارمونیک در واقع با مشخص کردن سطح انحراف از یک بیضی ایده ال، تفاوت اشکال مختلف را مشخص می کند. ضرایب هارمونیک به عنوان متغیرهای مستقل به طور مستقیم در تحلیل های آماری مورد استفاده قرار می گیرند. شکل از لحاظ ریاضی شکلی هندسی است، بدون در نظر گرفتن اندازه (Size)، موقعیت (Position) و جهت گیری (Orientation) ساختاری (Dryden & Mardia, 1998). در نتیجه بسیاری از پژوهشگران در تحلیل شکل هندسی، ضرایب حاصل از هارمونیک نخست را که تأثیر اندازه است، حذف می کنند.

### ۱-۳- مفهوم جمعیت در سیستماتیک

سیستماتیک دانش مطالعه موجودات زنده، تنوع و ارتباطات بین آن هاست (Simpson, 1961). در این تعریف بسیار جامع، مطالعات جمعیتی نقشی اساسی دارد.

#### ۱-۳-۱- نحوه شکل گیری نگاه جمعیتی به گونه

سیستماتیک دانش مطالعه موجودات زنده، تنوع و ارتباطات بین آن هاست. به جز مواردی جزئی برای ساده تر کردن شناسایی ها، امروزه دیگر خبری از نگاه سنخ شناختی به گونه نیست. (Mayr, 1991) & Ashlock پس از ارائه نظریه تلفیقی زیستی به عنوان مجموعه ای از جمعیت های تکامل و بسط مفهوم زیستی گونه، گونه درون بارور تعریف شده، که با جدایی تولیدمثلی از گونه های دیگر جدا می شود. جدا از همه کاستی ها و ایراداتی که به این مفهوم گرفته می شود، گونه زیستی رویکرد شناختی را به رویکرد جمعیتی تغییر داد. (Mayr, 2004).

در حقیقت صنف گونه دارای ابعاد مکانی و زمانی است و مطالعه جمعیت های یک گونه بیشترین سهم را در فهم ما از یک گونه دارند. تاکسونومی امروزی دارای سطوح مختلفی است و جمعیت های یک گونه تحت پوشش گاما تاکسونومی مطالعه می شود (Mayr & Ashlock, 1991).

#### ۱-۳-۲- عوامل ایجاد تغییر در جمعیت ها

هر جمعیت دارای خزانه ژنی منحصر به فرد خود است که می تواند تحت تأثیر شارش ژن وارده از سایر جمعیت ها قرار گیرد. این خزانه در نتیجه بر اساس مکانیسم های بالقوه انتخاب طبیعی، رانش ژنتیکی، جهش و نوترکیبی به وجود آمده است (Futuyma, 2013). همچنین جمعیت ها معمولاً تحت تأثیر فشارهای انتخابی متفاوت قرار می گیرند. عامل ایجادکننده فشار گزینشی بر جمعیت ها عبارت اند از عوامل آب و هوایی که از آنجایی که تدریجی بوده و شیب تغییرات منظم (گرادیانت) دارند، موجب ایجاد کشانه ای از صفات در جمعیت ها می شوند و عوامل زیستی و زیستگاهی که بیشتر موضعی و نامنظم اند (Mayr, 1970). پاسخ به گزینش به کنش متقابل بسیاری از ژن ها مربوط می شود و از

طرفی هیچ دو محیط اکولوژیک طبیعی در دنیا مثل هم نیستند . حتی دو سوبه ژنتیکی متفاوت پاسخ های متفاوت به فشارهای یکسان انتخابی می دهند. در نتیجه هر جمعیت دارای خزانه ژنی منحصر به فرد خود است. این خزانه مستقل می تواند تحت تأثیر شارش ژن وارده از سایر جمعیتها، تضعیف و تحت عوامل جداکننده اکولوژیک و جغرافیایی تقویت شود. در نتیجه جمعیت های یک گونه همواره در حال تغییرات مستقل هستند (Mayr, 1970).

این تغییرات را می توان به دو دسته درون جمعیتی و بین جمعیتی تقسیم کرد و تغییرات درون جمعیتی را نیز می توان به دو دسته ژنتیکی و غیر ژنتیکی (به این معنی که علت تفاوت ها در ژنوتیپ نیست ) تقسیم کرد (Mayr & Ashlock, 1991).

### ۱-۳-۳- اهمیت مطالعه جمعیت ها

در طی تاریخ تاکسونومی ، جمعیت های موضعی را ابتدا وارسته و بعد زیرگونه نامیدند (Mayr & Ashlock, 1991) . در بین تاکسونومیستها همواره اختلاف نظرهای عمیقی در رابطه با صنف های فرا گونه ای بوده است هر چند که ICZN (1999) تنها صنف زیرگونه را به رسمیت می شناسد ولی بسته به سطح تفاوت جمعیت ها، استفاده از اصطلاحاتی با مرزهای گنگ مثل شبه گونه، نژاد و اکوتیپ دیده می شود (Mayr & Ashlock, 1991). جدا از تمامی این اختلافات نام گذاری، تمام زیست شناسان بر این واقعیت صحه می گذارند که تفاوت های بین جمعیتی منشایی از گونه زایی است و می توان آن را مسئول سهم عظیمی از تنوع زیستی امروزه دانست (Cranston, 2009; Futuyama, 2013). در نتیجه مطالعه تغییرات بین جمعیتی، نه تنها به دلیل فهم ساختار گونه ، بلکه به دلیل پی بردن به فرایندهای تکاملی و منشأ تنوعات، الزامی است.

### ۱-۳-۴- تشخیص و تعیین حدود جمعیت ها

تکامل از طریق انتخاب طبیعی روی تظاهرات فنوتیپی، ژنوتیپ ها را مورد گزینش قرار می دهد (Ridley, 2003). در مواردی که ژنوتیپ منجر به تظاهرات فتوتیپی نشود، مانند آلل مغلوب نهفته در یک ترکیب هتروزیگوت، مورد گزینش واقع نخواهند شد (Mayer, 1970).

تظاهرات فنوتیپی شامل اشکال گسترده ریختی تا صفات رفتاری و مولکولی می‌باشند. صفات بیشماری دارای تغییرات جغرافیایی منظم و یا نامنظم می‌باشند، حتی ثابت شده است که صفاتی که در تشخیص یک گونه به کار می‌رود نیز دارای تغییرات جغرافیایی است (Mayer, 1970).

نشانگرهای فراوانی برای مشخص کردن سطح و توصیف تغییرات بین جمعیتی در بین پژوهشگران مرسوم است از جمله نشانگرهای اکولوژیک، رفتاری، مولکولی و ریختی. تمامی این نشانگرها در غالب صفات تاکسونومیک تعریف می‌شوند. بنابر تعریف، صفت تاکسونومیک هر ویژگی است که یک عضو از یک تاکسون را از اعضای یک تاکسون دیگر متمایز می‌کند (Mayr & Ashlock, 1991). متخصصان رده بندی عددی (Numerical Taxonomy) اعتقاد به استفاده از بیشترین صفات ممکن برای تعیین حدود تاکسون‌ها دارند (Mayr & Ashlock, 1991). از طرفی این موضوع ثابت شده است که هر چه تعداد صفات بیشتر باشد، احتمال اینکه اطلاعات ناشی از صفات مختلف مغایر باشد، بیشتر است. در نتیجه دادن وزن به صفات با ارزش در مطالعات تاکسونومی منطقی به نظر می‌رسد (Mayr & Ashlock, 1991). سیمپسون صفتی را مناسب می‌داند که در داخل یک تاکسون قابل مشاهده و ثابت بوده ولی بین تاکسون‌ها متفاوت باشد (Simpson, 1961). از طرفی (Mayr & Ashlock 1991) صفات پیچیده‌تر، سین آپومورفی، سازگار، پلی ژنیک و مستقل از تغییرات اکولوژیک را صفات با وزن بالا، معرفی انواع جدیدی از صفات تاکسونومیک و همچنین پی بردن به صفت با ارزش، یکی از مهمترین وظایف یک سیستماتیسین است (Mayr & Ashlock, 1991).

### ۱-۳-۵- اهمیت استفاده از صفات ریختی

صفات ریختی به آسانی قابل اندازه گیری بوده، به راحتی قابل شناسایی هستند، قسمت اعظمی از تظاهرات ژنوتیپ بوده و مهمتر از همه این که هدف گزینش هستند (Garnier *et al.*, 2005) همچنین کارایی روش های ریخت شناسی برای مشخص کردن حدود تاکسون‌ها در حشرات، به دلیل تعداد زیاد صفات، بسیار فراوان است (Gullan & Cranston, 2009).



لذا با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل ژئومتریکی مرفومتریکی می‌توان جمعیت‌های محلی و جغرافیایی سرخرطومی گیلاس را تشخیص داده و عملیات کنترل را با توجه به مشخصات منطقه‌ای تغییر داد و از کاربرد روش‌های کنترلی مشابه و تقویمی در نقاط مختلف پرهیز نمود.

#### ۱-۴- تاریخچه تحقیق بر روی سرخرطومی گیلاس (*Rhynchites auratus*)

سرخرطومی گیلاس اولین بار توسط افشار در سال ۱۳۱۶ گزارش گردید (Behdad, 1996). برومند (۱۳۳۸) ضمن معرفی گونه *heros* (Roelofs) به عنوان گونه غالب منطقه کرج، اضافه می‌نماید که گونه مذکور یک نسل در سال داشته و زمستان بصورت لارو در عمق ۵ تا ۱۰ سانتیمتری خاک بسر می‌برد و عمده فعالیت آفت را در شب بیان کرده است (برومند، ۱۳۳۸). فرحبخش (۱۳۴۰) گزارش نمود که گونه *R. auratus* گونه غالب است و از آلبالو، گیلاس، زردآلو، سیب، آلو و بادام تغذیه مینماید. اسماعیلی (۱۳۶۳) معتقد است که از جنس *Rhynchites*، سه گونه در کشور وجود دارد (اسماعیلی، ۱۳۶۳). این گونه‌ها عبارتند از: *R. heros* Roelofs، *R. smyrnensis* Debr.، *R. auratus* Scop، که دو گونه اول فراوانتر از گونه سوم است. رجبی (۱۳۷۰) گزارش کرد که در شناسایی دقیق گونه‌های جنس *Rhynchites* در ایران تردید وجود دارد و اضافه می‌نماید که گونه *R. auratus* یک نسل خود را در مدت یک تا دو سال سپری می‌کند و زمستانگذرانی آفت به شکل لارو و حشره کامل است (رجبی، ۱۳۷۰). (Arezon, 1977) مطالعاتی روی اپیدمیولوژی *R. auratus* زنبور پارازیت آن در کشور ایتالیا انجام داد (Arzone, 1977). وی همچنین بیولوژی زنبور *Ophioneurus logiclavatus* (Viggiani) را بررسی و گونه *Prunus laurocerasus* را بعنوان میزبان *R. auratus* معرفی کرده است. (Yashizawa, 1985) بیولوژی و روش‌های کنترل سرخرطومی هلو را در ژاپن بررسی نمود (Roelofs). آرزون (۱۹۷۷) بیولوژی و رفتار سرخرطومی گیلاس را در استان آلساندریا و در منطقه پیدمونت ایتالیا مورد بررسی قرار داد و گزارش نمود که آفت مذکور یک نسل خود را در مدت دو سال طی می‌کند و هر حشره ماده تنها یک تخم روی هر میوه می‌گذارد (Arzone, 1971).

دزیانیان (۱۳۸۴) ضمن تعیین گونه غالب منطقه ، بیولوژی و زوایای مختلف زندگی آفت زیست شناسی و سایر خصوصیات حیاتی و رفتاری سرخرطومی گیلاس را در منطقه شاهرود مطالعه و گزارش نموده است (دزیانیان، ۱۳۸۱).

## ۱-۵- مشخصات ظاهری سوسک سرخرطومی گیلاس

آفت سوسک سرخرطومی گیلاس (*R. auratus* (Col. Curculionidae) در حال حاضر به عنوان مهمترین آفت درختان گیلاس، آلبالو و آلبالو چمپا در ایران می باشد. حشره کامل به رنگ سبز با جلای فلزی ، به طول ۷-۸ میلیمتر، مفصل های شاخک در انتها برجسته است. روی بالپوشها نقاط ریز ممتد و منظم وجود دارد. حشره ماده به منظور تخم ریزی در روی میوه سوراخهایی ایجاد می کند. این سوراخها تا نزدیکی سطح هسته امتداد دارند و لاروهای جوان پس از خروج از تخم از دیواره نرم هسته وارد آن شده و موجب از بین رفتن کامل هسته می گردند. در عین حال میوه های آلوده به طور عادی رشد می کنند ولی سوراخهای تخم ریزی در سطح میوه نمایان است. لارو بالغ به طول ۱۰-۱۳ میلیمتر و به رنگ سفید با سر قهوه ای رنگ و خمیده می باشد (دزیانیان، ۱۳۸۴).

## ۱-۶- زیست شناسی سرخرطومی گیلاس

در شرایط طبیعی این حشره زمستان را به صورت لارو کامل در داخل هسته میوه های آلوده که در روی زمین می افتد و یا در زیر خاک درون لانه گلی مدور بسر می برند. در بهار پس از تشکیل میوه حشره کامل ظاهر می شود و بعد از کمی تغذیه از برگ، در گوشت میوه سوراخی ایجاد می کند و سپس خرطوم خود را خارج نموده و انتهای شکم را وارد حفره می نماید و یک تخم در سطح هسته قرار می دهد. حشره ماده پس از آن دیواره حفره را جویده و با قسمت های خورد شده روی تخم را می پوشاند و به این ترتیب مانع خشک شدن می گردد. هر حشره ماده در طول عمر خود قادر است تا ۱۵۰ عدد تخم بگذارد. دوره رشد جنینی حدود یک هفته طول می کشد و لاروهای جوان وارد هسته

شده و سبب از بین رفتن آن می گردد. لاروها پس از رشد کامل ممکن است میوه را ترک کرده و در خاک تبدیل به شفیره شوند(دزیانیان، ۱۳۸۴).

زمستانگذرانی آفت عمدتاً بصورت لارو درون لانه گلی و در عمق ۵ تا ۱۰ سانتیمتر خاک است. حشرات کامل سرخرطومی از اواخر فروردین تا اوائل اردیبهشت ماه بسته به شرایط آب و هوایی و اقلیمی مناطق مختلف کشور و همزمان با گلدهی درختان گیلاس بتدریج در طبیعت ظاهر شده و پس از تغذیه از گوشت میوه (بصورت قلوه کن) و معدودی از برگ، به دفعات جفتگیری و سپس تخمگذاری می نمایند. طول مدت تخم گذاری ۲۸ تا ۳۹ روز و بطور متوسط ۳۲/۳ روز است. زمان شروع تخم گذاری مصادف با ریزش کامل گلبرگها می باشد. هر حشره ماده تنها یک تخم روی هر میوه گیلاس میگذارد. تعداد تخم حشرات بالغ ماده بین حداقل ۲۹ و حداکثر ۱۹۳ و متوسط ۹۹/۳ عدد شمارش گردید. تفریخ تخمها بین سه تا پنج و بطور متوسط ۴/۲ روز بطول می انجامد. طول مدت شفیرگی ۳۰ تا ۳۵ روز و متوسط ۱۹/۴ روز می باشد. همچنین طول عمر حشرات کامل بین ۳۵ تا حداکثر ۶۰ روز و بطور متوسط ۴۴/۳ روز در شرایط آزمایشگاهی ( $25 \pm 1$ ) درجه سانتیگراد و رطوبت ۴۰ تا ۵۰ درصد) ثبت گردید. در شرایط طبیعی تخمها پس از یک هفته تا ۱۰ روز تفریخ و لارو سن اول پس از ۲۴ ساعت وارد هسته گیلاس می شود. لارو پس از تغذیه از محتویات هسته گیلاس به منظور ادامه چرخه زندگی و سپس زمستانگذرانی وارد خاک می شود. طول مدت لاروی بین ۱۸ تا ۲۰ ماه طول می کشد و لذا یک نسل آفت در مدت ۲ سال طی می شود (دزیانیان، ۱۳۸۴).



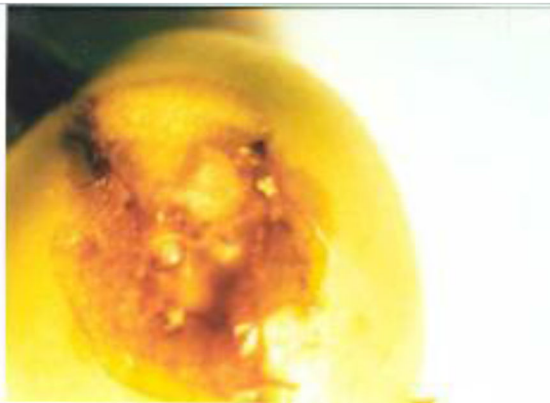
شکل ۱-۱ لارو زمستانگذران سرخرطومی گیلاس (اقتباس از دزیانیان، ۱۳۸۴).



شکل ۱-۲ لارو زمستانگذران سرخرطومی گیلاس درون لانه گلی (اقتباس از دزیانیان، ۱۳۸۴)



شکل ۱-۳ حشرات کامل نر (چپ) و ماده (راست) سرخرطومی گیلاس (مقیاس ۱ میلی‌متر)  
(اقتباس از دزیانیان، ۱۳۸۴)



شکل ۱-۴ تخم سرخرطومی گیلاس (اقتباس از دزیانیان، ۱۳۸۴)

## ۱-۷- نحوه خسارت آفت سرخرطومی گیلاس

از نظر فنولوژی ، درختان گیلاس در زمان ظهور اولین حشرات کامل در مرحله گلدهی بوده و در این زمان حدود ۵۰٪ گلها تلقیح شده اند. در ابتدا تغذیه حشرات کامل از کاسبرگ و گاهی برگها و سپس پس از ظهور میوه بصورت قلوه کن از بافت گوشتی گیلاس می‌باشد و محل تغذیه آفت همزمان با رسیدن میوه بصورت سوراخی بر روی گیلاس می‌شود. حشرات بالغ ماده میوه‌های نارس (سبز رنگ) را برای تغذیه و تخمگذاری انتخاب می‌نمایند. در تمامی موارد پس از تخمگذاری حشرات بالغ ماده روی تخم را با ماده قهوه‌ای تا سیاه رنگی می‌پوشانند که به صورت یک برآمدگی مخروطی شکلی دیده می‌شود و لذا تشخیص محل تخمگذاری با آثار تغذیه روی میوه از هم قابل تفکیک می‌باشد. در اکثر موارد تخم‌ریزی و تغذیه لارو آفت از هسته موجب ریزش میوه نمی‌شود. میزان آلودگی گیلاس و آلبالو به آفت سرخرطومی گیلاس تقریباً یکسان است ضمن اینکه با توجه به اختلاف زمانی ظهور گلها و میوه در ارقام مختلف گیلاس و آلبالو، و ظهور زودتر میوه‌های آلبالو، معمولاً پس از رنگ انداختن میوه آلبالو ، حشرات کامل آفت عمدتاً بر روی سایر ارقام گیلاس منتقل و اقدام به تخم گذاری و تغذیه می‌نمایند. فلذا در مناطقی که آلبالو در جوار گیلاس است میزان خسارت آلبالو بیشتر به نظر می‌رسد. تغذیه حشرات کامل سرخرطومی گیلاس از زردآلو ، آلو و بادام بصورت قلوه کن از گوشت میوه بوده و هیچ‌گونه تخم‌گذاری روی میوه‌های مذکور مشاهده نمی‌شود.

## ۱-۸- پژوهشهای انجام شده روی قاب بالان با روش ریخت سنجی هندسی

شکل برخی از ساختارهای آناتومی سخت بال پوشان در مطالعات ریخت سنجی هندسی با اهداف زیاد تاکسونومیکی مورد استفاده قرار گرفته است. از این بین می‌توان به شناسایی گونه‌های همزاد در سوسک‌های زمینی (Coleoptera: Carabidae) (Roggero *et al.*, 2013) ، بررسی تنوع شکل اندام نرینه (Aedeagus) در جنس (Coleoptera: Scarabaeidae) Erichson, ۱۸۴۸ Phalops (Roggero, 2004) و بررسی تنوع شکل پستی بدن در جمعیت‌های مختلف (Coleoptera)

(Benitez et al ., 2011) Eschscholtz ,1829 *Ceroglossus chilensis* Carabidae) اشاره کرد. در زمینه پیدا کردن صفات ارزشمند تاکسونومیکی، از ریخت سنجی هندسی برای نشان دادن جایگاه ارزشمند شکل Metendosternite در تاکسونومی سوسک های اسکارابید (Coleoptera: Scarabaeidae) (Pretorius & Scholtz, 2001) و همچنین شکل آرواره پایین در رده بندی لارو های سوسک های برگخوار (Coleoptera: Chrysomelidae) (Tabugo et al .,2012) استفاده شده است. در ایران (۲۰۰۹) Taravati et al. به بررسی جمعیت های دو گونه *Erodiontes aelleni* (Kaszab,1968) و *Erodiontes pfaundleri* (Schuster, 1935) (Coleoptera: Tenebrionidae) در کویر لوت پرداختند. در این مطالعه شکل پیش گرده به روش برون خط مورد تحلیل ریخت سنجی هندسی قرار گرفت و تفاوت هایی بین شکل پیش گرده در جمعیت های *E. pfaundleri* مشاهده شد. اخیرا پژوهشهای تلفیقی حاصل از ریخت سنجی هندسی و روش های مولکولی برای حل مشکلات تاکسونومیک بسیاری، مورد استفاده قرار گرفته اند. از این بین می توان به حل مشکل کمپلکس گونه‌ای *Onthophagus massai* (Coleoptera, Scarabaeidae) (Pizzo et al., 2011)، معرفی گونه جدید از جنس *Onthophaguss* (Coleoptera, Scarabaeidae) (Pizzo et al ., 2006) و همچنین بررسی روند گونه‌زایی (*Carabus solieri* (Coleoptera: Carabidae) (Garnier et al ., 2005)) اشاره کرد. یکی دیگر از جنبه‌های مطالعات ریخت سنجی هندسی بر سخت بالپوشان، بررسی دو ریختی جنسی در گونه‌های مختلف بوده است که بیشتر روی سوسک های زمینی انجام شده است (Benítez, a 2013). احسان صناعی (۱۳۹۴) در دانشکده زیست شناسی تهران تنوع بین جمعیتی سوسک سرخرطومی یونجه *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) به روش ریخت‌سنجی هندسی را مورد بررسی قرار داده است.

# فصل دوم

## مواد و روش ها

## ۲-۱- جمع آوری و آماده سازی نمونه ها

مناطق بسطام و مجن از شاهرود و مناطقی از استان‌های گلستان، البرز، قزوین و خراسان رضوی به عنوان مناطق نمونه برداری در نظر گرفته شدند. به این منظور در طول بهار از اواخر فروردین تا پایان خرداد ماه متناسب با زمان ظهور حشره کامل به مناطق نامبرده مسافرت و حشرات کامل سوسک سرخرطومی گیلاس به روش مشاهده مستقیم از روی سرشاخه‌ها جمع آوری شد (جدول ۲-۱).

یکی از ارکان مهم در تحقیقات مرفومتريک تهیه و آماده کردن نمونه‌های تحت بررسی است. نمونه‌ها پس از جمع آوری از باغات به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها با استفاده از پنبه آغشته به الکل کشته شدند و به منظور بررسی راحت تر بندهای شکمی برای تعیین جنسیت، نمونه‌ها روی کارت پوینت مثلی چسبانده شدند. سپس فرم خرطوم و پاها شکل داده شد. برای ایجاد حداقل خطا در تحلیل ریخت سنجی هندسی، تلاش شد تا تمام نمونه‌ها به یک شکل تثبیت شوند. شناسایی نمونه‌ها یک بار در دانشگاه تهران با کلیدهای معتبر و یک بار در کشور آلمان انجام شد. تمامی نمونه‌ها سپس اتیکت خورده و شماره گذاری شدند. در نهایت تعداد ۱۵۹ نمونه از شش ایستگاه مورد عکس برداری قرار گرفت.



جدول ۱-۲- اطلاعات جغرافیایی و تعداد کل نمونه های آماده سازی شده در هر ایستگاه.

موقعیت جغرافیایی	مختصات	ارتفاع	تاریخ نمونه برداری	تعداد ماده	تعداد نر	تعداد کل
بسطام، روبروی دانشکده کشاورزی	۳۲°۱۷/۲۱' شرقی ۴۰°۴۱/۴۸۸' شمالی	۱۴۰۱	۱۱ اردیبهشت ۹۵	۲۷	۱۵	۴۲
مجن، شوریاب	۲۹°۴۶/۴۷' شرقی ۴۰°۴۲/۰۲۹' شمالی	۲۰۷۳	۶ خرداد ۹۵	۲۴	۷	۳۱
گرگان، چهارباغ	۳۶°۳۴/۳۰' شرقی ۵۴°۳۰/۰۶' شمالی	۲۳۲۲	۷ خرداد ۹۵	۱۵	۵	۲۰
کرج، مشکین دشت	۳۵°۴۵/۲۵' شرقی ۵۰°۵۶/۳۰' شمالی	۱۲۵۳	۱۹ اردیبهشت ۹۶	۱۷	۱۳	۳۰
قزوین، الموت	۳۶°۲۹/۲۷' شرقی ۵۰°۲۳/۳۷' شمالی	۱۷۰۳	۳ خرداد ۹۶	۹	۷	۱۶
مشهد، مرکز تحقیقات	۳۶°۲۴/۱۴' شرقی ۵۹°۲۷/۱۸' شمالی	۱۰۷۲	۱۰ خرداد ۹۶	۱۵	۵	۲۰

جدول ۲-۲- مناطق نمونه برداری از سوسک سرخرطومی گیلاس و کد مربوط به هر منطقه

منطقه	بسطام	مجن	گلستان	کرج	قزوین	مشهد
کد محل نمونه های ماده	Bf	Mf	Gf	Kf	Qf	MAf
کد محل نمونه های نر	Bm	Mm	Gm	Km	Qm	MAm

## ۲-۲- عکس برداری

برای عکس برداری از نمونه ها از استرئومیکروسکوپ دارای دوربین عکس برداری سه مگا پیکسل DinoCapture استفاده شد. وضوح عکس معیاری مهم برای دقت (resolution) نقطه گذاری در مراحل بعدی کار است ، در نتیجه به منظور افزایش وضوح تصویر، از یک نمونه چندین عکس با وضوح متفاوت گرفته شده و تمامی عکس ها با نرم افزار ComineZM (Hadley, 2008) به یک عکس تبدیل شد. کار کردن با این نرم افزار از نرم افزارهای دیگری مانند فتوشاپ بسیار ساده تر بوده و همچنین به صورت خودکار اقدام به تصحیح خطاهای حاصل از الحاق عکس ها می کند. برای گرفتن تصاویر پیش گرده ، بال پوش و خرطوم از بزرگنمایی (۱۰) استفاده شد. سطح عکس برداری در مورد پیش گرده و بال پوش از ناحیه پشتی و در مورد خرطوم از ناحیه پیشانی بود. نکته بسیار مهم در تحلیل ریخت سنجی هندسی، استفاده از عکس های کاملاً یکسان با بزرگنمایی برابر، شناسنامه‌ی پیکسلی برابر و جهت گیری برابر است و این در حالی است که برخی ساختارها در هنگام آماده سازی نمونه‌ها اندکی چرخش پیدا می کنند. برای رفع این مشکل، معیاری مشخص برای تمامی نمونه‌ها در هر قسمت آناتومیک تعریف و اعمال شد. برای کم کردن حالت انحراف از معیار تعریف شده از جهت دار گذاشتن سوزن اتاله روی یونولیت پایه، در هنگام عکس برداری استفاده شد.



شکل ۲-۱- آماده کردن عکس ها برای آنالیز مرفومتريک هندسی

### ۲-۳- آماده سازی داده ها

در حین آماده سازی نمونه ها و همچنین پس از عکس برداری مشخص شد که برخی از نمونه ها دارای اشکال غیرطبیعی شدن در ساختار مورد مطالعه هستند. بخش دگرشکل این قبیل نمونه ها از تحلیل حذف گشته و تنها بخش های سالم در تحلیل باقی ماندند. همچنین از برخی بخش های استفاده نشده در تحلیل ریخت سنجی هندسی به دلیل مشکل ذکرشده ، در تحلیل ریخت سنجی سنتی استفاده شد. تعداد کل نمونه های استفاده شده در هر ایستگاه در تحلیل ریخت سنجی هندسی در جدول ۲-۳ آمده است.

جدول ۲-۳ : تعداد نمونه های استفاده شده برای هر بخش آناتومیک هندسی به تفکیک ایستگاه و جنسیت در تحلیل

ریخت سنجی هندسی.

	بسطام		مجن		کرج		گلستان		مشهد		قزوین	
	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده
بال پوش	۱۲	۱۸	۶	۲۳	۱۲	۱۸	۴	۱۶	۳	۸	۷	۹
پیش گرده	۱۲	۱۸	۶	۲۳	۱۲	۱۸	۴	۱۶	۳	۸	۷	۹
خرطوم	۱۲	۱۸	۶	۲۳	۱۲	۱۸	۴	۱۶	۳	۸	۷	۹

## ۲-۴ - انتخاب سازمان مرفولوژیک و لندهمارکها

بالپوش، پیش‌گرده و خرطوم به عنوان سه ساختمان مرفولوژیک انتخاب گردید و تحقیق در این که چه لندهمارک‌هایی را باید انتخاب کرد آغاز گردید. اگر لندهمارک‌های مناسبی انتخاب شوند، ساده‌ترین روش برای بدست آوردن یک شکل، ثبت مختصات لندهمارک‌ها و سپس از طریق محاسبات ریاضی بیرون کشیدن تأثیر تغییرات در فاکتورهای ذکر شده است. لندهمارک‌ها می‌بایست بطور مقتضی شکل ساختمان تحت مطالعه را تسخیر نمایند و با توجه به اینکه نشان دهنده جایگاه آناتومیکی مشابه در نمونه‌های مختلف هستند لذا بایستی ساختمان‌ها تا اندازه‌ای همولوگ باشند (Rolhf & Marcus, 1993).

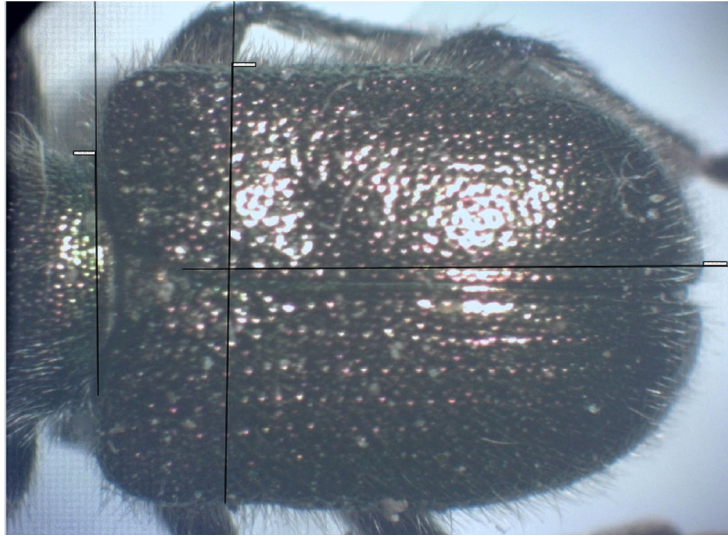
## ۲-۵ - کمی کردن تصاویر

تصاویر با انتقال به نرم افزارهای مرفومتريک هندسی که عمل رقمی کردن تصاویر را انجام می‌دهند کمی شدند. تعدادی از این گونه نرم افزارها که این عمل را انجام می‌دهند عبارتند از Tpsdig 32, Digitx, Calexcel, Digit x, Macmorph, quickimage and DSDI (Rohlf, 1997). در این تحقیق از نرم افزار tpsdig که توسط Prof.F.James Rohlf برنامه‌نویسی شده است استفاده گردید. پس از انتقال تصاویر به tpsdig آنها را به اندازه کافی بزرگ نموده تا تصاویر برای عمل رقمی کردن مناسب گردند. باید توجه داشت که نیازی به بزرگ کردن یک اندازه همه تصاویر نیست. در این مرحله لندهمارک‌های انتخاب شده در بررسی‌های قبلی در مکانهای مورد نظر انتخاب می‌شوند تا نرم افزار مختصات خام نقاط را محاسبه کند. در این مرحله دقت عمل بسیار بالایی مورد نیاز است زیرا در این حالت است که داده‌های عددی از تصاویر حاصل می‌شوند. لذا از رقمی کردن تصاویری که در نقاط لندهمارک وضوح کافی را ندارند باید خودداری کرد. زیرا در تجزیه‌ها با اعداد غیر واقعی روبرو خواهیم شد. همان طور که ذکر شد در این نرم افزار نقاط لندهمارک به مختصات خام خودشان تبدیل می‌-

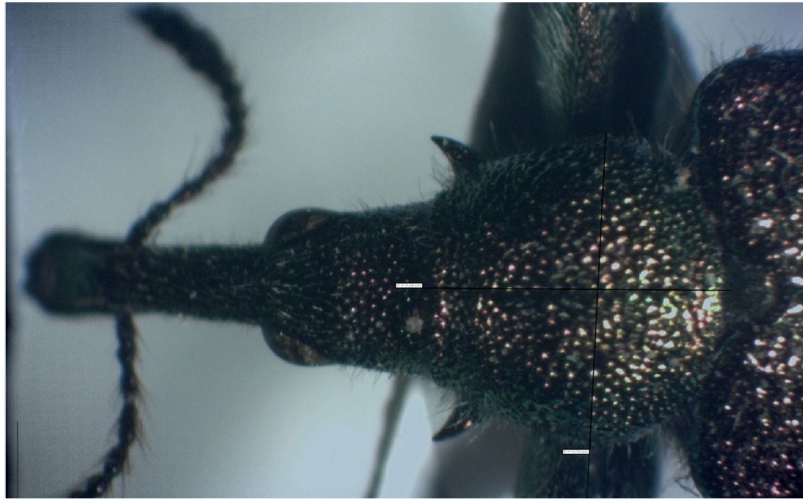
گردند. کلیه اطلاعات مربوط به مختصات خام نرها و ماده‌های یک جمعیت در فایل‌های مجزا ذخیره گردید.

## ۲-۶- استفاده از مجموعه نرم افزارهای tps

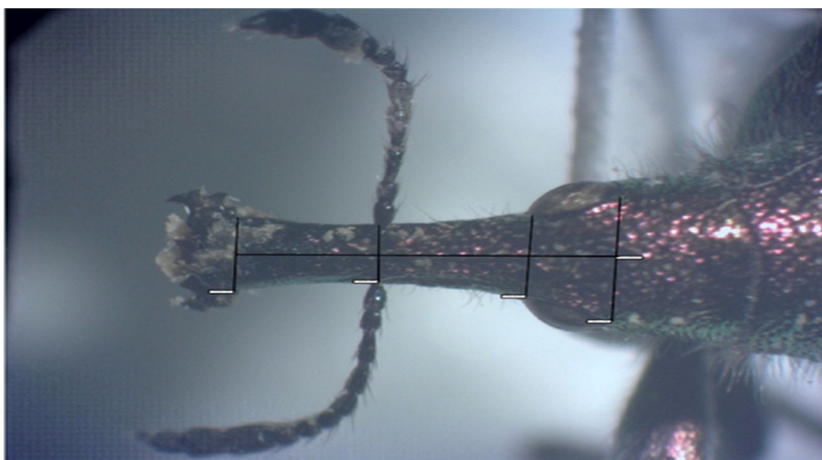
به منظور ایجاد تحلیل ریخت سنجی هندسی در محیط ساده tps، بسته های نرم افزاری کامپیوتری طراحی شده است. در این پژوهش، برای مطالعه هر کدام از ساختارهای پیش گرده ، بال پوش و خرطوم، عکس‌های آماده سازی شده از هر ساختار وارد نرم افزار tpsUtil 1.44 (Rohlf, 2009) شده و فایل خروجی با فرمت TPS ایجاد شد. سپس فایل مربوط به هر ساختار آناتومیک به طور جداگانه در نرم افزار tpsDig 2/17 (Rohlf, 2013) باز شد. در این پژوهش به دلیل وجود تعداد بسیار کم نقطه قابل تعریف ، از تحلیل برون خط استفاده شد. نقاط شروع نقطه‌گذاری برای هر ساختار آناتومیکی در شکل ۲-۳ آمده است. لازم به ذکر است که تمامی نقطه‌گذاری‌ها در جهت عقربه‌های ساعت بوده است و به منظور کارکرد صحیح نرم افزار ، نقطه پایان به نقطه شروع اتصال داده نشد (Teravati *et al*, 2009). همچنین در محیط نرم افزار tpsDig، 10 صفت متریک در مجموع سه ساختار آناتومیک اندازه گیری و به طور مستقیم در نرم افزار SPSS ۱۹ (Brosius, 2011) ثبت شد. حدود هر صفت در شکل ۲-۴ و توصیف آنها در جدول ۲-۳ آمده است.



شکل ۲-۲- مختصات لندمارک ها روی بالپوش (عکس اصلی)



شکل ۲-۳- مختصات لندمارک ها روی پیش گرده (عکس اصلی)

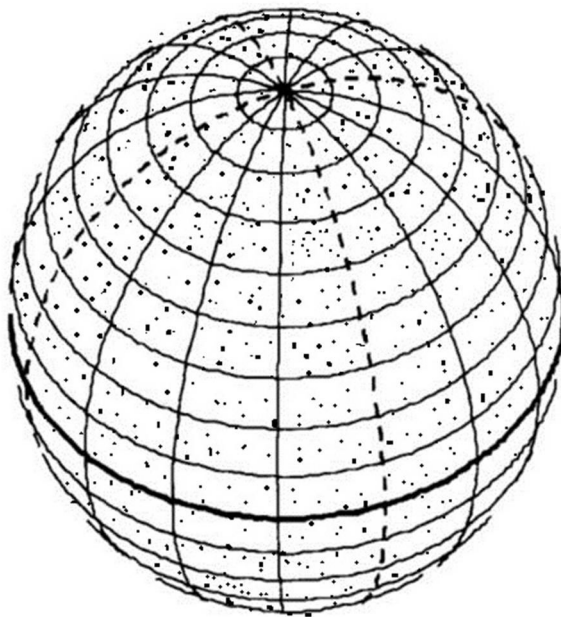


شکل ۲-۴- مختصات لندمارک ها روی خرطوم (عکس اصلی)

متغیر	توصیف متغیر
طول پیشگرده (LP)	از میانه قسمت قدامی پیشگرده که معمولاً مقعر است تا میانه قسمت خلفی پیشگرده که به سپرچه می رسد. این ناحیه معمولاً با دو خط موازی روشن روی پیش گرده قابل تشخیص است.
عرض پیشگرده (WP)	بزرگ ترین خط عرضی قابل رسم در پیش گرده
طول بالپوش (LE)	خطی که در آن دو بالپوش به هم می رسند (شکاف بال پوشی)، از انتهای سپرچه تا انتهای بالپوش که معمولاً با دو خط موازی روشن مشخص است.
عرض بال پوش (WE)	خط عرضی اندازه گیری شده در وسط بالپوش.
فاصله بین دو لبه قدامی بالپوش (AE)	فاصله بین قسمت خارجی دو لبه انحنا یافته قدامی بالپوش ها
فاصله دو چشم (ER)	حداقل فاصله بین دو لبه زیرین چشم ها در ناحیه پیشانی
عرض قسمت انتهایی خرطوم (WR)	ناحیه ای عرضی در زاویه دید پیشانی، هنگامی که خرطوم قسمت سر را ترک می کند.
عرض خرطوم در قسمت الحاق شاخک (AR)	خطی عرضی در نقطه اتصال شاخک ها به خرطوم
عرض نوک خرطوم (MR)	خطی عرضی دقیقاً قبل از ظهور قطعات دهانی در انتهای خرطوم.
طول خرطوم (LR)	خط طولی از نوک خرطوم تا محل خط بین دو چشم

## ۷-۲- شکل فضائی کندال (Kendall's Shape Space)

شکل فضایی کندال ساختمان هندسی بنیادین در ژئومتریک مرفومتريک است که اولین بار توسط Kendall پیشنهاد شد (Kendall, D. G, 1985., Kunkel, 2001). این شکل فضایی تدارک نمایش هندسی کاملی جهت انجام آنالیزهای Procrustes Distance را در میان یک سری لندمارک می-بیند (Kunkel, 2001). هر نقطه واقع در این شکل فضایی نمایانگر شکل آرایش فضایی نقاط لندمارک، صرف نظر از موقعیت و جهت در فضای اقلیدسی است (Rohlf, 1999). در این شکل، تفرق و پراکنش نقاط بسته به آرایش فضایی همه لندمارکها داشته و به پراکنش یک لندمارک تنها وابسته نیست (شکل ۷-۲).



شکل ۷-۲: شکل فضایی کندال و نقاط روی سطح آن که معرف افراد نمونه پس از تراز کردن و حذف اطلاعات مازاد بر داده‌های شکلی است (Rohlf, 1999, tpsTree).

اهداف مرفولوژیک بصورت نقاطی روی سطح کره نمایان هستند. زمانیکه تغییرات شکل کوچک باشد تشخیص و تمایز بین آنها بسیار مشکل است (Rohlf, 1998). از اختلاف بدست آمده در محل قرارگیری لندمارکها در نمونه‌های مختلف می‌توان متغیرهای جدیدی بدست آورد که این متغیرها را می‌توان



در آنالیزهای آماری استاندارد یک متغیره و چند متغیره بکار برد. برای رسیدن به این هدف ناگزیر استفاده از توابع ویژه‌ای هستیم که این توابع اختلافات را در محل قرارگیری لندمارک‌های مختلف محاسبه کرده و پارامترهای حاصل از بکارگیری این توابع را می‌توان در آنالیزهای MANOVA, ANOVA بکار برد (Morphometrics Suny Stoy Brook, 2002).

برای برطرف کردن محدودیت‌هایی که توسط روش‌های Principal و Partial Warps بوجود می‌آیند از پارامتر دیگری بنام Relative Warp استفاده می‌کنند. Relative Warp توسط تجزیه به مولفه اصلی بردار ویژه‌های راست گوشه ماتریس کوواریانس Partial Warps بدست می‌آید. اینها در حقیقت مولفه‌های اصلی توزیع شکل در فضا مماس با فضای کندال است و معرف جهت تغییرات ایجاد شده در شکل، نسبت به مرجع هستند. Relative Warp را می‌توان از Partial Warps با بدست آورد. در محاسبات Relative Warp، پارامتر  $\alpha$  نقش تعیین کننده‌ای دارد بدین صورت که تغییرات شکل را در بررسی‌های ژئومتریک معنی‌دار می‌کند (Rohlf, 1993). این پارامتر در آنالیزها سه حالت مختلف می‌تواند داشته باشد:

$$\alpha > 1 \quad (1) \qquad \alpha = 1 \quad (2) \qquad \alpha = 0 \quad (3)$$

(1) اگر  $\alpha > 1$  باشد، Principal Warp‌های معادل صفر از آنالیزها حذف می‌شوند و جهت یابی نمونه‌ها براساس ماتریس انرژی خمش<sup>1</sup> است که در این حالت تغییر فرمها غیر خطی خواهد بود.

(2) اگر  $\alpha = 1$  باشد، در تجزیه و تحلیل‌ها، Principal Warp‌ها برابر با جذر بردار ویژه خودشان خواهد بود که در نتیجه تغییرات با مقیاس بالا نسبت به تغییرات با مقیاس کم، ارزش بیشتری خواهند یافت.

(3) اگر  $\alpha = 0$  باشد، تمام Principal Warp‌ها ارزش یکسان داشته و در تجزیه و تحلیل‌ها به صورت یکسان در نظر گرفته می‌شوند، در این حالت RWA<sup>2</sup> می‌تواند براساس Procrustes Fitting انجام گیرد نه براساس آنالیزهای TPS. در این حالت تغییرات شکل یکنواخت است و این حالت زمانی اتفاق

---

<sup>1</sup> Bending Energy Matrix

<sup>2</sup> Relative Warp Analysis

می‌افتد که لندمارک‌ها خیلی بهم نزدیک باشند. زمانیکه تغییرات شکل ایزومتریک باشد،  $\alpha = 0^\circ$  است و زمانیکه تغییرات شکل آلومتریک باشد،  $\alpha = 1$  در نظر می‌گیرند (Rohlf, F. J. 1993). بنظر Rohlf، RWA تغییرات شکل بین جمعیت‌های مختلف را می‌تواند بصورت هندسی آنالیز کرده و در حقیقت آنالوگ PCA شکل در تغییرات بین جمعیتی برای داده‌های لندمارک است. RWA دارای مزیتی است و آن تدارک نمایش گرافیکی تغییرات شکل یک نمونه جمعیت است. داده‌های هندسی بدست آمده از این گونه آنالیزها را می‌توان بصورت آماری آنالیز کرد که این عمل با استفاده از مختصات خام تراز شده<sup>۱</sup>، مولفه‌های یکنواخت<sup>۲</sup>، Partial Warp Loading<sup>۳</sup>های هر فرد در نمونه (Warping که برای متناسب کردن روی Consensus نیاز است) و Centroid Size به عنوان متغیر در آنالیزهای مرسوم پارامتریک و غیرپارامتریک و آنالیز واریانسهای Randomization یک و چند متغیره انجام می‌گیرد (Cavalcanti, M. J. 2001).

## ۲-۸- متغیرهای شکلی (Weight Matrix)

روشی که در تحقیق حاضر اتخاذ شده، روش Superimposition است که با آنالیز نمونه‌های Seperimposed شده توصیف تغییرات شکل توسط مقایسه‌ی افراد نمونه‌ها با یک مرجع<sup>۳</sup> که در حقیقت معدل و میانگین مختصات کار تزیینی هر لندمارک در میان تمامی نمونه‌ها است، صورت می‌پذیرد. در این مرحله اول نمونه‌ها بترتیب با هم Superimposed شده بطوریکه انحرافات لندمارک‌ها بر اساس برخی ضوابط و معیارها تا حد امکان کوچک می‌شود. مقادیر باقیمانده (Residuals) از این Superimposition بعنوان داده‌ی شکلی مورد استفاده قرار گرفته و مستقیماً در مقایسه گروهها و جمعیت‌ها با همدیگر وارد عمل می‌شود. برای انجام این آنالیزها هم Median- Based و هم حداقل

---

Raw Aligned Coordinates<sup>۱</sup>

Uniform Components<sup>۲</sup>

Consensus Configuration<sup>۳</sup>

مربعات<sup>۱</sup> پیشنهاد شده است. هرچند آنالیز نمونه‌های Superimposed شده به محقق اجازه یافتن کل تغییرات شکل را می‌دهد ولی هرگز اجازه جزءبندی و تجزیه شکل به مولفه‌های یکنواخت و غیر یکنواخت را نمی‌دهد. این چنین تجزیه و تقسیمات تغییرات شکل فقط با استفاده از TPS میسر است (Adams & Funk, 1997).

با استفاده از TPS تغییرات بین نمونه‌ها بصورت تغییرات در پارامترهای یک تابع الحاقی که نمونه‌ها را با آرایش فضایی مرجع قیاس می‌کند، تظاهر می‌نماید. این پارامترها بعنوان توصیف کننده‌های شکلی در نظر گرفته می‌شوند. پس از محاسبه یک آرایش فضایی مرجع برای کل نمونه‌ها و افراد، محاسبه TPS آغاز می‌گردد. سپس تابع TPS به تعدادی عناصر راست گوشه هندسی شکسته می‌شود که Principal Warps نام دارند. این Warpها یک سری محورهای شکلی چند متغیره هستند که یک سری از تغییر فرمها، با اهمیت‌های متفاوت را مورد توصیف قرار می‌دهند. نمونه‌های Superimposed شده بروی این Principal Warps افکنده شده (با استفاده از دو روش Steriographic, Orthogonal Projections) و از این طریق انحرافات آنها با آرایش فضایی مرجع قابل توصیف کردن است. این مقادیر افکنده شده یا Partial – Warp Scores هستند که بعنوان داده‌های شکلی در آنالیزهای چند متغیره استفاده می‌گردند (Rohlf & Corti, 2000).

## ۲-۹- صفحات فلزی نازک (Thin Plate-Splines) (TPS)

بوکستین در اواخر دهه هشتاد برای داده‌های لندمارک، استفاده از توابع TPS را برای متناسب<sup>۲</sup> کردن اختلافات در موقعیت لندمارکها در یک موجود برای مقایسه وضعیتش با دیگری، مطرح کرد (Bookstien, 1989). واژه Thin Plate-Spline از مدل تغییر شکل یافته<sup>۱</sup> یک ورقه نازک فلزی گرفته شده است. استفاده از این ورقه‌ها دلالت بر این ندارد که بافت‌های بیولوژیک مانند ورقه‌های

---

<sup>۱</sup> Procrustes

<sup>۲</sup> Fit

فلزی عمل می‌کنند) مانند استفاده از Fourier Analysis که دلالت بر این ندارد که خطوط پیرامون<sup>۱</sup> مانند رشته‌های لرزان رفتار می‌کنند (Rohlf & Marcus, 1993). استفاده از این روش‌ها به سادگی توسط استفاده از یک تابع مناسب انجام می‌پذیرد که قادر است اختلافات را در دو توزیع فضایی لندمارک به صورت یک انحراف یا تغییر شکل پیوسته بیان دارد. در ضمن محقق بطور دلخواه می‌تواند در خطوط شبکه‌ای، محیط و یا در هر نقطه دیگری که در توصیف شکل دخیل ولی در محاسبات تغییر فرم مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، تغییر فرم ایجاد کند. این خصوصیات توانایی ترسیم اتوماتیک- وار شبکه‌های تغییر فرم یافته همانند تغییر فرم‌هایی که در ارتباط با D'Arcy Thompson بود را می‌دهد. این روش فاقد هر گونه ابزار عددی بوده و بطور خالص روش نمایشی و گرافیکی است که اجازه می‌دهد اشکال بصورت بصری دو به دو با هم دیگر مقایسه شوند (Kunkel, 2001 - Rohlf & Marcus, 1993).

Bookstein در ابتدا از روش‌های TPS به عنوان روشی برای متصور سازی یک خط فضایی مماس برای آنالیزهای آماری تغییرات شکل بهره برد. این تابع، تابعی همواره یکنواخت بوده که همه نقاط در فضای فیزیکی شکل مرجع روی نقاط متناظر در فضای II امین فرد نمونه کشیده می‌شوند. برنامه کامپیوتری tpsSplin محاسبات لازم و ضروری و نقشه‌های مختلف بین دو ترکیب شکلی از لندمارک-ها به صورت تغییر فرم شبکه‌ای بر اساس TPS را تدارک می‌بیند (Pavlinov, I, Ya. 2001). برای تابع دو بعدی TPS فرمول را می‌توان بصورت ذیل نوشت:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} + \sum_{j=1}^p n_j U(r_j)$$

که  $y, x$  مختصات نقطه در فضای شکل مرجع بوده،  $y', x'$  برآیند مختصات یک نقطه در فضای II امین نمونه فرد است و  $A$  ماتریس  $k \times (k+1)$  پارامتری است که تغییر شکل یکنواخت را معین می‌کند (انتقال، چرخش، میزان کردن و بریدن)  $U(r_j)$  تابع  $r_j$  در  $r_j$  فاصله بین یک نقطه  $(x, y)$  در فضای شکل

مرجع و  $\lambda$  آمین لندمارک در شکل مرجع است و  $n_j$  بردارهای  $k$  بعدی پارامترهایی است که تغییر شکل‌های غیر یکنواخت در فضا را تعیین می‌کند. نقاط مطابق با لندمارک‌ها در شکل مرجع به دقت روی موقعیت لندمارک‌های نظیر در  $\lambda$  آمین فرد نمونه نقش می‌اندازند. نقاط میانه در موقعیت‌های دیگر در داخل شکل فیزیکی مرجع نیز روی بعضی موقعیت‌های ریاضی نظیر (همولوگ) داخل شکل فیزیکی  $\lambda$  آمین فرد نمونه نقش می‌اندازد (Rohlf, 1996). واژه TPS بکار رفته در این مدل‌ها در حقیقت استعاره ایست که از مکانیک صفحات نازک فلزی به عاریت گرفته شده و بطور کلی منظور تغییر شکلهایی است که در این صفحات نازک در نتیجه<sup>۱</sup> روی هم انداختن<sup>۱</sup> نمونه‌ها بر روی شکل مرجع (یعنی متناسب شدن لندمارک‌های نمونه با هدف) رخ می‌دهد. پیشرفت‌های اخیر در این گونه آنالیزها با استفاده از TPS تدارک آنالیز فضایی سازمان یافته از تغییرات شکل را می‌بیند که این مهم، محققین را در بررسی مقایسه<sup>۲</sup> تشابهات بین موجودات هدایت می‌کند. در این گونه آنالیزها، دو شکل بصورت تغییر فرمی که در اثر متناسب شدن روی فرم دیگر در آنها حاصل می‌شود، مورد مقایسه قرار می‌گیرند. این تغییر فرم‌ها توسط انرژی خمش<sup>۲</sup> صورت می‌پذیرد. منظور از انرژی خمش، انرژی خالص مورد نیاز برای جایگیری لندمارک‌های هدف در مختصات لندمارک‌های مرجع است که سبب خمش در صفحه نازک می‌گردند (Rohlf & Slice, 1991). زمانیکه تغییر فرم یکنواخت<sup>۳</sup> است، با توجه به اینکه جابجایی مختصات لندمارک‌ها خطی است لذا میزان انرژی خمش صفر است و در تصویر نمونه خمیدگی ایجاد نشده و جابجایی فقط بصورت *tilting* است ولی هنگامیکه تغییر فرم مختصات لندمارک‌ها غیر خطی باشد سبب ایجاد خمیدگی در صفحات نازک شده و بدفرمی در آن بوجود می‌آید (Rohlf & Marcus, 1993).

---

<sup>۱</sup> Superimposition

<sup>۲</sup> Bending Energy

<sup>۳</sup> Uniform Transformations

آنالیزهای TPS با تجزیه ماتریس انرژی خمشی<sup>۱</sup> به بردارهای ویژه راست گوشه‌ای که اصطلاحاً Principal Warps نامیده می‌شوند، آغاز می‌گردد. هندسه این Principal Warps ها توسط شکل مرجع توصیف می‌شود و جهت تغییر فرم‌ها در فضای خطی مماس<sup>۲</sup> نشان داده می‌شود. مقادیر ویژه از ابتدا تا انتها بصورت متوالی سیر نزولی داشته و بوسیله مقیاس تغییر فرم تعیین می‌شوند. اولین مقدار ویژه بیشتر از همه قابل تمرکز بوده که این مربوط به تغییر فرم است. Principal Warp های آخری که مقدار آنها صفر است مربوط به تغییر فرمهای یکنواخت بوده و اگر در تحقیقی هدف پیگیری تغییر فرمهای غیر یکنواخت باشد، می‌توان این Warp های صفر را از آنالیزهای آتی حذف کرد و در نظر نگرفت (Rohlf, 1998).

برای نشان دادن هر فرد براساس TPS (یعنی برای متناسب کردن آن در صفحه مماس خطی) یک سری متغیرهای شکلی جدیدی بنام Partial Warps محاسبه می‌شوند که از مختصات تصاویر افراد تراز شده روی هر یک از بردارهای ویژه خود، بدست می‌آیند و بدین صورت تعریف می‌شوند (Rohlf, 1999).

Partial Warps ساختمان ضمیمه‌ای هستند که برای تفسیر تغییرات شکل و گوناگونی شکل در یک سری لندمارک‌ها بکار برده می‌شوند. از نظر جبری نیز اینها بردارهای ویژه ماتریس انرژی خمشی است که حاوی اطلاعاتی از تغییر شکل در طول محور مختصات هستند (Slice, Bookstein- Marcus & Rohlf, 2001). هندسه Partial Warp ها بوسیله هندسه Principal Warp ها تعیین می‌شود، لذا هیچ ربطی به کوواریانس لندمارک‌ها در نمونه تحت بررسی نخواهد داشت و بدین ترتیب هندسه آن غیر پایدار است و با تغییر در توزیع فضایی لندمارک‌ها هم در هندسه Principal Warp ها و هم در هندسه Partial Warp ها تغییر ایجاد خواهد شد. توزیع افراد حول محورهای Partial Warp، مقیاس فضایی از اختلافات اساسی قابل توجه را توجیح می‌کند (Rohlf & Bookstein, 1990).

---

<sup>۱</sup> Bending Energy Matrix

<sup>۲</sup> Tangent Space

با استفاده از توابع TPS تغییرات بین نمونه‌ها بصورت تغییرات در پارامترهای یک تابع الحاقی که در یک سری نمونه معین را با آرایش فضایی مرجع آن مقایسه می‌کند، تظاهر می‌نمایند. این پارامترها بصورت توصیف کننده شکل عمل می‌کنند، همانطوریکه پارامترهای بدست آمده از آنالیزهای Fourier توصیف کننده پیرامون منحنی‌ها هستند (Adams & Funk, 1997).

لذا با استفاده از نرم افزار tpsUtil V. 1.07 کلیه داده‌های مربوط به جنسهای نر و ماده و جمعیت‌های مختلف با همدیگر در یک فایل تنها ذخیره گردید و وارد نرم افزار tpsdig جهت استحصال مرجع و نیز Partial WarpScores گردید. لازم بذکر است که این محاسبات در نرم افزار NTSYS-pc نیز قابل انجام است. تعداد تصاویر بالپوش، پیش‌گرده و خرطوم برای جمعیت‌های نر و ماده سوسک سرخرطومی گیلاس در جدول ۲-۴ آمده است.

جدول ۲-۴: تعداد تصاویر بالپوش، پیش‌گرده و خرطوم در جمعیت‌های نر و ماده سوسک سرخرطومی گیلاس

جمع تصاویر	خرطوم		پیش‌گرده		بالپوش		جمعیت
	نر	ماده	نر	ماده	نر	ماده	
۹۰	۱۲	۱۸	۱۲	۱۸	۱۲	۱۸	بسطام
۸۷	۶	۲۳	۶	۲۳	۶	۲۳	مجن
۶۰	۴	۱۶	۴	۱۶	۴	۱۶	گلستان
۳۳	۳	۸	۳	۸	۳	۸	مشهد
۹۰	۱۲	۱۸	۱۲	۱۸	۱۲	۱۸	کرج
۴۸	۷	۹	۷	۹	۷	۹	قزوین
۴۰۸	۳۹	۹۲	۳۹	۹۲	۳۹	۹۲	جمع کل

## ۲-۱۰- متغیرها و تعداد افراد در هر جمعیت

دیدگاه‌های متفاوتی در خصوص تعداد افراد لازم در هر جمعیت برای مطالعات مرفومتريک وجود دارد ولی همیشه لازم است که تعداد نمونه‌ها از تعداد متغیرها بیشتر باشد. در این زمینه بررسی‌های زیادی صورت گرفته است (رضا ظهیری، ۱۳۸۲).

تعداد متغیرها در تحقیقات ژئومتريک مرفومتريک طبق رابطه ۲-۱ بدست می‌آید:  $V=2p-4$

طبق این فرمول  $V$  تعداد متغیرهای شکل و  $P$  تعداد لندمارک‌هاست. با توجه به اینکه در این روش از مختصات کارتزینی لندمارک‌ها استفاده می‌شود، از دو برابر تعداد لندمارک‌ها ۴ متغیر کاسته می‌شود که این کاهش تعداد بدلیل معنا و مفهوم شکل در مرفومتريک هندسی نهفته است (Pavlinov, 2001). بطور مثال اگر در یک بررسی ژئومتريک مرفومتريک تعداد ۱۰ عدد لندمارک انتخاب شده باشد، لذا ۲۰ مختصات لندمارک (۱۰ تا برای  $x$  و ۱۰ تا برای  $y$ ) وجود خواهد داشت و طبق فرمول ۲-۱، ۱۶ عدد متغیر شکلی محاسبه می‌گردد.

Walker کاهش ۴ عددی متغیرها را بدین ترتیب بیان می‌کند: در ابتدای امر با انتخاب  $P$  لندمارک، در فضای دو بعدی  $2P$  متغیر خواهیم داشت و این بدین معنی است که  $2P$  محور تغییرات در ابتدا وجود دارد که از این تعداد ۴ محور در ارتباط با شکل مورد نظر نیست. موقعیت و جهت یابی هدف رقمی شده<sup>۱</sup> اختیاری است از این رو یک محور در نتیجه موفقیت همه نمونه‌های تحت بررسی در طول محور  $x$ ها، یک محور در نتیجه موقعیت همه نمونه‌های تحت بررسی در طول محور  $y$ ها و یک محور هم در نتیجه جهت یابی همه نمونه‌های تحت بررسی برداشته می‌شوند. پس از برداشتن این محورها نوبت محور غیر شکلی آخر می‌رسد که در نتیجه اختلاف اندازه بین نمونه‌ها بوجود آمده است، لذا با برداشتن این محور  $2p-4$  محور تغییرات شکلی وجود خواهد داشت. این محاسبات در



GLS<sup>۱</sup> انجام می‌گیرد و در این روش محورهای اضافی برداشته می‌شود. لذا با محاسبه ماتریس وزنی<sup>۲</sup> است که  $2p$  متغیر به  $2p-4$  متغیر که شامل  $2p-2$  متغیرهای شکلی غیر خطی<sup>۳</sup> و دو عدد متغیرهای شکلی خطی<sup>۴</sup> است، تغییر فرم می‌دهد (Walker, J.A. USA).

## ۲-۱۱- تجزیه و تحلیل‌های آماری

### ۲-۱۱-۱- آزمونهای مقدماتی

داده‌های متغیر شکلی بایستی قبل از انجام هر گونه تجزیه آماری در نرم افزارهای آماری استاندارد جهت انجام تست‌های نرمال و آزمون همگنی واریانس‌ها و نیز مشاهده توزیع و پراکنش مقادیر در جمعیت‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرند (Rohlf, 1999; Mayr, 1999). قبل از انجام تجزیه‌های مقدماتی آماری لازم است تا بررسی اجمالی روی آزمون خطاهای رقمی کردن داده‌ها انجام شود. برای این منظور از یک جمعیت انتخابی ۳۰ فرد انتخاب می‌گردد و کلیه‌ی کارکترهای مربوط به آن را در دو مرحله اندازه‌گیری یا اصطلاحاً کمی می‌گردد و داده‌های حاصله وارد نرم افزارهای آماری استاندارد خواهد شد و تست‌های تجزیه واریانس یک متغیره و چند متغیره صورت می‌پذیرد، که در صورت معنی‌دار نبودن، آزمون‌های عددی (کمی) کردن لندمارک‌ها بدرستی و با دقت صورت می‌پذیرد.

### ۲-۱۱-۲- آزمون توزیع نرمال

برای انجام هر گونه آزمون آماری چند متغیره، داده‌ها بایستی با مدل چند متغیره Gaussian مطابقت داشته باشند یعنی دارای توزیع نرمال و واریانس‌های همگن باشند. بعد از ویرایش متغیرهای شکلی، تست‌های توزیع نرمال در MINITAB و SIGMASTAT بروی آنها صورت گرفت. آزمون‌های Stem and leaf plots and Boxplots برای یافتن و تشخیص هر گونه Outlier و نمونه‌های خارج از تیپ

---

<sup>۱</sup> Generalized Least Squeres

<sup>۲</sup> Weight Matrix

<sup>۳</sup> Partial Warp Scores

<sup>۴</sup> Uniform Components

انجام گردید تا خطاهایی که در مرحله رقمی کردن صورت گرفته، معین شود. سپس Outlierها با دیاگرام هندسی برداری<sup>۱</sup> که در نرم افزار tpsRelw می توان آنرا مشاهده کرد، مقایسه گردید و لندمارک‌هایی که اندازه بردارهایشان غیر عادی بود دو مرتبه در موقعیت لندمارکشان تصحیح شدند. آزمون‌های Ryan-Joiner, Anderson- Darling که مشابه Shapiro-Wilks بوده و Kolmogorov- Smirnov برای آزمون نرمال صورت گرفت. برای آزمون همگنی واریانس‌ها نیز Bartlett's test و Leven s test انجام شد. در جمعیت‌هایی که دارای واریانس یکسان هستند، می‌توان آنالیز واریانس چند متغیره معمول<sup>۲</sup> و تجزیه به مولفه اصلی (PCA) و تجزیه تابع تشخیص (DFA) را انجام داد. اختلافات بین گروهها را می‌توان توسط استفاده از تجزیه مولفه اصلی (PCA) و تجزیه تابع تشخیص (DFA) بدست آورد (ظهیری، ۱۳۸۲).

Rohlf و همکاران از ناهمگنی واریانس - کوواریانس ماتریس<sup>۳</sup> مختصات داده‌های موشهای خانواده Talpidae صرف نظر کردند زیرا اندازه کوچک نمونه‌های جمعیت‌ها در رابطه با تعداد متغیرها است. زمانیکه اندازه نمونه جمعیت کوچک باشد، تنوع میان متغیرها ممکن است تنوع بین گروهها را بپوشاند. (Rohlf, et al., & Corti, M. 1996). تغییر فرم داده‌ها با استفاده از تغییر فرمهای لگاریتمی مرسوم و سایر روشها اغلب برای غلبه بر این گونه مشکلات با این انحرافات، عملی است. این روشها را نمی‌توان برای مختصات تراز شده و متغیرهای شکلی بکار برد، زیرا ارتباط آن را با Tangent space ضایع می‌کند. در این گونه موارد، در زمانیکه داده‌ها از توزیع تئوریک انحراف نشان می‌دهند، متدهای آماری با توزیع آزاد<sup>۴</sup> مانند Bootstrap و تست‌های Permutation یا Randomization می‌تواند بر این ناهمگنی<sup>۵</sup> غلبه کند. در متدهای Randomisation از ANOVA برای واریانسهای نابرابر استفاده می-

<sup>۱</sup> Geometrical vector diagram

<sup>۲</sup> Conventional Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)

<sup>۳</sup> Heterogeneity of variance- covariance matrices

<sup>۴</sup> Distribution free statistical methods

<sup>۵</sup> Heteroscedasticity

شود و تست‌های چند متغیره معنی دار (RMA) <sup>۱</sup> را نیز می‌توان برای این داده‌ها بکار برد. مزیت تکنیک‌های Randomization این است که آنها با نمونه‌های غیر تصادفی نیز معتبر هستند (Rohlf and Bookstein, 1990).

### تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal Component Analysis)

در تحلیل عاملی بعد از بدست آوردن ماتریس همبستگی، ابتدا باید مشخص کنیم که کدام مدل عاملی را برای تحلیل عاملی استفاده خواهیم کرد. از نظر مدل عاملی، تحلیل عاملی را می‌توان به دو رویکرد متفاوت تقسیم بندی کرد.

تحلیل مولفه‌های اصلی (Principal Components Analysis=PCA)

تحلیل عاملی اصلی (Principal Factor Analysis=PFA)

هدف اکثر روش‌های آماری چند متغیره، خلاصه کردن صفات است به نحوی که بتوان کمیت‌های افراد را از یکدیگر متمایز کرد. این روش ابتدا توسط کارل پیرون در سال ۱۹۰۱ ابداع شد و در سال ۱۹۳۸ توسط هتلینگ روش محاسباتی آن ابداع گردید. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، اولین مولفه بیشترین تغییرات را در بر می‌گیرد و بعد از آن بیشترین واریانس مربوط به مولفه دوم است و آخرین مولفه کمترین واریانس را دارد. از این روش بیشتر برای گروه‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود و در حقیقت به عنوان مکمل تجزیه کلاستر است.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی معمولاً قبل از تجزیه کلاستر انجام می‌شود تا اهمیت نسبی متغیرهایی که در کلاستر نقش دارند مشخص شود. از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی جهت کاهش حجم متغیرهای اولیه، توصیف و تشریح تنوع کل موجود در یک جامعه، تفسیر بهتر روابط و تعیین سهم صفات در تنوع کل استفاده می‌شود.

روش تحلیل مولفه‌های اصلی یا PCA این روش دو کارکرد مهم دارد: اولین کارکرد این روش آن است که عامل‌ها را به صورت مستقیم و بدون برآورد اشتراکات، از ماتریس همبستگی تعیین می‌کند.

---

<sup>۱</sup> Multivariate tests of significance

در این روش به منظور تبیین حداکثر مقدار واریانس متغیرها، ترکیب خطی آن‌ها برآورد می‌شود. بدین صورت که اولین مولفه بیشترین واریانس متغیرها را تبیین می‌کند. سپس مولفه ی دوم بیشترین مقدار واریانس باقی مانده در متغیرها را بعد از مولفه ی اول توضیح می‌دهد و به همین ترتیب الی آخر پیش می‌رود .

کارکرد دیگر تحلیل مولفه های اصلی PCA این است که مجموعه ای از متغیر های سنجیده شده را به مجموعه ای از ترکیب خطی متعامد با حداکثر مقدار واریانس تبدیل می‌کند .

تحلیل داده های چندگانه از نقش اساسی در تحلیل اطلاعات برخورداراست. مجموعه داده های چندگانه، حالت ها یا متغیرهای زیادی را برای هر مشاهده در بر دارند اگر در هر مجموعه داده  $n$  متغیر وجود داشته باشد، هر متغیر می تواند دارای چند بعد باشد . با توجه به اینکه اغلب درک و شهود فضای چندبعدی دشوار است، تحلیل روش مولفه های اصلی ابعاد مشاهدات را بر اساس شاخص ترکیبی و دسته بندی مشاهدات مشابه کاهش می دهد. روش فوق یکی از با ارزش ترین نتایج کاربرد جبر خطی است که به وفور در کلیه اشکال تحلیلی از علوم شبکه های عصبی تا نمودارهای کامپیوتری استفاده شده است، چرا که یک روش آسان و غیر پارامتریک برای استخراج اطلاعات مرتبط از یک مجموعه داده پیچیده است.

### تجزیه متغیر کانونیک (Canonical Discriminant Analysis)

CDA بهترین نقطه تفکیک را در بین گروهها و جمعیت های افراد بوسیله امتیاز و نمره دادن به اندازه گیری فواصل ما بین آنها پیدا می کند. محورهای جدید ناهمبسته تغییرات به نام Canonical Discrimination خوانده می شوند و از محاسبه بیشترین واریانس بین گروههای وابسته به واریانس مشترک داخل گروهها بدست می آید. اولین متغیر کانونیک بیشترین تغییرات بین گروهی را نشان می دهد و متغیرهای کانونیک باقیمانده بر اساس میزان تغییرات باقیمانده ای که می خواهند مورد بحث قرار گیرند، آراسته می شوند. معمولا از فاصله ماھالانوبیس به عنوان مقیاسی از درجه اختلاف (Discrimination) بین گروهها استفاده می شود و F-statistics می توان بصورت یک کمیت معنی دار

در بین جفت گروهها محاسبه گردد. از این رو CDA یک مفهوم آماری و گرافیکی برای نمایش الگوهای تغییرات را در بین جمعیتها ارائه می‌دهد. این روش مخصوصاً برای تحقیقات تغییرات جغرافیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که البته می‌توان برای بدست آوردن مقیاسی برای تشابهات میان جمعیت‌های Sympatric و یا گونه‌هایی که در ارتباط نزدیک با هم هستند نیز بکار برد. در ضمن از این روش می‌توان در تعیین ارتباط افراد با منشاء ناشناخته به جمعیت‌های شناخته شده، استفاده کرد. در صورتیکه نتوان بطور کامل جمعیت‌ها را از هم مجزا و تفکیک کرد، می‌توان از یک ضریب طبقه بندی استفاده کرد که بر اساس تمامی متغیرهای کانونیک ( یا توابع تشخیص در محل دو گروه) حاصل شده است، این بدین معنی است که جمعیت‌ها حداقل بر اساس متغیرهای مورد استفاده از نظر مرفولوژی جدا نشدنی هستند. اگر اختلافات معنی داری در مرفولوژی دیده شود، قبل از اینکه هر گونه تصمیمی درباره وضعیت ژنتیکی آن بتوان گرفت، این موضوع با اهمیت است تا بدانیم چه میزان از تغییرات قابل توارث است و چه میزان از این تغییرات در نتیجه تأثیرات محیطی است. محل زندگی روی مرفولوژی بسیار تأثیر گذار است، مخصوصاً در مورد حشراتی که از میزبان‌های گیاهی مختلف استفاده می‌کنند. مدت زمان زیادی است که متخصصین تاکسونومیک از اختلافاتی که در شکل ساختمانهای مرفولوژیک در میان جمعیت‌های Sympatric وجود دارد، برای تعیین و توصیف گونه‌ها بهره می‌برند. در پشت استفاده از اشکال مرفولوژیک، این مطلب نهفته است که اندازه بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و این در حالی است که شکل به داشتن یک ترکیب ژنتیکی بزرگ بسیار بیشتر شبیه است. در CDA سهم کارکترها در تفکیک گروهها از یکدیگر را می‌توان از تخمین اهمیت و ارزش نسبی ضرایب هر محور تغییر بدست آورد. هر چند CDA دارای محدودیت‌هایی در نمایش الگوهای تغییرات شکل نیز است (Claridge and Gillham , 1992).



فصل سوم

نتیج

در این فصل به نتایج آماری حاصل از تحلیل ریخت سنجی هندسی به طور جداگانه پرداخته می‌شود. نتایج ریخت سنجی هندسی نیز در هر ساختار ریختی، به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۳-۱- ریخت سنجی هندسی

در تحلیل ریخت سنجی هندسی به روش برون خط، نقاط رقومی شده به بازه‌ی فوریه رفته و خروجی آن ضرایب هارمونیک هستند. برای تحلیل شکل هر ساختار آناتومیک، ضرایب هارمونیک به عنوان متغیر مستقل در نرم افزار های آماری، مورد استفاده قرار می‌گیرند. با حذف اولین هارمونیک (چهار ضریب اول) تعداد ضرایب یا همان متغیر ها، برای هر ساختار آناتومیک 36 عدد می‌شود. این متغیر ها برای هر ساختار آناتومیک به طور مجزا مورد تحلیل آماری واقع می‌شوند. نتایج حاصل از تحلیل چند متغیره شکل (تحلیل ممیزی و MANOVA) در هر سه ساختار آناتومیکی نشان از دو شکلی جنسی در بین نمونه ها دارد. در نتیجه، تمامی تحلیل ها در مورد جمعیت ها برای نمونه های نر و ماده به صورت جداگانه انجام پذیرفت و نتایج آن ها برای هر ساختار آناتومیکی به طور مجزا در زیر آمده است.

### ۳-۲- تجزیه به مولفه‌های اصلی Principal Component Analysis

نتایج حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی برای همه افراد نر و ماده جمعیت‌های سرخرطومی گیلان برای همه ایستگاه‌ها در جدول ۳-۱ آورده شده است. بر طبق این جدول شش مولفه اول  $86/055\%$  بیشترین میزان تغییرات را نشان می‌دهند.



جدول ۳-۱- توزیع واریانس شش مولفه نخست استخراج شده از تحلیل PCA برای افراد نر و ماده سرخرطومی

گیلاس

Component مولفه	Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	مجموع	% واریانس	% تجمعی	مجموع	% واریانس	% تجمعی
1	5.680	31.558	31.558	5.424	30.133	30.133
2	2.954	16.409	47.967	3.079	17.108	47.241
3	2.717	15.096	63.064	2.161	12.007	59.248
4	1.552	8.622	71.686	1.816	10.089	69.337
5	1.434	7.964	79.650	1.578	8.769	78.106
6	1.153	6.406	86.055	1.431	7.949	86.055

نتایج حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی برای افراد نر جمعیت های سرخرطومی گیلاس برای همه مناطق نمونه برداری در جدول ۳-۲ نشان داده شده است. بر طبق این جدول شش مولفه اول ۹۰/۰۲۴ بیشترین میزان تغییرات را نشان می دهند.

جدول ۳-۲- جدول توزیع واریانس برای شش مولفه نخست استخراج شده از تحلیل PCA برای افراد نر سرخرطومی

گیلاس

Component مولفه	Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	مجموع	% واریانس	% تجمعی	مجموع	% واریانس	% تجمعی
1	6.685	37.136	37.136	6.441	35.783	35.783
2	2.967	16.485	53.621	2.445	13.581	49.364
3	2.403	13.351	66.972	2.102	11.676	61.040
4	1.800	10.000	76.972	2.057	11.427	72.467
5	1.190	6.612	83.583	1.766	9.811	82.278
6	1.159	6.441	90.024	1.394	7.746	90.024

نتایج حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی برای افراد ماده جمعیت های سرخرطومی گیلان برای همه مناطق نمونه برداری در جدول ۳-۳ آورده شده است. بر طبق این جدول شش مولفه اول ۸۸/۸۹۳٪ بیشترین میزان تغییرات را نشان می دهند.

جدول ۳-۳- جدول توزیع واریانس برای شش مولفه نخست استخراج شده از تحلیل PCA برای افراد ماده

سرخرطومی گیلان

Component	Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	مجموع	% واریانس	% جمعی	مجموع	% واریانس	% جمعی
1	6.398	35.544	35.544	5.838	32.433	32.433
2	3.202	17.787	53.331	2.809	15.606	48.039
3	2.137	11.871	65.202	2.093	11.626	59.665
4	1.732	9.625	74.827	2.066	11.480	71.145
5	1.358	7.542	82.369	1.868	10.377	81.522
6	1.174	6.524	88.893	1.327	7.371	88.893

### ۳-۲-۱- نمودار سنگ ریزه (Scree plot):

نمودار سنگ ریزه مقادیری ویژه از یک جزء یا یک عامل را به صورت نزولی در مقابل تعداد اجزاء یا عوامل نشان می دهد. نمودار سنگ ریزه در تحلیل مؤلفه های اصلی، تجزیه و تحلیل عوامل به صورت بصری، استفاده از ارزیابی اجزاء یا عوامل بسیاری که تغییرات در داده ها را توضیح می دهد به کار برده می شود.

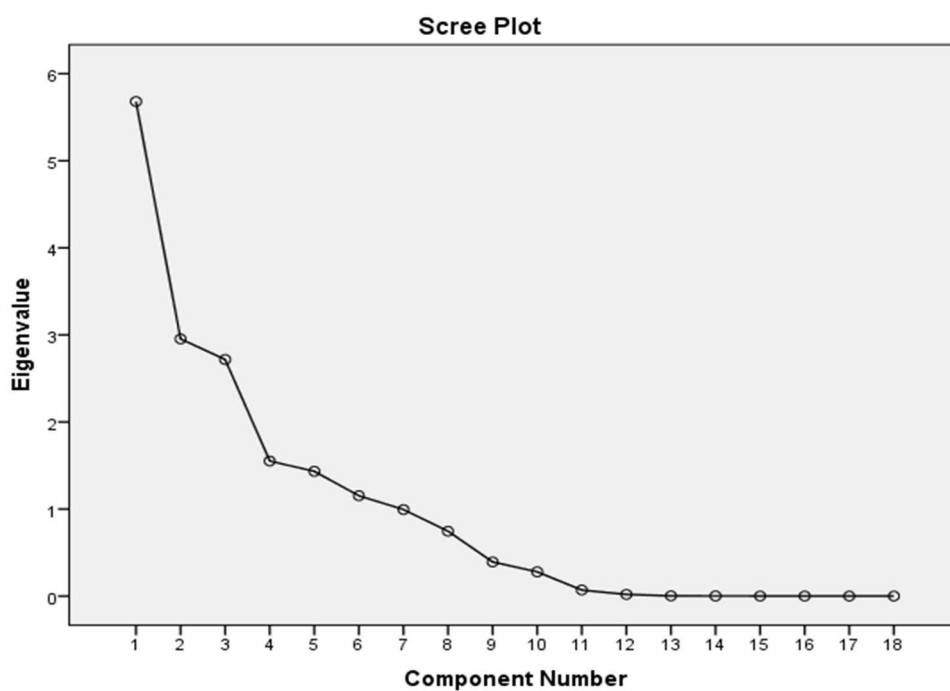
آزمون سنگ ریزه که ابداع کننده آن کتل است، در برخی منابع به نام آزمون اسکری کتل نیز معروف است. این آزمون یکی از مرسوم ترین روش های گرافیکی برای انتخاب تعداد مناسب عامل ها از روی مقادیر ویژه می باشد. این آزمون نتایج را در قالب یک نمودار نشان می دهد که در آن عامل ها یا مولفه ها در محور افقی (Y) و مقادیر ویژه در محور عمودی (X) نشان داده می شوند، طوری که همراه با حرکت به سمت راست، از مقادیر ویژه نیز کاسته می شود. در این نمودار برای انتخاب تعداد

عامل های مناسب می توانیم هم از مقادیر ویژه بزرگتر از عدد یک و هم از نقطه ای استفاده کنیم که در آن خط منحنی دچار کاهش شدید می شود. در روش سنگریزه، استخراج عامل ها تا جایی ادامه داده می شود که میزان واریانس خاص از واریانس مشترک کمتر باشد، یعنی قبل از اینکه واریانس خاص از واریانس مشترک پیشی بگیرد. به عبارتی تا جایی ادامه می یابد که سهم واریانس مشترک از واریانس خاص بیش تر است.

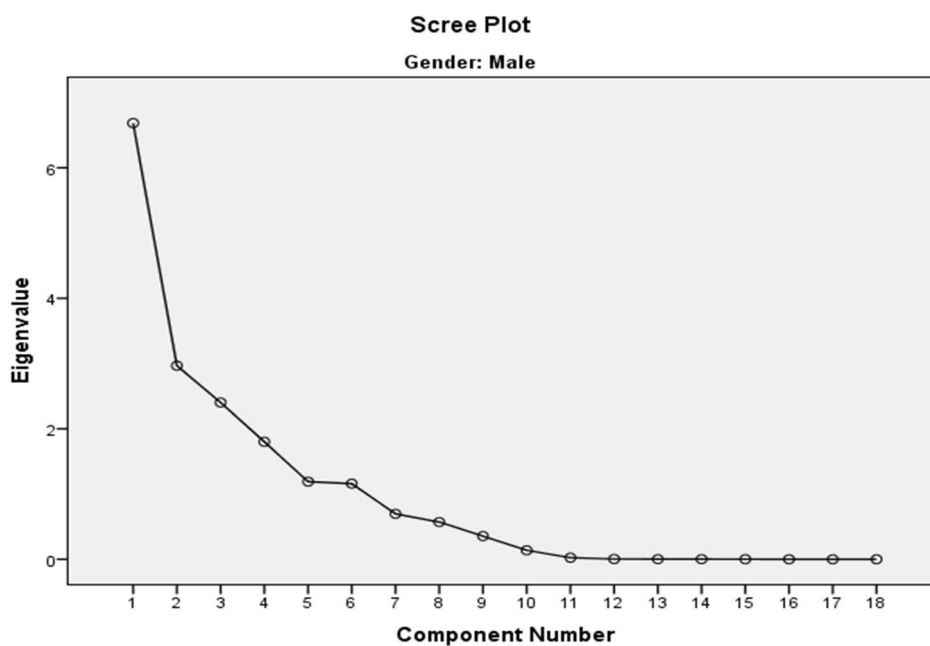
در آزمون سنگریزه، عامل هایی انتخاب می شوند که مقدار ویژه آن ها بزرگ تر از عدد ۱ باشد و نه برابر با ۱ یعنی ما در این روش، آن نقطه ای را که خط منحنی در آن می شکند و دچار افت شدید می شود، انتخاب نمی کنیم، بلکه فقط مقادیر بالاتر از این خط را انتخاب می کنیم. به عنوان یک قاعده کلی می توان گفت که تعداد عامل هایی که با معیار آزمون سنگ ریزه استخراج می شوند، دست کم یک عامل و بعضی مواقع دو یا سه عامل بیشتر از تعداد عامل هایی است که با معیار دیگر استخراج می شود. محدودیت این روش آن است که نتایج آن مبهم بوده و تشخیص کاهش شدید در خط منحنی، امری شخصی و سلیقه ای است.

به طور کلی نمودار سنگ ریزه تغییرات مقادیر ویژه را در ارتباط با عامل ها نشان می دهد. این نمودار برای تعیین تعداد بهینه مؤلفه ها به کار می رود.

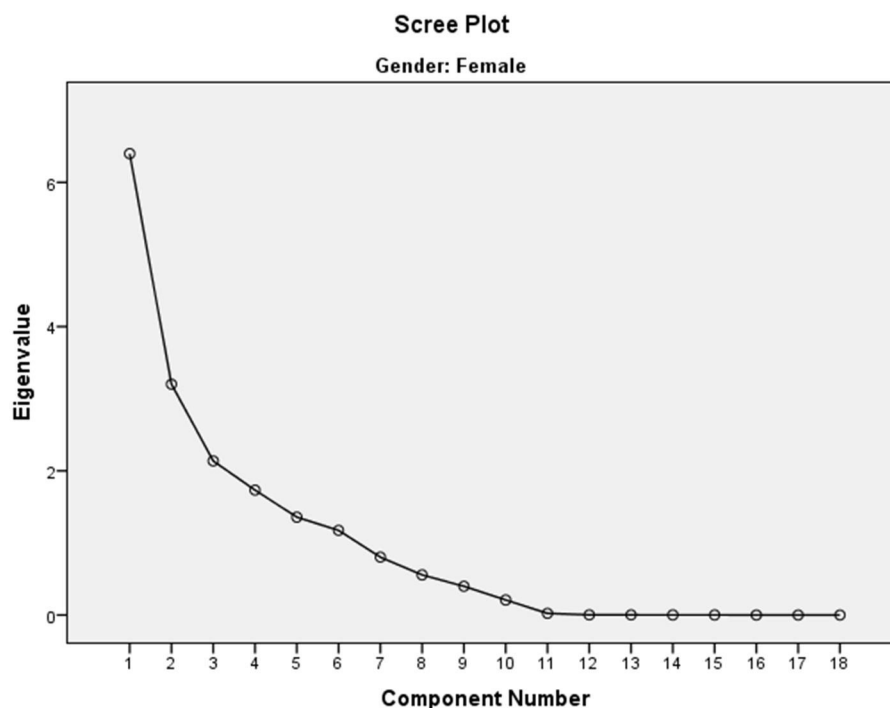
نمودارهای سنگ ریزه ۱-۲-۳، ۲-۲-۳ و ۳-۲-۳ به ترتیب مربوط به جنس های نر و ماده، نر و ماده در زیر آمده است. با توجه به این نمودارها مشاهده می شود که از عامل ششم به بعد تغییرات مقدار ویژه کم می شود، پس می توان شش عامل را به عنوان عوامل مهم که بیشترین نقش را در تبیین واریانس داده ها دارند، استخراج کرد.



نمودار ۱-۲-۳- نمودار سنگ ریزه (Scree plot) تمام نمونه های نر و ماده مربوط به همه مناطق برای تعیین تعداد عامل ها



نمودار ۲-۲-۳- نمودار سنگ ریزه (Scree plot) تمام نمونه های نر مربوط به همه مناطق برای تعیین تعداد عامل ها



نمودار ۳-۲-۳- نمودار سنگ ریزه (Scree plot) تمام نمونه های ماده مربوط به همه مناطق برای تعیین تعداد عامل

ها

جداول ۳-۴ تا ۳-۶ سهم متغیرها را در عامل ها برای جمعیت های جنس نر و ماده با هم و نر و ماده قبل از چرخش را نشان می دهد. اگر بارهای عاملی جلوی هر متغیر را به توان دو رسانده و با هم جمع کنیم، میزان اشتراک بعد از استخراج عامل ها برای متغیرهای وارد شده در تحلیل عاملی به دست می آید. این ضرایب از یک سو نشان دهنده توانایی عامل های تعیین شده در تبیین واریانس متغیرهای مورد مطالعه و از سویی می تواند برای بررسی تناسب متغیرها برای تحلیل عاملی استفاده شود.

جدول ۳-۴- ماتریس تاثیرگذاری متغیرها در مولفه های اصلی معین کننده تغییرات مشاهده شده در متغیرهای اندازه

گیری شده در نمونه های جنس نر و ماده

Component Matrix						
Character	Component					
	1	2	3	4	5	6
LP	.787	-.364	.092	-.138	.138	.022
WP	.815	-.394	.009	.086	-.212	.131
@LE	.787	-.095	.370	.161	.219	.087
WE	.868	.068	-.021	-.144	-.303	.034
AE	.693	.198	-.536	.136	.146	.305
ER	.647	.667	.272	.068	-.004	.015
WR	.553	.704	-.026	.169	.043	-.382
AR	.707	-.189	-.102	.405	-.009	-.254
MR	.864	-.204	.001	.012	-.087	.043
LR	.730	.103	-.157	-.506	.114	-.039
LP_WP	.069	-.010	.164	-.387	.597	-.174
LE_WE	-.025	-.216	.525	.390	.661	.075
LE_AE	.040	-.292	.908	.014	.051	-.223
WE_AE	.075	-.178	.680	-.329	-.514	-.345
ER_WR	.049	-.182	.498	-.172	-.085	.709
ER_AR	-.087	.738	.346	-.361	-.004	.292
ER_MR	.028	.888	.304	.064	.067	-.008
ER_LR	-.130	.233	.351	.658	-.339	.163

جدول ۳-۵- ماتریس تاثیرگذاری متغیرها در مولفه های اصلی معین کننده تغییرات مشاهده شده در متغیرهای اندازه

گیری شده در نمونه های جنس نر

**Component Matrix**

	Component					
	1	2	3	4	5	6
LP	.932	-.058	-.070	.098	.114	-.062
WP	.921	.113	-.148	-.238	.045	.030
@LE	.757	.407	-.158	.181	.158	.313
WE	.916	.068	.028	-.232	.035	-.174
AE	.764	-.335	.402	-.168	.006	.299
ER	.622	.569	.472	.095	-.110	-.042
WR	.677	.181	.378	.147	.471	-.149
AR	.742	.174	-.339	-.056	-.222	.064
MR	.880	.026	-.152	-.002	-.029	.096
LR	.718	-.276	.029	.430	-.332	-.164
LP_WP	-.016	-.349	.140	.728	.150	-.177
LE_WE	-.267	.427	-.224	.547	.141	.607
LE_AE	-.166	.724	-.545	.353	.117	-.052
WE_AE	.032	.564	-.521	-.039	.034	-.627
ER_WR	-.031	.570	.177	-.047	-.746	.132
ER_AR	-.166	.367	.789	.150	.123	-.112
ER_MR	-.281	.569	.622	.104	-.088	-.142
ER_LR	-.278	.524	.063	-.639	.343	.165

جدول ۳-۶- ماتریس تاثیرگذاری متغیرها در مولفه های اصلی معین کننده تغییرات مشاهده شده در متغیرهای اندازه

گیری شده در نمونه های جنس ماده

### Component Matrix

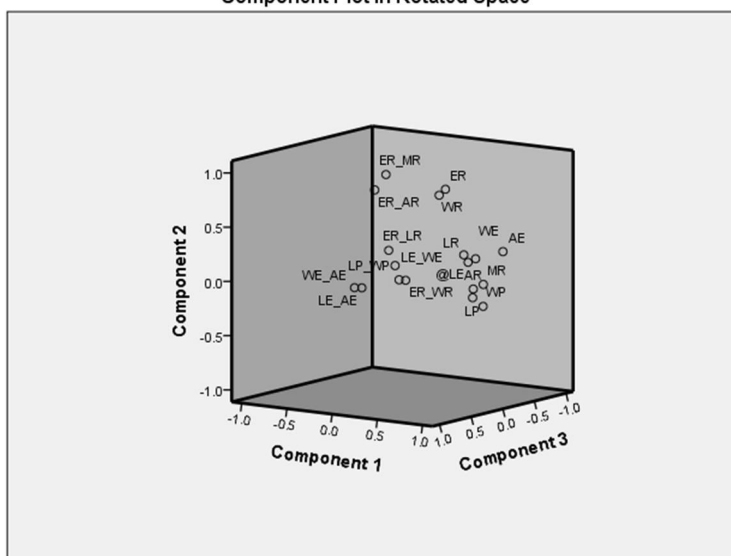
	Component					
	1	2	3	4	5	6
LP	.845	.027	.164	.081	.156	.423
WP	.911	-.166	.101	-.070	-.048	-.137
@LE	.796	.136	.270	.338	.161	-.232
WE	.819	-.152	.305	-.276	-.087	-.062
AE	.608	-.587	-.147	-.079	.433	-.128
ER	.822	.386	-.346	-.174	.000	-.027
WR	.705	.029	-.544	-.038	-.297	.131
AR	.689	-.316	-.264	.345	-.260	-.011
MR	.868	-.131	.059	-.007	-.066	.060
LR	.751	-.140	.319	-.321	.078	-.052
LP_WP	.117	.267	.128	.217	.314	.856
LE_WE	.131	.362	.018	.795	.319	-.252
LE_AE	.211	.719	.425	.402	-.272	-.111
WE_AE	.142	.557	.508	-.194	-.596	.081
ER_WR	.146	.529	.302	-.191	.446	-.228
ER_AR	-.069	.665	.018	-.541	.323	-.004
ER_MR	.193	.659	-.540	-.223	.082	-.103
ER_LR	.238	.562	-.695	.114	-.072	.010

نمودارهای سه بعدی دوران یافته ۳-۳ تا ۵-۳ در زیر نشان داده شده است. در این نمودارها پراکنش

متغیرهای مورد بررسی نسبت به عاملهای اول تا سوم مشاهده می شود.



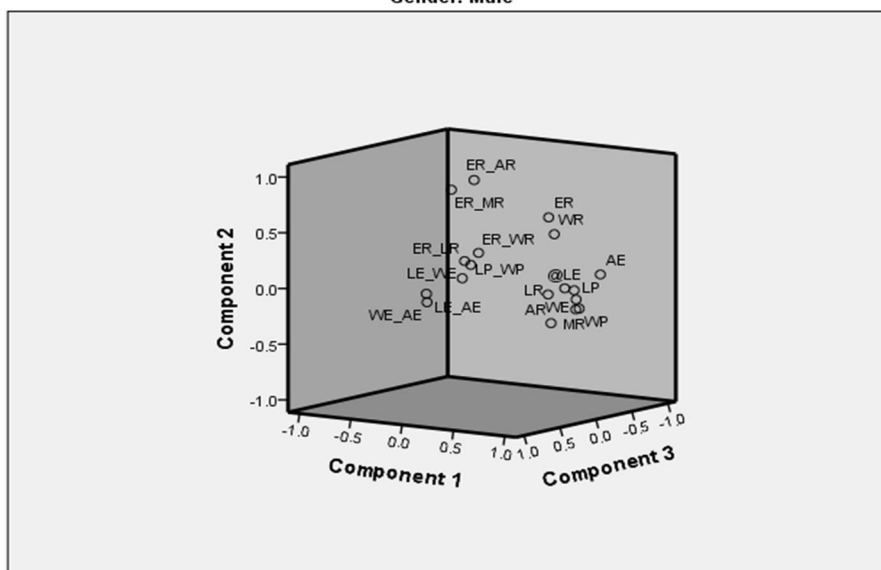
Component Plot in Rotated Space



نمودار ۳-۳- نمودار وضعیت تاثیرگذاری متغیرهای اندازه گیری شده در توجیه واریانس موجود براساس مولفه های ۱ تا ۳ آزمون PCA در جمعیت های نر و ماده سرخرطومی گیلان.

Component Plot in Rotated Space

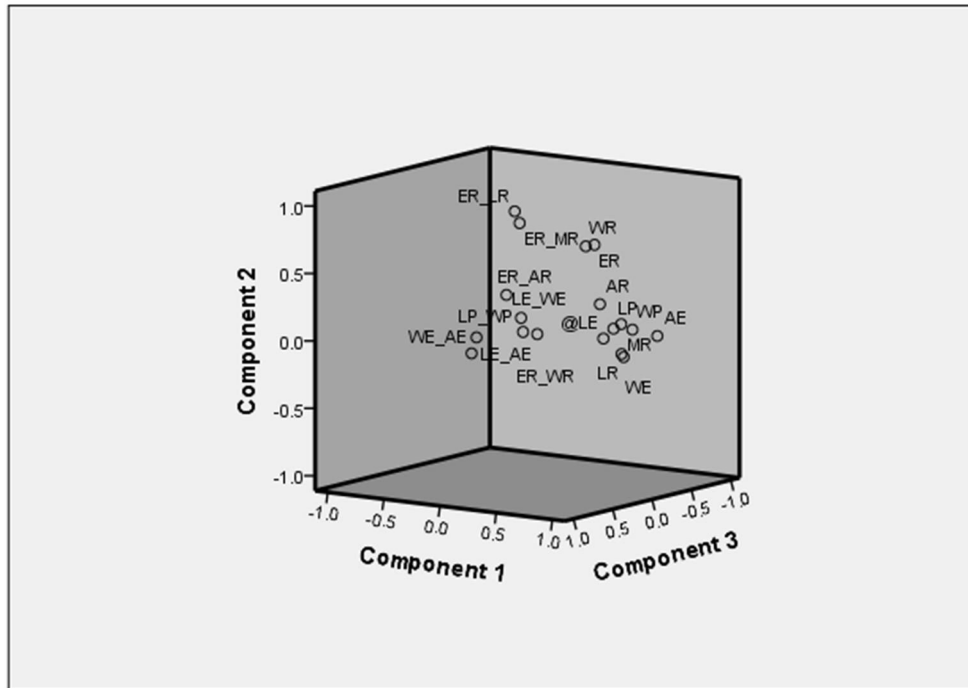
Gender: Male



نمودار ۳-۴- نمودار وضعیت تاثیرگذاری متغیرهای اندازه گیری شده در توجیه واریانس موجود براساس مولفه های ۱ تا ۳ آزمون PCA در جمعیت های نر سرخرطومی گیلان.

### Component Plot in Rotated Space

Gender: Female



نمودار ۳-۵- نمودار وضعیت تاثیرگذاری متغیرهای اندازه گیری شده در توجیه واریانس موجود براساس مولفه های ۱

تا ۳ آزمون PCA در جمعیت های ماده سرخرطومی گیلان.

### ۳-۳- تجزیه متغیر کانونیک (Canonical Discriminant Analysis)

جدول ۳-۷ مقادیر ویژه و درصد واریانس را برای توابع مختلف جمعیت های نرو ماده، سرخرطومی

گیلاس نشان می دهد. مشاهده می شود که تابع اول ۶۰/۸ درصد واریانس را در بر می گیرد.

جدول ۳-۷- تجزیه CDA به منظور بررسی تاثیر متغیرهای اندازه گیری شده در دسته بندی صحیح نمونه ها در

ایستگاه های اولیه مورد بررسی برای همه نمونه ها (نر و ماده)

**Eigenvalues** (مقادیر)

Function عملکرد	Eigenvalue مقادیر ویژه	% واریانس	تجمعی %	Canonical Correlation همبستگی کانونی
1	1.538 <sup>a</sup>	60.8	60.8	.778
2	.475 <sup>a</sup>	18.8	79.6	.567
3	.245 <sup>a</sup>	9.7	89.2	.444
4	.225 <sup>a</sup>	8.9	98.1	.428
5	.047 <sup>a</sup>	1.9	100.0	.212

جدول ۳-۸- نیز نتایج آزمون CDA با استفاده از متغیرها و نسبت های آنها برای نمونه های نر و ماده

به صورت جداگانه در همه ایستگاه ها را نشان می دهد. مشاهده می شود که تابع اول به ترتیب

۵۹/۹ درصد و ۵۷/۳ درصد واریانس برای جمعیت های نر و ماده را در بر می گیرد.

جدول ۳-۸- تجزیه CDA به منظور بررسی تاثیر متغیرهای اندازه گیری شده در دسته بندی صحیح نمونه ها در

ایستگاه های اولیه مورد بررسی برای همه نمونه های نر و ماده

### Eigenvalues

Gender	Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
Male	1	6.545 <sup>a</sup>	59.9	59.9	.931
	2	2.602 <sup>a</sup>	23.8	83.7	.850
	3	.781 <sup>a</sup>	7.2	90.9	.662
	4	.690 <sup>a</sup>	6.3	97.2	.639
	5	.305 <sup>a</sup>	2.8	100.0	.484
Female	1	2.076 <sup>b</sup>	57.3	57.3	.822
	2	.599 <sup>b</sup>	16.5	73.8	.612
	3	.422 <sup>b</sup>	11.7	85.5	.545
	4	.324 <sup>b</sup>	9.0	94.4	.495
	5	.202 <sup>b</sup>	5.6	100.0	.410

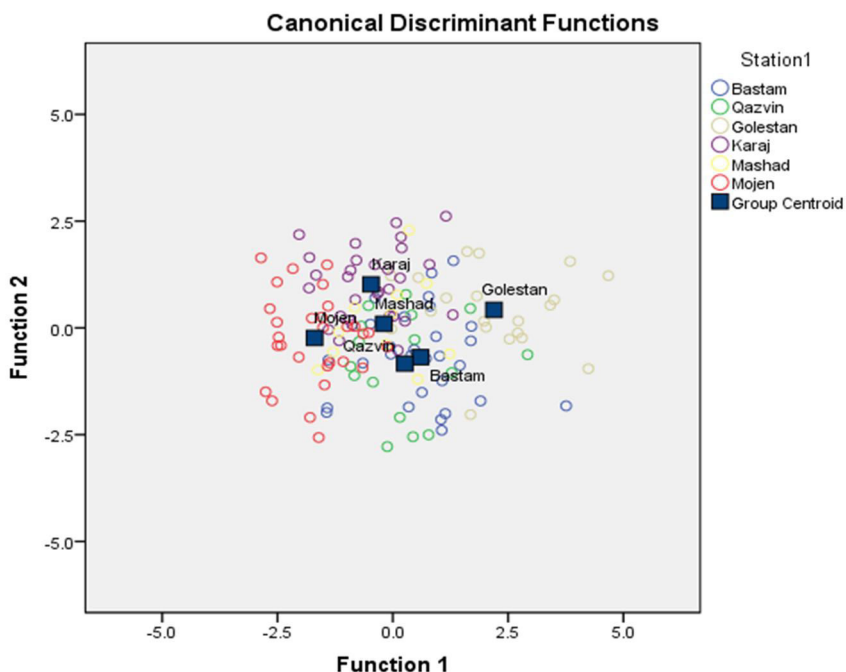
جدول ۳-۹- ضرایب کانونی استاندارد شده صفات اندازه گیری شده را نشان می دهد. این ضرایب بیانگر اهمیت نسبی هر یک از متغیرها در تمایز بین گروههای مورد نظر در متغیر گروه بندی است. همانطور که مشاهده می شود، پنج متغیر کانونیک اول معنی دار بودند ( $P > 0/0001$ ). هر متغیر کانونیکی، ترکیب خطی مجموعه متغیرهای پیش بینی کننده و متغیرهای مجموعه اندازه گیری شده را محاسبه می کند. همبستگی های کانونیکی معنی دار بین جمعیت ها با اولین تا پنجمین متغیر کانونیک نشان دهنده این است که متغیرهای کانونیک تفاوت بین جمعیت ها را به خوبی توجیه می کنند (عزیزی و عبداللهی، ۱۳۹۴). ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیکی، همبستگی خطی ساده بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونیکی را محاسبه می کند. لذا ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیکی منعکس کننده واریانس مشترکی است که متغیرهای اندازه گیری شده با متغیرهای کانونیک دارند و می تواند در ارزیابی توجیه نسبی هر متغیر در هر معادله کانونیک مورد تفسیر قرار

بگیرد. رنچر (۱۹۹۲) نیز توصیه می کند که برای تفسیر توابع تشخیص از ضرایب تشخیص استاندارد شده استفاده شود این ضرایب تأثیرات و سهم هر صفت (متغیر) را پس از حذف اثرات سایر صفات در توابع تشخیص به دست می دهد و در واقع می توان گفت که اثرات خالص هر صفت را در تابع تشخیص محاسبه می کند. ضرایب استاندارد شده کانونیکی صفات نسبت عرض بالپوش به فاصله بین دو لبه قدامی بالپوش در اولین معادله تشخیص کانونیکی قابل توجه است. همچنین ضریب صفات نسبت عرض بالپوش به فاصله بین دو لبه قدامی بالپوش و نسبت فاصله دو چشم به عرض نوک خرطوم در دومین معادله تشخیص کانونیکی زیاد است، در معادله های سوم، چهارم و پنجم تشخیص کانونیکی به ترتیب عرض پیش گرده، نسبت طول بالپوش به عرض بالپوش و نسبت طول بالپوش به عرض بالپوش زیاد هستند. این نتایج حاکی از این است که این صفات بیشترین تاثیر را در تنوع بین جمعیت های مورد مطالعه دارند و به عبارتی سهم بیشتری از تنوع بین این جمعیت ها بر اساس این صفات قابل توجیه می باشد.

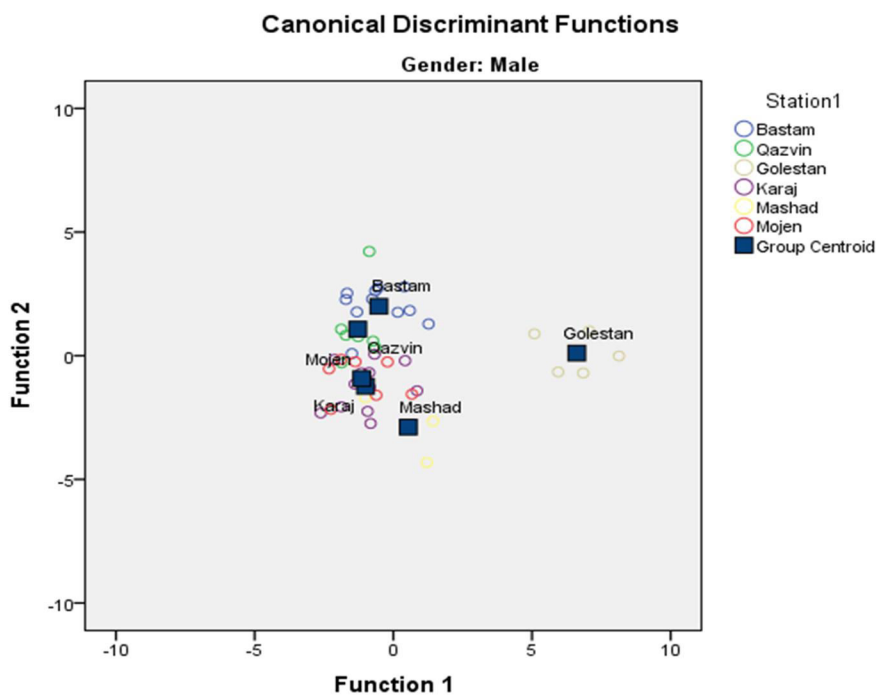
جدول ۳-۹- ضرایب استاندارد کانونیکی صفات اندازه گیری شده در جمعیت های نرو ماده مطالعه شده

	متغیر کانونیکی				
	1	2	3	4	5
LP	-1.334	1.168	-4.972	-3.775	5.004
WP	.637	-1.131	5.093	2.995	-4.865
@LE	.317	2.332	2.954	-4.195	-7.789
WE	-3.390	-3.701	-4.176	4.356	7.253
AE	3.148	2.164	-.003	-.778	.271
ER	-1.145	-4.544	4.246	3.111	2.348
WR	1.480	1.888	-3.429	-1.291	-2.842
AR	.448	-2.102	.968	-.682	.700
MR	-1.225	2.919	-1.281	-.198	-.093
LR	.892	-.378	1.041	.244	.209
LP_WP	.607	-.801	3.675	2.194	-3.587
LE_WE	2.779	2.817	-1.746	7.526	8.523
LE_AE	-4.775	-5.747	-1.143	-6.293	-2.645
WE_AE	7.341	7.107	1.328	4.514	2.922
ER_WR	.882	1.131	-2.536	-.407	-2.461
ER_AR	.274	-2.250	1.354	-1.345	.837
ER_MR	-1.076	5.018	-1.914	-.596	-.751
ER_LR	.486	-.509	.883	-.139	.156

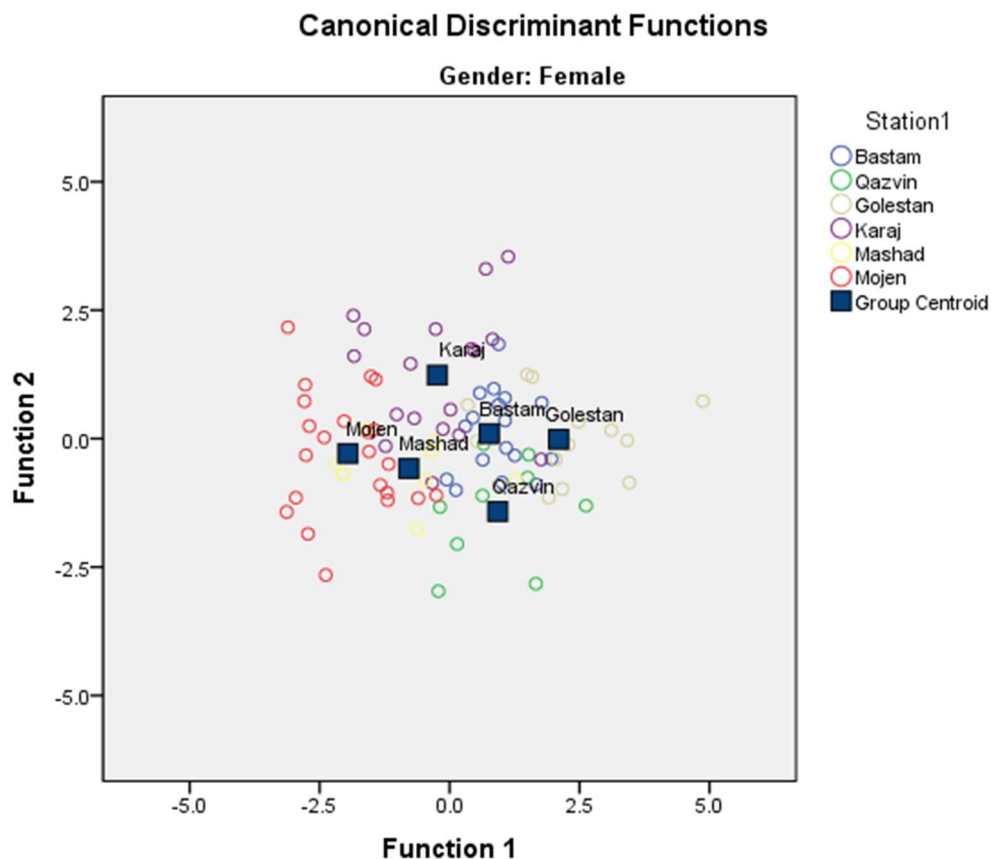
از متغیرهای کانونیکی معنی دار اول و دوم برای گروه بندی جمعیت ها استفاده شد (شکل های ۳-۱ تا ۳-۳). همان طور که در شکل ۳-۱ مشاهده می شود ایستگاه گلستان به خوبی و ایستگاه های کرج و مجن به طور مناسبی جدایی جمعیت ها (نر و ماده با هم) را نشان می دهند و فواصل این گروه ها به وسیله فاصله ماهالانوبیس محاسبه شد. همچنین شکل های ۳-۲ و ۳-۳ گروه بندی جمعیت های جنس های نر و ماده به تفکیک را نشان می دهد. ایستگاه گلستان به خوبی جدایی را نشان می دهند.



شکل ۳-۱- نمودار جداسازی نمونه های ایستگاه های مختلف با استفاده از مولفه های ۱ و ۲ در آزمون DA به همراه مرکزیت هر کدام از ایستگاه ها برای هر دو جنس نر و ماده سرخرطومی گیلاس.



شکل ۳-۲- نمودار جداسازی نمونه های ایستگاه های مختلف با استفاده از مولفه های ۱ و ۲ در آزمون DA به همراه مرکزیت هر کدام از ایستگاه ها برای جمعیت جنس نر سرخرطومی گیلاس



شکل ۳-۳- نمودار جداسازی نمونه های ایستگاه های مختلف با استفاده از مولفه های ۱ و ۲ در آزمون DA به همراه مرکزیت هر کدام از ایستگاه ها برای جمعیت جنس ماده سرخرطومی گیلان.

جدول ۳-۱۰- نتایج گروه بندی و صحت این نتایج را نشان می دهد. ستون Original به گروه های اولیه موجود در مساله اشاره می کند. عبارت Predicted Group Membership به گروه های نسبت داده شده پس از تحلیل ممیزی اختصاص دارد. درصد های فراوانی ارائه شده در جدول میزان تطبیق موارد مشاهده شده و برآوردی را نشان می دهد. برای مثال اگر فردی از جمعیت بسطام انتخاب شده و اطلاعات این فرد در تابع تشخیص قرار داده شود، در ۶۵/۵ درصد موارد تابع به درستی عضویت فرد را به جمعیت بسطام تشخیص می دهد. بر این اساس با در نظر گرفتن نمونه های نر و ماده با یکدیگر و بررسی متغیرهای مورد اندازه گیری ۶۶/۷ درصد از نمونه ها به درستی در



ایستگاه های خود طبقه بندی می شوند. این نکته احتمالا به خاطر نزدیکی ریختی نمونه های قزوین با برخی دیگر از ایستگاه ها نظیر کرج است.

جدول ۳-۱۰- نتایج گروه بندی و صحت این نتایج برای جمعیت های جنس نر و ماده سرخرطومی گیلاس

### Classification Results

		Station1	Predicted Group Membership					Total	
			Bastam	Qazvin	Golestan	Karaj	Masha d		Mojen
Original	Count	Bastam	19	0	2	3	0	5	29
		Qazvin	3	7	1	4	1	0	16
		Golestan	2	2	13	2	1	0	20
		Karaj	2	1	1	25	0	1	30
		Mashad	0	1	1	4	3	2	11
		Mojen	1	1	0	3	1	23	29
	%	Bastam	65.5	.0	6.9	10.3	.0	17.2	100.0
		Qazvin	18.8	43.8	6.3	25.0	6.3	.0	100.0
		Golestan	10.0	10.0	65.0	10.0	5.0	.0	100.0
		Karaj	6.7	3.3	3.3	83.3	.0	3.3	100.0
		Mashad	.0	9.1	9.1	36.4	27.3	18.2	100.0
		Mojen	3.4	3.4	.0	10.3	3.4	79.3	100.0

جدول ۳-۱۱- نتایج گروه بندی و صحت این نتایج برای جمعیت های جنس نر و ماده سرخرطومی گیلاس به

تفکیک.

Classification Results

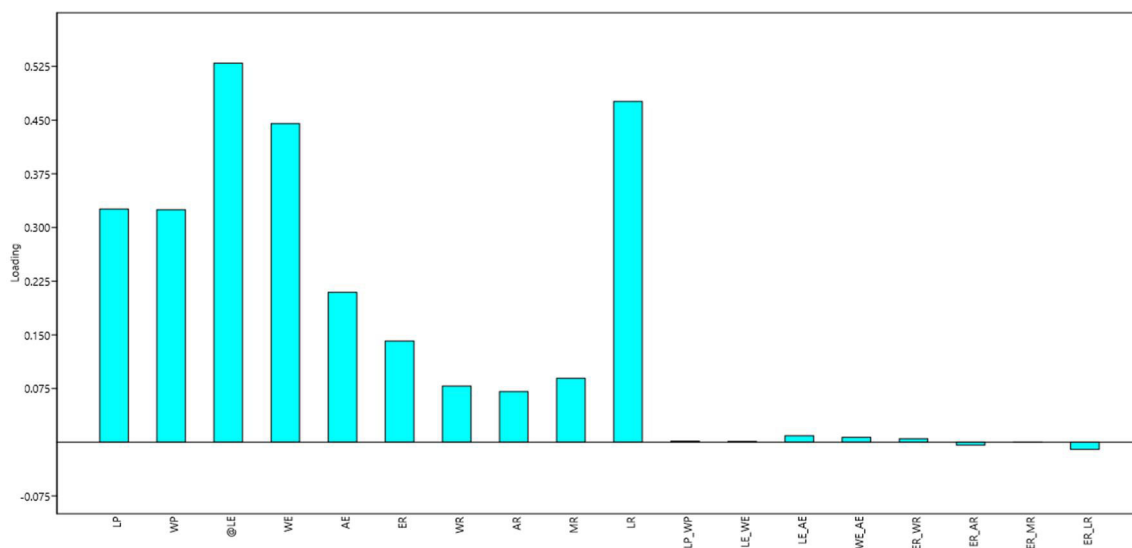
Gender	Station1	Predicted Group Membership						Total		
		Bastam	Qazvin	Golestan	Karaj	Mashad	Mojen			
Male	Original	Count	Bastam	9	1	0	1	0	0	11
		Qazvin	0	7	0	0	0	0	7	
		Golestan	0	0	5	0	0	0	5	
		Karaj	0	0	0	11	1	0	12	
		Mashad	0	0	0	1	2	0	3	
		Mojen	0	1	0	0	0	6	7	
	%	Bastam	81.8	9.1	.0	9.1	.0	.0	100.0	
	Qazvin	.0	100.0	.0	.0	.0	.0	100.0		
	Golestan	.0	.0	100.0	.0	.0	.0	100.0		
	Karaj	.0	.0	.0	91.7	8.3	.0	100.0		
	Mashad	.0	.0	.0	33.3	66.7	.0	100.0		
	Mojen	.0	14.3	.0	.0	.0	85.7	100.0		
Female	Original	Count	Bastam	13	0	1	3	0	1	18
		Qazvin	2	6	1	0	0	0	9	
		Golestan	1	1	11	2	0	0	15	
		Karaj	0	0	1	15	0	2	18	
		Mashad	0	0	1	0	4	3	8	
		Mojen	0	0	0	2	0	20	22	
	%	Bastam	72.2	.0	5.6	16.7	.0	5.6	100.0	
	Qazvin	22.2	66.7	11.1	.0	.0	.0	100.0		
	Golestan	6.7	6.7	73.3	13.3	.0	.0	100.0		
	Karaj	.0	.0	5.6	83.3	.0	11.1	100.0		
	Mashad	.0	.0	12.5	.0	50.0	37.5	100.0		
	Mojen	.0	.0	.0	9.1	.0	90.9	100.0		

a. For split file Gender=Male, 88.9% of original grouped cases correctly classified.

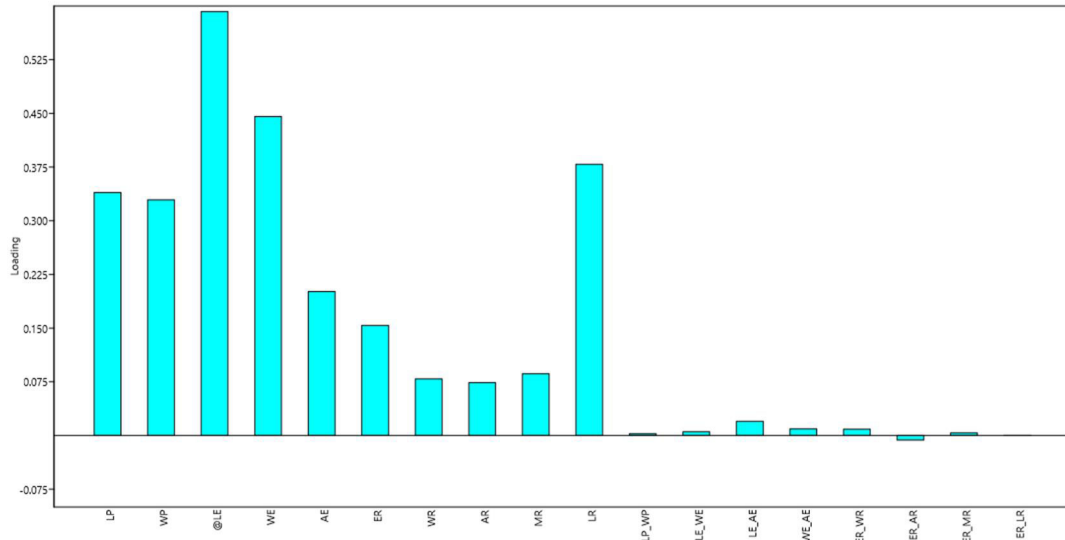
b. For split file Gender=Female, 76.7% of original grouped cases correctly classified.

جدول ۳-۱۱ نشان می دهد که با در نظر گرفتن نمونه های نر و ماده به صورت جداگانه و بررسی متغیرهای مورد اندازه گیری، درصد بیشتری از نمونه ها به درستی در ایستگاه های خود طبقه بندی می شوند. بر این اساس با در نظر گرفتن نمونه های نر و ماده و بررسی متغیرهای مورد اندازه گیری ۸۸/۹ درصد از نمونه های جمعیت جنس نر و ۷۶/۷ درصد از نمونه های جمعیت جنس ماده به درستی در ایستگاه های خود طبقه بندی می شوند. این نکته نشان دهنده تغییرات و تنوعات اندازه ای جنسیتی در نمونه ها است.

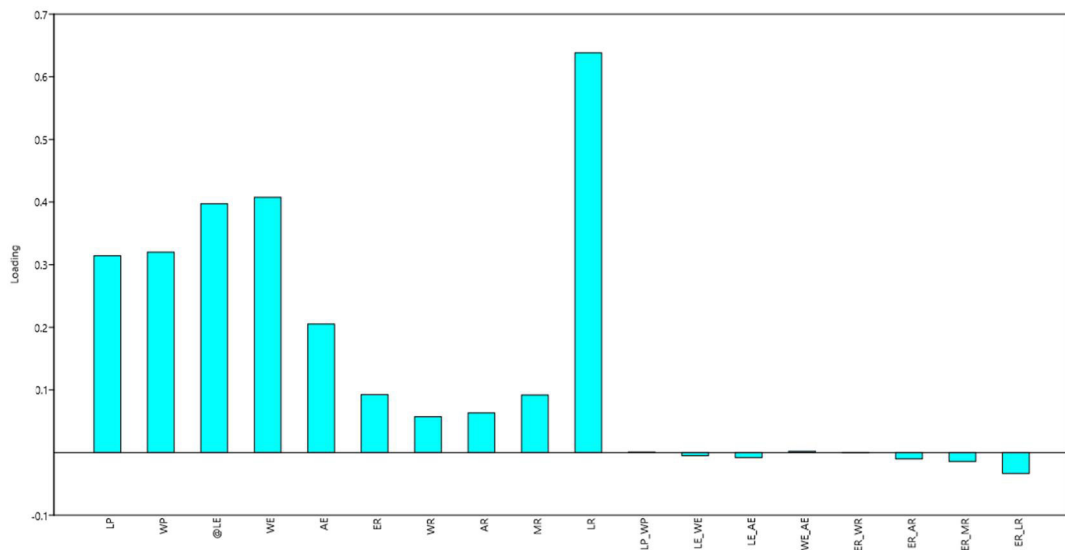
نمودارهای ۳-۶ تا ۳-۸ تاثیر گذاری هر کدام از متغیرهای مورد بررسی در آزمون DA برای دسته بندی صحیح نمونه ها در ایستگاه ها را نشان می دهد.



نمودار ۳-۶- تاثیر گذاری هر کدام از متغیرها در دسته بندی صحیح جمعیت های نر و ماده سرخرطومی گیلان. همانطور که در نمودار ۳-۶ مشاهده می شود طول بالپوش و طول خرطوم، بیشترین تاثیرگذاری را در دسته بندی صحیح نمونه های نر و ماده دارد. همچنین طبق نمودارهای ۳-۷ و ۳-۸ مشاهده می شود، طول بالپوش و طول خرطوم، بیشترین تاثیرگذاری را در دسته بندی صحیح جمعیت های ماده و نر به تفکیک دارد.



نمودار ۳-۷- تاثیر گذاری هر کدام از متغیرها در دسته بندی صحیح جمعیت های ماده سرخرطومی گیلان.



نمودار ۳-۸- تاثیر گذاری هر کدام از متغیرها در دسته بندی صحیح جمعیت های نر سرخرطومی گیلان.

# فصل چہارم

## بحث

در این مطالعه شش جمعیت سرخرطومی گیلاس از گلستان (باغ گیلاس)، بسطام (باغ آلبالو)، مجن (باغ آلبالو)، مشهد (باغ گیلاس)، قزوین (باغ گیلاس) و کرج (باغ گیلاس) مورد تحلیل ریخت سنجی هندسی قرار گرفت. معیار تعریف جمعیت در این پژوهش عدم امکان شارش ژن گسترده با سایر جمعیت هاست.

ایستگاه بسطام با ایستگاه شوریاب مجن فاصله دارد، این دو منطقه از طریق جاده از همدیگر فاصله دارند. ایستگاه چهارباغ گرگان نیز توسط رشته کوه های البرز (شاهوار) از دو منطقه مجن و بسطام جدا می شوند. مناطق مشکین دشت کرج، الموت قزوین و مرکز تحقیقات مشهد نیز به اندازه کافی از هم فاصله دارند.

### تحلیل ریخت سنجی هندسی

یک گونه در دامنه جغرافیایی انتشار خود دارای تفاوت های درون گونه ای است. بر اساس نظریات Mayre و Ashlick (۱۹۹۱) افزایش فاصله جغرافیایی بین جمعیت ها اغلب منجر به نوعی کاهش جریان ژن در میان آنها می شود. به عبارت دیگر فواصل جغرافیایی میان جمعیت ها باعث کاهش رد و بدل شدن ژن ها میان جمعیت های جغرافیایی می شود (درویش و میر شمسی، ۱۳۸۴).

اختلاف بین جمعیت ها معمولا با افزایش موانع جغرافیایی یا ایزوله بودن افزایش می یابد. سدهای جغرافیایی عبارتند از هر نوع عامل محدود کننده نظیر فاصله جغرافیایی، موانع طبیعی (کوه ها، کویرها، شوره زارها و دریاچه ها) که می توانند به عنوان موانع جغرافیایی باشند و از حرکت افراد تولید مثل کننده و در پی آن شارش ژن ها جلوگیری می کنند (نوذری، ۱۳۸۶).

اگر توانایی انتشار یک گونه نسبت به توسعه فضایی آن زیاد باشد و موانع نتوانند از پراکندگی جریان ژن جلوگیری به عمل آورند، تنوع میان جمعیت ها کاهش می یابد (Mills and Allendorf, 1996).

منابع ایجاد شباهت در میان جمعیت ها ممکن است شرایط آب و هوایی و محیط زیست مشابه و همچنین جریان ژن در میان آنها باشد. در مورد آفات کشاورزی همواره این امکان وجود دارد که ارتباط میان جمعیت های آنها از طریق انتقال محصولات کشاورزی رخ داده باشد. انتقال نهال ها

زمینه را برای ایجاد شباهت میان جمعیت‌ها فراهم می‌کند. این انتقال می‌تواند علاوه بر انتقال مستقیم حشره به آن محل با ایجاد زیستگاه و مواد غذایی مشابه برای حشرات آفت در جمعیت‌های مختلف فاصله مورفولوژیک را در بین آنها کاهش دهد (نوذری، ۱۳۸۶).

در تحلیل ریخت‌سنجی هندسی، شکل هندسی هر ساختار ریختی به طور مستقل در جنسیت و جمعیت‌های مختلف مورد تحلیل واقع شد.

در این تحقیق شکل پیش‌گرده با تاثیر گذاری زیاد برای هر دو جنس (جدول ۳-۴ تا ۳-۶) و همچنین درصد جدایی در نمودارهای ۳-۳ تا ۳-۵، نشان از تفاوتی مشخص در بین جمعیت‌ها دارد. اندازه و شکل پیش‌گرده ساختاری بسیار مهم در قاب بالان است که دارای ارزش تاکسونومیک در سطوح فراگونه‌ای، گونه‌ای و زیرگونه‌ای است (Garnier et al., ۲۰۰۵; Taravati Benítez et al., ۲۰۱۱) و (صناعی، ۱۳۹۴).

نتایج این مطالعه نشان داد که شکل پیش‌گرده می‌تواند صفتی کلیدی برای هر جمعیت باشد بنابراین شکل پیش‌گرده برای مطالعات بین‌جمعیتی صفتی ایده‌آل است، اما برای استفاده از آن به عنوان صفت جداکننده گونه‌ها در کلیدهای شناسایی باید محتاط بود. صفت تاکسونومیکی‌ای مناسب است که در گروه مورد مطالعه ثابت و در بین گروه‌های دیگر متغیر باشد (Simpson, 1961). لذا به نظر می‌رسد، به دلیل تغییرات زیاد درون‌جمعیتی، شکل پیش‌گرده صفتی مناسب در صنف گونه نیست (صناعی، ۱۳۹۴).

بررسی تفاوت‌های بین‌جمعیتی با توجه به شکل پیش‌گرده بارها در مورد گونه‌های متفاوتی از قاب بالان مورد بررسی واقع شده است. طراوتی و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای به بررسی تنوعات بین‌جمعیت *Erodiontes* (Coleoptera:Tenebrionidae) پرداختند و با استفاده از تکنیک فوریه بیضوی چهار جمعیت چارطاقی، ابوزیدآباد، مصر و حجت‌آباد از دو گونه *E. pfaundleri* و *E. aelleni* مورد بررسی قرار گرفت. هدف این مطالعه این بود که تاثیر واریانس بر جمعیت‌های این دو گونه بررسی شود. نتایج نشان داد که تفاوت شکل بین جمعیت‌های هم‌گونه بسیار اندک است. این مساله ممکن

است نشان دهنده این نکته باشد که جدایی این جمعیت ها اخیراً اتفاق افتاده است. بر خلاف آن جمعیت های گونه *E. pfaundleri* از نظر اندازه تفاوت معنی داری از خود نشان دادند. این تفاوت بین اندازه دو جمعیت *E. pfaundleri* می تواند به علت شرایط محیطی متفاوت از قبیل دما و تغذیه باشد. صنایعی (۱۳۹۴) در مطالعه بررسی تنوع جمعیت های سرخرطومی برگ یونجه با روش ریخت سنجی هندسی نقش پیش گرده در جدایی جمعیت ها را تاکید کرده است.

اهمیت شکل پیش گرده در مطالعات جمعیتی، تنها در قاب بالان خلاصه نمی شود. برای مثال در مطالعاتی که Cruz و همکاران (۲۰۱۱) روی چندین جمعیت مختلف سن سیاه برنج *Scotinophora coarctata* (Fabricius, 1798) انجام داد، جمعیت های این سن در فیلیپین، مورد تحلیل برون خط به تفکیک جنسیت قرار گرفتند نتایج تحقیق آن ها نشان داد لندمارک های روی پیش گرده صفتی مناسب برای جدایی جمعیت های این سن هاست.

بالپوش صفت مهم دیگری برای قاب بالان به شمار می رود (Gullan & Cranston, 2009). که شکل آن در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. شکل خرطوم نیز سطحی از تغییرات بین جمعیتی را نشان داد. تحلیل شکل بال پوش و خرطوم درجات کمی از جدایی بین جمعیت ها را نشان می دهد. اما شکل پیش گرده تفاوت های بیشتری نسبت به تحلیل های دیگر در بین جمعیت ها است.

اختلاف جغرافیایی در مناطق نمونه برداری شامل ارتفاع محل از سطح دریا، بارندگی، رطوبت و از همه مهم تر درجه حرارت باعث بروز اختلافات بیولوژیکی می شود. مطالعه تنوع جغرافیایی اساس مطالعات جغرافیایی زیستی و گونه زایی می باشد. تنوع مورفولوژیک جغرافیایی می تواند از نتیجه سازش و مطابقت اکولوژیک به شرایط محیطی باشد (نوذری، ۱۳۸۶ و Roderick, 1996).

نتایج حاصل از تحلیل چند متغیر CDA که بر پایه تحلیل هم زمان شکل و اندازه می باشد، تفاوت ها در جمعیت ها را آشکار ساخت. تجزیه تشخیص کانونیکی روشی مرکب از تجزیه به مؤلفه های اصلی و تجزیه همبستگی کانونیک است. تجزیه تشخیص کانونیکی ترکیبات خطی صفات اصلی که بیشترین تفاوت را بین گروه ها فراهم می سازد، مشخص می کند. متغیرهای کانونیکی ترکیبات خطی صفاتی



هستند که دارای بیشترین همبستگی چندگانه با هر گروه می باشند. همچنین متغیرهای کانونیکی حتی اگر صفات اندازه گیری شده همبستگی بالایی با یکدیگر داشته باشند، با یکدیگر همبستگی ندارند. در تجزیه تشخیص کانونیکی، تفاوت گروه ها بر اساس همبستگی میان متغیرهای مستقل (صفات اندازه گیری شده) و ارتباط آنها با متغیرهای وابسته (ارقام) می باشد. تجزیه تشخیص کانونیکی می تواند اثرات بین جمعیت ها را از اثرات درون جمعیت ها به وسیله حداکثر کردن تشخیص بین جمعیت ها زمانی که در مقابل تنوع درون جمعیت ها آزمون می شود، جدا کند. بعد از تعیین تنوع درون جمعیتی، آماره مربع فاصله ماهالانویس به عنوان یک شاخص که نشان دهنده تفاوت بین جمعیت هاست، استفاده می شود. همچنین این روش قادر است تنوع درون ارقام را که سبب اثرات محیطی و اثرات ژنتیکی است را جدا کند. این تشخیص به وسیله واریانس میان جمعیت ها به واریانس درون جمعیت ها به دست می آید. از اطلاعات حاصل از تجزیه تشخیص کانونیکی می توان جهت گروه بندی توده ها و ارقام به زیر گروه های کوچکتر که شباهت زیادی درون آنها وجود دارد، استفاده نمود. در واقع در استفاده از تجزیه کلاستر، تعیین مقدار شباهت درون گروهی و تعیین روشی برای تشکیل کلاسترها که بر پایه مقدار شباهت اندازه گیری شده است، لازم می باشد، اما در تجزیه تشخیص کانونیکی، برای اندازه گیری شباهت به طور مستقیم از متغیرهای کانونیکی محاسبه شده استفاده می شود. بطوریکه مقدار میانگین متغیرهای کانونیکی به عنوان مراکز گروه ها تلقی می شوند. استفاده از این آزمون در مطالعات مربوط به جمعیت شناسی حشرات کاربرد دارد. Saxena و همکارانش در تحقیقاتشان روی زنجبرک قهوه ای برنج با استفاده از این آزمون موفق شدند سه جمعیت که دارای سه بیوتیپ متفاوت بودند (بیوتیپ های ۲، ۱ و ۳) را مشخص نمایند (Saxena and Rueda, 1983).

صناعی و سیدی (۲۰۱۶) با مطالعه ریخت سنجی هندسی رو جمعیت های سرخرطومی برگ یونجه به وجود اختلاف معنی دار در جمعیت جوین نسبت به جمعیت های غربی ایران اشاره کردند. نوذری (۱۳۸۶) با آنالیز کانونیکی تفاوت های بارزی بین جمعیت های کرم خراط مشاهده کرد.

نتایج آزمون CDA با استفاده از متغیرها و نسبت های آنها برای نمونه های نر و ماده به صورت باهم و جداگانه در همه ایستگاه ها نشان دهنده این است که متغیرهای کانونیک تفاوت بین جمعیت ها را تا حدودی توجیه می کند (جداول ۷-۳ و ۸-۳) (Cruz-Castillo *et al.* 1994).

همانطور که در قسمت نتایج ذکر شده در مورد حشرات جنس نر و ماده به صورت توامان جمعیت گلستان و مجن واگرایی نشان دادند (شکل ۱-۳) و در مورد حشرات نر جمعیت گلستان به وضوح واگرایی نشان داد (شکل ۲-۳).

جدایی جمعیت گلستان به علت وجود سد جغرافیایی کوههای شاهوار از دیگر مناطق به خوبی قابل توجیه است. ولی چرا جمعیت های مجن، بسطام، کرج، قزوین و مشهد اختلافات زیادی از هم نشان ندادند؟ این احتمال وجود دارد که جمعیت های سرخرطومی توانایی جابجایی و درون آمیزی (Interbreeding) را به وسیله فعالیت های انسانی داشته باشند. هر چند که شرایط متفاوت اکولوژیک و جغرافیایی و همچنین فاکتور مسافت می تواند این تبادلات بین جمعیتی را بسیار کاهش دهد و شارش ژن وسیع بین جمعیت ها می تواند در علل بوجود آمدن این تنوع ژنتیکی سهم داشته باشد. متأسفانه اطلاعات آماری از نحوه و چگونگی این شارش احتمالی ژن در هیچ جمعیتی در دنیا موجود نیست و تنها می توان تخمینی از رخ دادن این واقعه زد. با توجه به نتایج این پژوهش گمان می رود که سازش های محلی و اختلاط آزاد نمونه بین جمعیت های سرخرطومی علت اصلی اختلافات اندک بین جمعیت ها است. انتظار می رود که صفات بسیاری که در کنترل این گونه نقش کلیدی دارند مانند فرم زمستان گذرانی، محل تشکیل سفیره، نحوه تخم گذاری و پاسخ به پارازیتوئید ها، پاتوژن ها و آفت کش ها نیز دارای تفاوت های کمتری باشد که توجه به آن ها برای طراحی یک برنامه مدیریت تلفیقی کارآمد برای این آفت ضروری است (Husemann *et al.*, 2014; Foster *et al.*, 1998) و صنایع، (۱۳۹۴).

افزون بر این، تغییرات بین جمعیتی مرحله ای از گونه زایی است (Husemann *et al.*, ۲۰۱۴). مطالعه هر چه بیشتر آن می تواند به رفع مشکلات تاکسونومیک در گونه *Hypera postica* کمک

شایانی کند (Skuhrovec, ۲۰۰۹). هرچند که برای رسیدن به این ادعا، باید تمامی جمعیت های یک گونه در دامنه پراکندگی آن در دنیا مورد مطالعه قرار گیرد.

میزبانهای یکسان (آلبالو) در مورد جمعیت بسطام و مجن و میزبانهای شبیه (گیلاس) در مورد سایر جمعیت ها باعث شد دو جمعیت بسطام و مجن با هم و جمعیت های دیگر به جز گلستان تا حدودی شبیه هم باشند و اختلافات اندک موجود بین آن به دلیل وجود جاده و کوههای منطقه می باشد ولی چون شارش ژن ها تا حدودی در این دو منطقه ادامه دارد اختلاف اندکی نشان می دهند. کیفیت گیاه میزبان به طور معنی داری روی کیفیت و کمیت نتاج و تخصیص منابع به هر یک تاثیر دارد (Awmack and Leater, 2000). نودری (۱۳۸۶) نتیجه گرفت نوع میزبان در بروز اختلافات شکل و اندازه بین جمعیت های میزبانی موثر است و این ترجیح میزبانی شارش ژنی بین این جمعیت را کاهش می دهد.

## منابع

- اسماعیلی، مرتضی. ۱۳۶۳. آفات مهم درختان میوه. نشر سپهر. ص ۲۰۷-۲۱۰.
- برومند، هوشنگ. ۱۳۳۸. بررسی سرخرطومی گیلاس. پایان نامه تحصیلی دانشکده کشاورزی کرج. نشر دانشگاه تهران. ۶۰ صفحه.
- خانجانی، م. ۱۳۹۱. آفات گیاهان زراعی ایران. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان ۷۲۰. صفحه.
- دزیانیان، احمد. ۱۳۸۴. بررسی بیولوژی سرخرطومی گیلاس *Rhynchites auratus* در منطقه شاهرود. نشریه آفات و بیماریهای گیاهی. موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور. جلد ۷۳ شماره ۱، صفحه ۱۰۵-۱۱۷.
- رجبی، غلامرضا. ۱۳۷۰. حشرات زیان آور درختان میوه سردسیری ایران (سخت بالپوشان). جلد اول. ص ۱۹۰. انتشارات موسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی.
- فرح بخش، ق. ۱۳۴۰. فهرست آفات نباتات و فراورده های کشاورزی تهران، انتشارات وزارت کشاورزی، قسمت حفظ نباتات، (1-95).
- کاظمی، محمد حسن. ۱۳۷۴. کنترل میکروبی آفات و بیماری های گیاهی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تربیت معلم تبریز. ۱۶۷ صفحه.
- موسوی، سید محمد رضا. ۱۳۷۹. مبارزه بیولوژیکی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۸۶ صفحه.
- صناعی، احسان، ۱۳۹۴. بررسی تنوع بین جمعیتی سوسک سرخرطومی یونجه به روش ریخت سنجی هندسی. دانشگاه تهران. ۱۰۴ صفحه.
- ظهیری، رضا. ۱۳۸۲. مطالعه ژنومتریکی مورفومتریکی جمعیت های جغرافیایی پروانه کرم ساقه خوار برنج در شمال ایران. ۱۱۳ صفحه.
- عزیزی و عبدالهی، ۱۳۹۴. ارزیابی تنوع ژنتیکی جمعیت های یونجه زراعی با استفاده از تجزیه تشخیص کانونیک. نشریه پژوهش های کاربردی زراعی. شماره ۱۰۷. ص ۱۸۳-۱۸۹.
- نوذری، جاماسب. ۱۳۸۶. مطالعه ژنومتریکی، مورفومتریکی کرم خراط در سه منطقه از استان های تهران، مرکزی و مازندران. ۲۸۴ صفحه.

Adams, D. C., Rohlf, F. J. and Slice, D. E. (2004). Geometric morphometric: ten years of progress following the revolution, *Ital. J. Zool.*, 71:5-16

Adams, D. C. and Funk, D. J. (1997). Morphometric inferences on sibling species and sexual dimorphism in *Neochlamisus bebbianae* leaf beetles: multivariate applications of the thin-plate spline. *Systematic Biology*, 46:180-194.

Alpatove, W. W. (1929). Biometrical studies on variation and races of the honey bee (*Apis mellifera* L.). *Q. Rev.*, 4:1-58

Atchley, W., Rohlf, F. J. and Bookstein, F. L. (1979). Morphometric variability in larvae of the Antarctic fly *Belgica antarctica* (Diptera: Chironomidae), *Can. J. Zool.*, 57:2311-2318.

Adane, K., D. Moore and S. A. Archer. (1996). Preliminary studies on the use of *Beauveria bassiana* to control *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in the laboratory. *Journal of Stored Products Research*, 32: 105-113.

Anonymous. (1980). *Beauveria* Vuill. 1912 Compendium of soil Fungi.

Balalaikins M (2012) To the knowledge of Latvian Hyperini Marseul, 1863 (Coleoptera: Curculionidae). *Zoology and Ecology* 22: 23-36.

Benítez HA, Briones R & Jerez V (2011) Intra and Inter-population morphological variation of shape and size of the Chilean magnificent beetle, *Ceroglossus chilensis* in the Baker River Basin, Chilean Patagonia. *Journal of Insect Science* 11: 94-109 .

Blackith, R., and R. A. Reyment (1971). Multivariate morphometrics. Academic Press, New York.

Blackman, R. L. (1992). The use of ordination techniques to discriminate within pest aphid species complexes. In J.T. Sorensen, R. Footitt (eds), ordination in the study of morphology, evolution and systematics of insects: Applications and quantitative genetics rationales. Elsevier Science publishers B.V., Amsterdam. PP.261-275.

Bookstein, F. L. (1982). Foundations of morphometrics. *Ann. Rev. of Ecolm and Systematics*, 13:451-470

Bookstein, F. L. (1991). *Morphometrics tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Bookstein, F.L. (1998). A hundred years of morphometrics. *Acta Zool. Acad. Sc. Hung.*,44:7-59

Bidochka, M. J., F. V. Menzies and A. M. Kamp. (2002). Genetic groups of the insect-pathogenic fungus *Beauveria bassiana* are associated with habitat and thermal growth preferences. *Archive Microbiology*, 178: 531–537.

Blodgett SL, Lenssen AW & Cash S (2000) Harvest with raking for control of alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Entomological Science* 35: 129-135.

Böttger JAA, Bundy CS, Oesterle N & Hanson SF (2013) Phylogenetic analysis of the alfalfa weevil complex (Coleoptera: Curculionidae) in North America. *Journal of Economic Entomology* 106: 426-436.

Brosius F (2011) SPSS 19. Hüthig Jehle Rehm.

Claridge ,M.F., and Gillham, M. C. (1992). Variation in populations of leafhoppers (Auchenorycha): Biotypes and Biological species. In J. T. Sorensen, R. Footitt (eds), *ordination in the Study of Morphology, Evolution and Systematics of Insects: Applications and quantitative genetics, rationales*. Elsevir Amesterdam. Pp. 241-259.

Cruz LMLD, Torres MAJ, Barrion AT, Joshi RC, Sebastian LS, & Demayo, CG (2011). Geometric morphometric analysis of the head, pronotum and genitalia of the rice black bug associated with selected rice types. *Egyption Academy Journal of Biological Science A Entomology* 4: 21-31.

Dryden, I. L. and K. V. Mardia. (1998). *Statistical Shape analysis*. John Wiley & Sons New York.

Eilenberg, J., N. V. Meyling and A. B. Jensen. 2009. Insect pathogenic fungi in biological control: status and future challenges. IOBC/ WPRS Working Group Meeting, 22-25 June 2009, Pamplona, Spain, 7-10. Available: <http://orgprints.org/16060>.

Erney S, Pruess K, Danielson S & Powers T (1996) Molecular differentiation of alfalfa weevil strains (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of the Entomological Society of America* 89: 804-811.

Foster SA, Scott RJ & Cresko WA (1998) Nested biological variation and speciation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 353: 207-218.

Husemann M, Tobler M, McCauley C, Ding B & Danley P (2014) Evolution of body shape in differently coloured sympatric congeners and allopatric populations of Lake Malawi's rock-dwelling cichlids. *Journal of Evolutionary Biology* 27: 826-839.

James, F. C., and McCulloch, C.E. (1990). Multivariate analysis in ecology and systematics: panacea or pandora's box? *Ann. Rev. Ecol. And Syst.* 21, 129-166.

Jolicoeur, P., (1963). The generalization of the allometry equation. *Biometrics*, 19: 497-499.

Garnier S, Magniez-Jannin F, Rasplus JY & Alibert P (2005) When morphometry meets genetics: inferring the phylogeography of *Carabus solieri* using Fourier analyses of pronotum and male genitalia. *Journal of Evolutionary Biology* 18: 269-280.

Glare, T.R. (1991). Ecology of entomopathogenic fungi. In: Arora DK, Ajello L, Mukerji KG, editors. *Handbook of applied mycology*, vol. 2: Humans, animals, and insects. New York: Marcel Dekker. Pp 547-612.

Goettel, M.S. and G.D. Inglis. (1997). Fungi: hyphomycetes. In: Lacey, L. (Ed.), Manual of Techniques in Insect Pathology. Academic Press, San Diego, pp. 213-249.

Goosey HB (2009) *A degree day model of sheep grazing influence on alfalfa weevil, Hypera postica*, PhD Thesis: Department of Animal and Range Sciences. Montana State University, Bozeman, Montana. 68 pp.

Gullan PJ & Cranston PS (2009) *The insects: an outline of entomology*. John Wiley & Sons. pp. 565.

Hadley A (2008) CombineZM full version.

Hoe, P. K., C. F. Bong, K. Jugah and A. Rajan. (2009). Evaluation of *Metarhizium anisopliae* Var. *anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycete) isolates and their effects on subterranean Termite *Coptotermes curvignathus* (Isoptera: Rhinotermitidae). American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 4(4): 289-297.

Inglis, G.D., M.S. Goettel, T.M. Butt and H. Strasser. (2001). Use of Hyphomycete fungi for managing insect pests. In: Butt, T.M., Jackson, C.W., Magan, N. (Eds.), Fungi as Biocontrol Agents. Progress, Problems and Potential. CABI Publishing, Wallingford, pp. 23-69.

Kaya, H.K. and Y. Teanada. (1984). Insect Pathology. Academic Press, New York. P: 357- 362

Kirkland, B. H., Eisa, A. & Keyhani, N. O. (2005). Oxalic acid as a fungal acaracidal virulence factor. J Med Entomol 42, 346–351.

Kendall, D. G, (1985). Exact distributions for shapes of random triangles in convex sets. Advances in Applied probability. 17:308-329.



Klingen, I., J. Eilenberg and R. Meadow. (2002). Effects of farming system, field margins and bait insect on the occurrence of insect pathogenic fungi in soils. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 91: 191–198.

Koehl, M. A. R.(1996).When does Morphology matter? *Ann. Rev. Eco. And Sys.* 27,501-42.

Kunkel, J.(1997). Shape change in Biology. Available in:  
[Http://www.bio.umass.edu/biology/kunkel/shape.html](http://www.bio.umass.edu/biology/kunkel/shape.html).

Kunkel, J. (2001). Shape changes in Biology, D'Arcy Thompson's classic fish transformation. <http://www.bio.umass.edu/biology/kunkel>.

Kumirai, A. E-mail Communications. [natmuse@telconet. Co.zw](mailto:natmuse@telconet.Co.zw). Director Natural History Museum, Zimbabwe.

Losos, J.B.(1990). Ecomorphology, performance capability, and scaling of west Indian anolis lizard: an evolutionary analysis. *Ecological Monographs*. 60,369-388.

Lacey, L. A., Frutos, R. , Kaya, H. K. and P. Valis, (2001). Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? *Journal of Biological Control*, 21: 230-248.

Längle, T. (2006). *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. a biocontrol agent with more than 100 years of history of safe use. Pest Management Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Central Experimental Farm. Available: [http://www. Rebeca-net. de](http://www.Rebeca-net.de).

Litsinger JA & Apple JW (1973) Oviposition of the Alfalfa Weevil in Wisconsin. *Annals of the Entomological Society of America* 66: 17-20.

Marcus, L. F.(1990) Traditional morphometrics. In Rohlf, J. J. and Bookstein, F. L. (eds), *Proceedings of the Michigan morphometrics workshop*. Spec.Publ. No.2. University of Michigan, Museum of Zoology,Ann Arbor. pp. 77-122

Mayr, E. (1999). *Systematic and the O"rigin of Species From the Viewpoint of a Zoologist*.

2<sup>nd</sup>end.Harvard University press, Cambridge.

Mayr, E., & Ashlock, P. D. (1991). Principles of Systematic Zoology. 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill, New York.

Menken, S. B. J., and Raijmann, L. E. L. (1996). Biochemical Systematics: Principles and perspectives for pest management, The ecology of Agricultural pest, edited by W.O.C. Symondson and J.E. Liddell., Published by Chapman & Hall, London.

Magalhaes, B. P., J. C. V. Rodrigues, D. G. Boucias and C. Childers (2005). Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* VAR. *acridum* to the false spidermite *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae). Scientific Notes, 195-198.

Meikle, W.G., A.J. Cherry, N. Holst, B. Hounna and R.H. Markham (2001). The effects of an entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hyphomycetes), on *Prostephanus truncatus* (Horn) (Col.: Bostrichidae), *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Col.: Curculionidae) and grain losses in stored maize in the Benin Republic. J. Invertebr. Pathol. 77: 198-205.

Meyling, N.V. and J. Eilenberg (2006). Occurrence and distribution of soil borne entomopathogenic fungi within a single organic agroecosystem. Agriculture, Ecosystem and Environment, 113: 336-341.

Meyling, N.V. (2007). Methods for isolation of entomopathogenic fungi from the soil environment. Archived at <http://orgprints.org/11200>.

Meyling, N. V. (2008). Ecology of entomopathogenic fungi in agroecosystems. Available: [http://www.scitopics.com/Ecology\\_of\\_entomopathogenic\\_fungi\\_in\\_agroecosystems.html](http://www.scitopics.com/Ecology_of_entomopathogenic_fungi_in_agroecosystems.html).

Morphometrics Suny Stony Brook. (2002). Introduction to multivariate statistics and geometrics morphometrics. <http://www.life.bio.sunysb.edu/morph>.

NGDIR (2015) Average annual precipitation map: geological survey and mineral exploration of Iran, Ministry of Industries and Mines Tehran, Iran. <http://www.ngdir.ir/maps/AverageAnnualPrecipitationMap.asp>.

Ouedraogo, R. M. (1993). Investigations on the use of the fungus, *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) for control of the Senegalese grasshopper, *Oedaleus senegalensis* (Orthoptera: Acrididae). Doctoral dissertation, University of Ouagadougou.

Pachamuthu, P. and S. T. Kamble.( 2000). In vivo study on combined toxicity of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) strain ESC-1 sublethal doses of chlorpyrifos, propetamphos, and cyfluthrin against German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*, 93(1): 60-70.

Pavlinov, I.Ya.(2001). Geometric morphometrics , a new analytical approach to comparison of digitized images. *Zoological Journal of Moscow*. 79:1-27.

Pell, J. K., J. J. Hannam ,D. C. Steinkraus. 2010. Conservation biological control using fungal entomopathogens.*Journal of Biological Control*. 55:187-198.

Pimental, R.A.(1979). Morphometrics, the multivariate analysis of biological data, Dubuque: Kendal/Hunt.

Pizzo A, Mazzone F, Rolando A & Palestini C (2011) Combination of geometric morphometric and genetic approaches applied to a debated taxonomical issue: the status of *Onthophagus massai* (Coleoptera, Scarabaeidae) as an endemic species vicarious to *Onthophagus fracticornis* in Sicily. *Zoology* 114: 199-212.

Pizzo A, Mercurio D, Palestini C, Roggero A & Rolando A (2006) Male differentiation patterns in two polyphenic sister species of the genus *Onthophagus* Latreille, 1802 (Coleoptera: Scarabaeidae): a geometric morphometric approach. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 44: 54-62.

Poulin, R., Wise, M., and moore, J.(2003). A Comparative analysis of adult body size and its correlates in acanthocephalan Parasites. *International Journal for Parasitology*. 33,799-805.

Pretorius E & Scholtz C (2001). Geometric morphometrics and the analysis of higher taxa: A case study based on the metendosternite of the Scarabaeoidea (Coleoptera). *Biological Journal of the Linnean Society* 74: 35-50.

Quesada-Moraga E & Vey A (2004). Bassiacridin, a protein toxic for locusts secreted by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Mycological Research* 108: 441-452.

Renaud, S.(1999). Size and shape variability in relation to Species differences and climatic gradient in the African rodent *Oenomys*. *Journal of Biogeography*.26,857-865

Reyment, R. A.(1991). *Multidimensional Paleobiology*. Pergamon Press, New York.

Rohlf, F. J.,(1990). Morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 12:299-316.

Rohlf, F. J., and Marcus, L. F.(1993). A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution*. 3:129-132

Rohlf, F. J.(1996). *Morphometric Spaces, Shape Components, and the effects of linear transformations* Plenum press.

Rohlf, F. J. (1998). On applications of geometric morphometrics. To studies of ontogeny and phylogeny. *Systematic Biology*, 47: 147-158.

Rohlf, F. J. and Bookstein, F.L. (1990). *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*. University of Michigan Museum of Zoology Special Publication 2.

Rohlf, F. J. and Slice, D. (1991). *Generalized rotational fit methods, Version 1.0*. <http://www.life.bio.sunysb.edu/ee/rohlf>.

Rohlf, F. J., Loy, A. and Corti, M. (1996). Morphometric analysis of Old World Talpidae (Mammalia, Insectivora) using partial-warp scores. *Systematic Biology*. 45:344-362.

Rohlf, F. J. (1997). NTSYS-pc (v. 2.02), Numerical Taxonomic Systems. Exeter software site, <http://www.users.AOL.Com/Exetersftw>.

Rohlf, F. J. (1997). TpsPLS(V. 1.01): Partial least squares. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, <http://www.life.bio.sunysb.edu/morph/software>.

Rohlf F (2009) tpsUtil version 1.44. New York State University at Stony Brook. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>.

Rohlf FJ (2013) tpsDig: State University of New York, Stony Brook, New York. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>

Roggero A (2004) Analysis of shape variation in *Phalops* Erichson genus (Coleoptera, Scarabaeoidea, Onthophagini). *Italian Journal of Zoology* 71: 73-78.

Roggero A, Giachino PM & Palestini C (2013) A new cryptic ground beetle species from the Alps characterised via geometric morphometrics. *Contributions to Zoology* 82: 171-183.

Saxena, R. C. and Rueda, I.M. (1983). Morphological Variations among three brown Planthopper biotypes in the Philippines. *International Rice Research Newsletter*.8:3-4.

Slic, D. E.: Bookstein, F.L., Marcus, L.F. and Rohlf, F.J. (2001). A Glossary for Geometric Morphometrics. <http://www.life.bio.cunysb.edu/morph/glossary>.

Siegel, A. F., and Benson, R. H., (1982). A robust comparison of biological Shape, *Biometrics*, 38, 341-350

Simpson GG (1961) *Principles of animal taxonomy*. Columbia University Press, New York. 247 pp.

Skuhrovec J (2009) *Digital-Weevil-Determination for Curculionoidea of West Palaearctic. Transalpina: Hypera/Limobius/Metadonus (Hyperinae: Hyperini): Snudebiller 10, Studies on taxonomy, biology and ecology of Curculionoidea* (ed. CURCULIO-Institute, Mönchengladbach, Germany), pp. 39-47.

Sundberg, P. (1989). Shape and size –constrained Principal component analysis, *Systematic Zoology*. 38,166-168

Shah P. A., J. K. Pell. Entomopathogenic fungi sa biological control agents ( 2003). *Journal of Appleid Microbial Biotechnology*. 61:413-423.

Sosa-Gomez, D.R., K.E. Delpin, F. Moscardo and J.R.B. Farias ( 2001). Natural occurrence of the entomopathogenic fungi *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces* in soybean under till and no-till cultivation systems. *Neotropical Entomology*, 30(3): 407-410.

Strasser H, Vey A & Butt T (2000). Are There any Risks in Using Entomopathogenic Fungi for Pest Control, with Particular Reference to the Bioactive Metabolites of *Metarhizium*, *Tolypocladium* and *Beauveria* species? *Biocontrol Science and Technology* **10**: 717-735.

Summers CG (1998) Integrated pest management in forage alfalfa. *Integrated Pest Management Reviews* 3: 127-154.

Sun B.D. and X. Z. Liu. (2008). Occurrence and diversity of insect-associated fungi in natural soils in China. Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apsoil](http://www.elsevier.com/locate/apsoil).

Tabugo SRM, Torres MAJ, Olowa LF, Sabaduquia MAB, Macapil RM, Acevedo AM & Demayo CG (2012) Elliptic Fourier analysis in describing Shape of the mandible of the larvae of the coconut leaf beetle *Brontispa longissima* Gestro, 1885 (Chrysomelidae: Hispinae) collected from plants with varying degrees of damage. *International Journal of Biological Science* 1: 19-26.

Tanda, Y. and H. K. Kaya.( 1993). Insect Pathology. San Diego, CA, USA Academic Press, 666 p.

Taravati S, Darvish J & Mirshamsi O (2009) Geometric morphometric study of two species of the psammophilous genus *Erodiontes* (Coleoptera: Tenebrionidae) from the Lut desert, Central Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics* 5: 81-89.

Todorova, S.I., C. Cloutier, J.C. Cote and D. Coddere. (2002). Pathogenicity of six isolates of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina, Hyphomycetes) to *Perillus bioculatus* (F) (Hem., Pentatomidae). *Journal of Applied Entomology*. 126: 182-185.

Thomas, K. C., G. G. khachatouriansand). and W. M. Langedew. (1987). Production and properties of *Beauveria bassiana* conidia cultivated in submerged culture. *Canadian Journal of Microbiology*, 33: 12-20.

Tohidfar M, Zare N, Jouzani GS & Eftekhari SM (2013) Agrobacterium-mediated transformation of alfalfa (*Medicago sativa*) using a synthetic cry3a gene to enhance resistance against alfalfa weevil. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 113: 227-235.

Vey A., R. Hoagland and T.M. Butt.( 2001). Toxic metabolites of fungal biocontrol agents. In: T.M. Butt, C.W. Jackson, N. Magan, editors. *Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential*. Wallingsford, UK: CABI International. pp 311\_346.

Vilcinskas A. and P. Gotz. (1999). Parasitic fungi and their interactions with the insect immune system. *Advances in Parasitology* 43:267\_313.

Walker, J. A. (2000). Ability of geometric morphometric methods to estimate a known covariance matrix. *Systematic Biology*. 49:686-696.

Waseem, A., J.C. Lord, J.R., Nechols and R.W. Howard. (2004). Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *Journal of Economic Entomology*. 97(2): 273- 280.

Weins, J. J.(1999). Polymorphism in Systematics and Comparative Biology. Annual Review of Ecology and Sytematics. 30,327-362.

Zahiri B, Fathipour Y, Khanjani M, Moharramipour S & Zalucki MP (2010a) Modeling demographic response to constant temperature in *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology* 103: 292-301.

Zahiri B, Fathipour Y, Khanjani M, Moharramipour S & Zalucki MP (2010b) Preimaginal development response to constant temperatures in *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae): Picking the best model. *Environmental Entomology* 39: 177-189.

Zimmermann, G. (1986a). The 'Galleria bait method' for detection of entomopathogenic fungi in soil. *Journal of Applied Entomology*, 102:213-215.

Zimmermann, G. (1986b). Insect pathogenic fungi as pest control agents. In Franz, J. M. (ed.), *Biological plant health protection*, Fortschr. Zoology, 32: 217-232.

Zimmermann, G. (1993). The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent. *Pesti. Sci.* 37:375-379.



## **Abstract**

*Rhynchites auratus* is a Palearctic pest that has distributed in Iran and that is most important pests in orchards. According to lack of information on different Iranian populations of this weevil, in this project five populations in the vicinity of three cities: Bastam, Mojen, Gorgan, Karaj, Quzvin and Mashhad have been selected for geometric morphometric study. Geometric Morphometric were used as a powerful instrument for quantitative statistical shape analysis of three structures; pronotum, elytra and rostrum. Univariate analysis for metric characters and multivariate analysis (multivariate of variance analysis, principle component analysis and discriminant analysis) in geometric morphometric and classical morphology were used. The geometric morphometric approach showed significant differences in the mainly shape of pronotum and also in the shape of the elytra and rostrum. The results of this study indicate separation of Golestan population from other populations. This separation is probably caused by environmental and ecological conditions on different populations.

Keywords: Rhynchites, Geometric Morphometric



Faculty of Agriculture  
M.Sc. Thesis in Entomology

**Assessing the intrapopulation diversity of *Rhynchites*  
*auratus* based Geometric Morphometry**

**By: Mohammad Ebrahim Skandari**

**Supervisors:**

**Dr. Masoud Hakimi Tabar**

**Dr. Ali Derakhshan Shadmehri**

**May 2018**