

# بررسی تنوع مورفولوژیکی کنه واروآ در زنبورستان‌های مناطق مختلف جغرافیایی ایران

## چکیده

کنه واروآ به عنوان یکی از مهمترین عوامل تلفات کلنی‌های زنبورعسل کشور در ۴ دهه اخیر موضوع مطالعات متعددی بوده است. با توجه به اهمیت صفات مورفولوژی در اتخاذ روش‌های کنترل این انگل پژوهش حاضر با هدف بررسی تنوع مورفولوژیکی کنه‌های مزبور در مناطق جغرافیایی مختلف ایران طرح‌ریزی گردید. بدین منظور تعداد ۶۷۵ کنه ماده بالغ از ۴۵ زنبورستان مستقر در ۵ اکوزون جغرافیایی کشور جمع‌آوری شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در اتانول ۹۶ درصد تثبیت و تعداد ۱۴۳ عدد جهت اندازه‌گیری ۱۴ صفت مورفولوژیکی بر روی لام‌های دائمی در محیط هویر نصب شدند. پردازش آماری داده‌های حاصل، با استفاده از آنالیز واریانس چندمتغیره، روش مؤلفه‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای و آزمون توکی انجام شد. نتایج نشان داد میانگین عرض و طول بدن در جمعیت‌های مورد مطالعه به ترتیب  $1828.36 \pm 52.28$  و  $1226.84 \pm 28.86$  میکرومتر بود. میانگین نسبت اندازه‌های بدن در جمعیت‌های مورد مطالعه  $1.49$  به دست آمد که نشان می‌دهد جمعیت‌های مورد مطالعه، متعلق به گونه واروآ دستراکتور هستند. نتایج تحلیل خوشه‌ای نشان داد که به جز جمعیت البرز، سایر جمعیت‌های مورد مطالعه، در یک گروه مورفوتیپی قرار دارند. بر اساس تجزیه مؤلفه‌ها، ۱۴ صفت مورد بررسی به ۳ مؤلفه با توجیه  $71.42\%$  درصد واریانس خلاصه شدند. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که بین دو گروه مورفوتایپ شناسایی شده، تنها صفات طول صفحه پشتی و طول صفحه مخرجی و بین مناطق جغرافیایی مختلف صفات طول صفحه پشتی، عرض صفحه جنسی، طول صفحه مخرجی و عرض صفحه مخرجی دارای اختلاف معنی‌دار آماری بودند ( $P < 0.001$ ).

## کلید واژه‌ها

ایران، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، زنبورعسل، مورفوتایپ، کنه واروآ

## Morphological variation of Varroa mites in apiaries of different geographic regions of Iran

### Abstract

Varroa mite as one of the most important causes of honey bee colony losses has been the subject of numerous studies during the last 4 decades in Iran. Considering the importance of morphological traits in the adoption of control methods, this research was designed to investigate the morphological variation of Varroa mite in different geographical regions of Iran. So, a total of 675 adult female mites were collected from 45 apiaries in 5 different geographical locations. The collected samples were fixed in 96% ethanol and 143 adult Varroa mites were selected and mounted on permanent slides in Hoyer medium for measurement of 14 morphological traits. Statistical analysis of data was done using multivariate analysis of variance, principal components analysis, cluster analysis and Tukey's test. The results showed that the average of LDS and WDS were  $1828.36 \pm 52.28$  and  $1226.84 \pm 28.86$   $\mu\text{m}$ , respectively. The average ratio of body size was 1.49, which shows that the studied populations belong to *Varroa destructor*. Cluster analysis showed that all populations except Alborz belong to one morphotypic group. The results of principal components analysis showed that the 14 studied traits were summarized into 3 components which can justify 71.42% of total variance. The results of multivariate analysis of variance showed that only LDS and LAS were significant between the two morphotypes ( $P < 0.001$ ). As well as, the traits of LDS, WGS, LAS and WAS had significant difference between different geographical regions ( $P < 0.001$ ).

**Keywords:** Iran, principal components analysis, honey bee, morphotype, Varroa mite

زنبورعسل به عنوان یکی از مفیدترین حشرات زیست بوم‌های طبیعی علاوه بر تولید عسل، گرده و سایر فراورده‌های مرتبط، نقش مهمی در اقتصاد جهانی از طریق گرده افشانی محصولات زراعی، درختان میوه و سبزیجات ایفا می‌کند تا آنجا که در معماری بسیاری از زیست‌بوم‌های طبیعی، زنبورها به عنوان سنگ سرطاق<sup>۱</sup> این زیست بوم‌ها معرفی می‌شوند و نبود آنها به معنای ریزش بنای این زیست بوم‌ها می‌باشد (Hung et al., 2018; Potts et al., 2010). پیش نیاز کارایی بالای گرده افشانی و سایر فعالیت‌های زنبورعسل در زیست بوم‌های طبیعی وجود جمعیت‌های سالم و عاری از آلودگی می‌باشد. اما وجود دامنه وسیعی از پاتوژن‌ها و پارازیت‌ها سلامت این حشره را به مخاطره انداخته است (Genersch et al., 2010). در این میان کنه<sup>۲</sup> و اروا<sup>۳</sup> به عنوان انگل خارجی زنبورعسل تهدیدی مستمر و عامل مرگ میلیون‌ها کلنی در سراسر جهان بوده است تا آنجا که در یک دهه اخیر از آن به عنوان مهم‌ترین تهدید صنعت زنبورداری دنیا یاد شده است (Plettner et al., 2017).

واروا<sup>۴</sup> دستراکتور به عنوان یکی از چهار گونه جنس واروا<sup>۴</sup> قادر است با بهره‌گیری از روش‌هایی چون تقلید نشانه‌های شیمیایی، پنهان شدن در اسکلریت‌های شکمی و بهره‌گیری از رنگ متمایل به قرمز خود جهت گریز از تشخیص شیمیایی و فیزیکی زنبورهای میزبان کاملاً سازگار گردد (Peck et al., 2016). این انگل فاقد مراحل زندگی آزاد بوده و چرخه زندگی وابسته به میزبان دارد. کنه مادر بالغ و فرزندانش از اجسام چربی و همولنف نوزادان و زنبوران بالغ تغذیه می‌کنند (Ramsey et al., 2019; Mukogawa et al., 2024). که این امر منجر به کاهش مواد مغذی و کاهش گردش خون زنبور شده و متعاقب آن کاهش وزن بدن، طول عمر، مرگ و نهایتاً فروپاشی جمعیت کلنی را در پی خواهد داشت. همچنین این انگل ناقل طیف وسیعی از باکتری‌ها، قارچ‌ها و بیماری‌های ویروسی درون کلنی می‌باشد (Davidson et al., 2003; Giacobino et al., 2014). واریانس مورفولوژیکی و تفاوت در رفتار منجر به این فرض شده است که کنه‌های مشابه به لحاظ فنوتیپی به دلیل ویژگی‌های ژنتیکی دارای دینامیک جمعیت متمایز هستند (Anderson and Fuchs, 1998; Düttmann et al., 2021).

جنس واروا شامل ۴ گونه متمایز شامل واروا جاکوبسونی<sup>۲</sup>، واروا اندروودی<sup>۳</sup>، واروا ریندریری<sup>۴</sup> و واروا دستراکتور<sup>۵</sup> می‌باشد. از بین گونه‌های یاد شده واروا دستراکتور در همه قاره‌ها وجود دارد و قادر است زنبورهای عسل آپیس سرانه<sup>۶</sup> و آپیس ملیفرا<sup>۷</sup> را آلوده نماید (Anderson and Trueman, 2000) این گونه تا سال ۲۰۰۰ در اکثر منابع علمی به اشتباه تحت عنوان واروا جاکوبسونی نامگذاری می‌شد. (Anderson and Trueman (2000) با مقایسه‌ی مورفومتریکی، توالی‌یابی DNA میتوکندریایی و توزیع جغرافیایی نشان دادند که این گونه متمایز از جاکوبسونی (کلاد ژاپن - تایلند - ویتنام) می‌باشد و از کنه‌های متعلق به این شاخه‌ی ژنتیکی تحت عنوان واروا دستراکتور (با شش هاپلوتیپ) یاد کردند. واروا دستراکتور در حد وسیعی تنها با دو هاپلوتیپ در کندوهای آپیس ملیفرای سراسر جهان منتشر شده است: هاپلوتیپ کره ای/روسی که به عنوان رایج‌ترین هاپلوتیپ کلنی‌های آپیس ملیفرا را در آفریقا، اروپا، خاورمیانه، آسیا و آمریکا آلوده می‌کند و هاپلوتیپ کم‌تر رایج ژاپن/ تایلند که کلنی‌های زنبورعسل را در ژاپن، تایلند و قاره‌ی آمریکا آلوده می‌کند. انواع جدیدی از هاپلوتیپ‌های شناسایی شده از آن زمان پیدا شده است (Anderson and Trueman, 2000; Genersch et al., 2010).

با توجه به موارد یاد شده کنه واروا عامل اصلی مرگ و میر کلنی‌ها در بسیاری از کشورها گزارش شده است تا آنجا که از زمان معرفی آن در دهه ۱۹۸۰ به ایالات متحده منجر به کاهش معنی‌دار در کلنی‌های زنبور عسل پرورشی و وحشی در آمریکای شمالی و صدمات قابل توجهی به صنعت زنبورداری ایالات متحده وارد کرده است (Brodshneider et al., 2018). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که میزان تلفات کلنی‌های زنبورعسل ایران حدود ۲۲ درصد می‌باشد (Gray et al., 2020; Gray et al., 2023). این

<sup>1</sup>- Keystone species

<sup>2</sup>- *Varroa jacobsoni* udemans

<sup>3</sup>- *Varroa underwoodi* Delfinado-Baker & Aggarwal

<sup>4</sup>- *Varroa rindereri* De Guzman & Delfinado-Baker

<sup>5</sup>- *Varroa destructor* Anderson & Trueman

<sup>6</sup>- *Apis cerana*

<sup>7</sup>- *Apis mellifera*

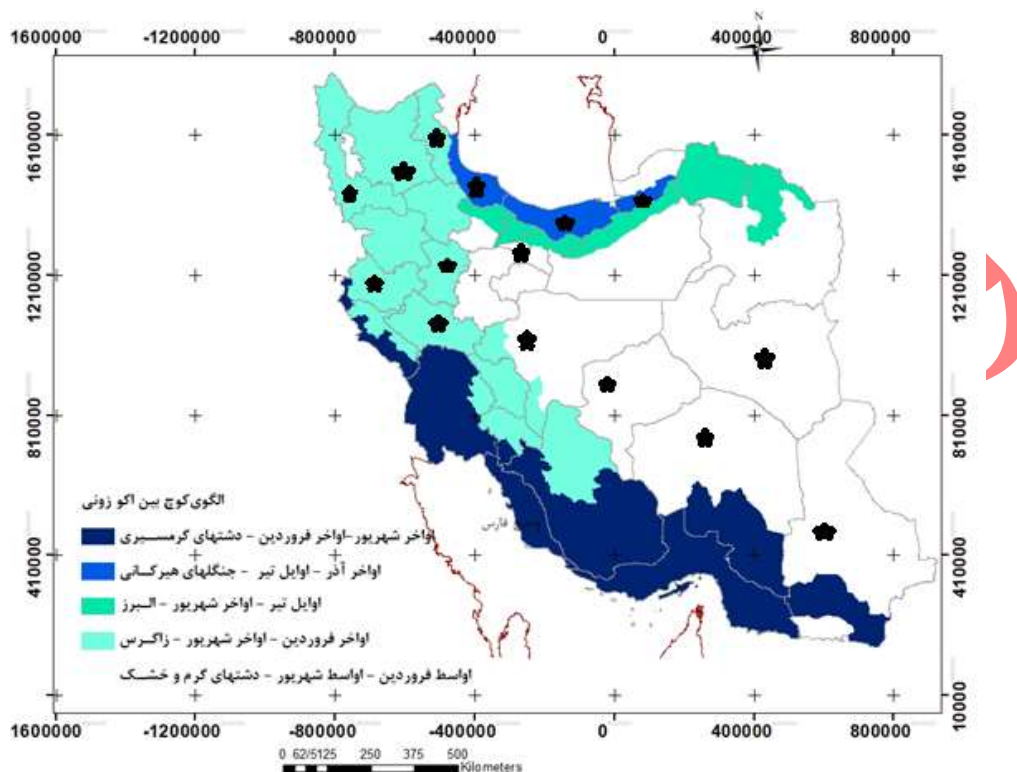
میزان از تلفات تنها تلفات مرتبط با زمستان‌گذرانی می‌باشد. از جمله عوامل مهم دخیل در تلفات یاد شده آفات و پاتوژن‌ها و به شکل خاص کنه واروآ می‌باشد (Shojaei, et al., 2023). با توجه به وجود بیش از ۱۱ میلیون کلنی زنبورعسل در ایران و حجم زیاد ورود ملکه‌های همراه با جمعیت از مجاری غیر مجاز، امکان ورود انگل‌ها و پاتوژن‌های جدید بسیار محتمل است. بنابراین پایش منظم جمعیت کلنی‌های زنبورعسل کشور از نظر تعیین پروفایل آفات و پاتوژن‌ها اهمیت بسزایی دارد. با توجه به اهمیت صفات ریخت‌شناسی در اتخاذ استراتژی‌های کنترل کنه واروآ به عنوان یکی از مهمترین عوامل تلفات کلنی‌های زنبورعسل در سال‌های اخیر، مطالعه حاضر به منظور بررسی تنوع مورفولوژیکی کنه واروآ موجود در کشور طراحی و اجرا شده است.

## روش‌شناسی پژوهش

### جمعیت‌های مورد مطالعه و روش نمونه‌گیری

با توجه به پراکندگی کنه واروآ دستراکتور در ایران ۱۵ استان (شامل استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی، گلستان، مازندران، گیلان، اردبیل، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اصفهان، یزد، کرمان، لرستان، کرمانشاه، همدان و البرز) برای نمونه‌برداری انتخاب و در هر استان از سه زنبورستان با حداقل فاصله ۳۰ کیلومتر نمونه‌گیری انجام شد (زنبورستان‌های ثابت). شکل ۱ پراکنش مناطق نمونه‌برداری شده مطابق الگوی اکوزون‌های زنبورداری کشور و زمان استقرار زنبورستان‌ها در اکوزون‌های یاد شده را نشان می‌دهد. به طور کلی مناطق جغرافیایی کشور بر اساس شرایط اقلیمی، فلور گیاهی، تراکم زنبورستان‌ها و اولویت کوچ به چهار اکوزون کلی کوهستانی البرز و زاگرس، دشت‌های گرمسیری، جنگل‌های هیرکانی و دشت‌های گرم و خشک (رفاهی و علیپور، ۱۳۹۷) تقسیم می‌گردند. با توجه به اینکه اکوزون دشت‌های گرمسیری به طور عملی میزبان زنبورستان‌های کوچ‌رو در فصل پاییز و زمستان می‌باشد و نمونه‌برداری مطالعه حاضر به صورت مقطعی در فاصله زمانی خرداد تا مهر ۱۳۹۹ انجام پذیرفت، لذا اکوزون یاد شده در مطالعه حاضر مورد نمونه‌برداری قرار نگرفت. در هر زنبورستان حداقل پنج کلنی انتخاب و از هر کلنی تعداد ۳۰۰ زنبور از دو طرف سه شان حاوی نوزاد جمع‌آوری و با استفاده از تکنیک پودر شکر مورد ارزیابی قرار گرفتند. کنه‌های جمع‌آوری شده از هر کلنی (حداقل سه کنه از هر کلنی در فاز انتشار<sup>۱</sup>) در میکروتیوپ‌های حاوی ۵ سی سی اتانول ۹۶ درصد به آزمایشگاه منتقل و تا زمان انجام مطالعات مورفولوژی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Maggi et al., 2009).

<sup>۱</sup> Dispersal phase



شکل ۱. توزیع مکان‌های جغرافیایی نمونه‌گیری شده (منبع: رفاهی و علیپور، ۱۳۹۷)

### تهیه اسلاید های میکروسکوپی و صفات مورد مطالعه

از مجموع ۶۷۵ کنه ماده بالغ جمع‌آوری شده در فاز انتشار ۱۴۳ عدد جهت بررسی‌های مورفومتریک انتخاب گردید. کنه‌های ماده بالغ جهت شفاف‌سازی و اندازه‌گیری صفات مورفومتریک مطابق تکنیک (Dietemann *et al.*, 2013) اسلاید میکروسکوپی شدند. جهت شفاف‌سازی به مدت ۴۸ ساعت در اسید لاکتیک غوطه ور شدند. سپس کنه‌های شفاف شده به کمک فور بر روی اسلایدهای میکروسکوپی فیکس و بر روی لام‌ها اطلاعات نمونه حاوی کد منطقه جغرافیایی محل نمونه‌برداری، زمان نمونه‌برداری و کد زنبورستان درج شد. سپس نمونه‌ها جهت خشک شدن ۴۸ ساعت در اون ۴۵ درجه قرار داده شدند. پس از آماده‌سازی و تثبیت نمونه‌ها بر روی اسلایدهای میکروسکوپی، صفات ریخت‌شناسی مورد نظر توسط میکروسکوب BX-51 Olympus مجهز به سیستم اندازه‌گیری در آزمایشگاه کنه‌شناسی گروه گیاه پزشکی دانشگاه تهران مورد بررسی قرار گرفت. این صفات شامل طول صفحه پشتی (طول بدن)، عرض صفحه پشتی (عرض بدن)، طول صفحه مخرجی<sup>۱</sup>، عرض صفحه مخرجی<sup>۲</sup>، طول صفحه<sup>۳</sup>، عرض صفحه<sup>۴</sup>، طول صفحه<sup>۵</sup>، عرض صفحه<sup>۶</sup>، قطر صفحه<sup>۷</sup>، طول صفحه<sup>۸</sup>، عرض صفحه<sup>۹</sup>، جنسی<sup>۱۰</sup> و طول کلیسر<sup>۱۰</sup> بودند (شکل ۲). از هر زنبورستان حداقل سه تکرار اندازه‌گیری و میانگین آن جهت انجام آنالیزهای آماری مورد استفاده قرار گرفت.

<sup>1</sup>. Length of Dorsal Shield(LDS)

<sup>2</sup>. Width of Dorsal Shield(WDS)

<sup>3</sup>. Length of Anal Shield(LAS)

<sup>4</sup>. Width of Anal Shield(WAS)

<sup>5</sup>. Length of Metapodal Sheild(LMS)

<sup>6</sup>. Width of Metapodal Sheild(WMS)

<sup>7</sup>. Diameter of Metapodal Sheild(DMS)

<sup>8</sup>. Length of genital shield(LGS)

<sup>9</sup>. Width of genital shield (WGS)

<sup>10</sup>. Length of chelicera

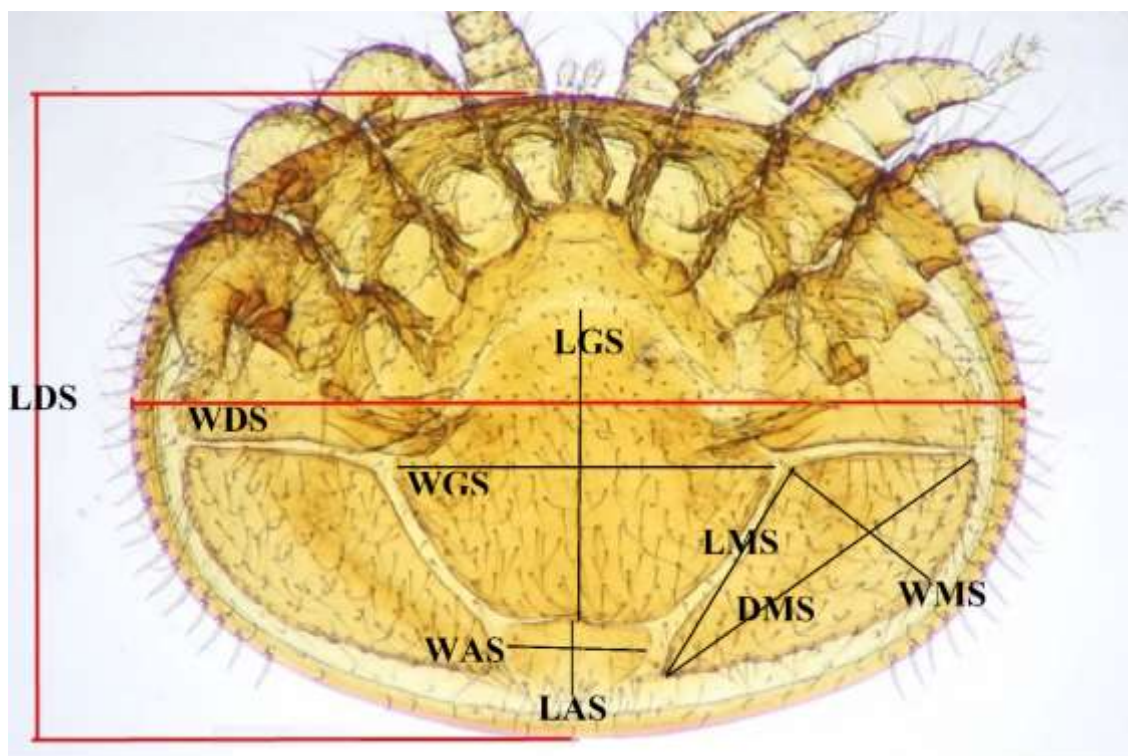
همچنین با مشخص شدن اندازه‌گیری‌های یاد شده چهار نسبت نیز محاسبه شد (Maggi et al., 2009; Farjamfar et al., 2018). این نسبت‌ها عبارتند از:

الف) نسبت طول صفحه پشتی به عرض صفحه پشتی (LDS/WDS)

ب) نسبت طول صفحه جنسی به عرض آن (LGS/WGS)

ج) نسبت طول صفحه مخرجی به عرض آن (LAS/WAS)

د) طول صفحه پس‌پایی به عرض آن (LMS/WMS)



شکل ۲. صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده. (منبع: Hua et al., 2023)

## آزمون آماری

از نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۲۵ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. جهت بررسی تفاوت صفات بین جمعیت‌های مورد مطالعه از تجزیه واریانس چندمتغیره (MANOVA) برابر رابطه ۱ استفاده شد.

$$x_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

رابطه یک)

در رابطه فوق  $x_{ij}$  بردار متغیر پاسخ (صفات مورفولوژیکی)،  $\mu$  میانگین کل،  $\tau$  بردار مکان جغرافیایی و  $\epsilon$  بردار خطا می‌باشد. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر ۱۴ صفت اندازه‌گیری شده، جهت در نظر گرفتن روابط درونی متغیرهای اندازه‌گیری شده و کاهش مؤلفه‌ها از روش آماری چندمتغیره تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. بدین منظور ابتدا کفایت داده‌ها از آماره KMO و آزمون بارتلت تعیین شد. آزمون KMO معیاری است که برای اندازه‌گیری مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، این آماره کفایت حجم نمونه را آزمایش می‌کند. مقادیر KMO کمتر از ۰/۶ نشان می‌دهد که نمونه برداری کافی نیست و اقدامات اصلاحی باید انجام شود و اگر مقدار کمتر از ۰/۵ باشد، نتایج تحلیل عاملی برای تحلیل داده‌ها چندان مناسب نخواهد بود (Shrestha, 2021). آزمون بارتلت نیز نشان می‌دهد که اگر ماتریس همبستگی بین متغیرها، همسان یا

یکه باشد برای تحلیل عاملی مناسب نمی‌باشند. بدلیل تغییرپذیری در دامنه داده‌های خام، جهت محاسبه فواصل بین افراد و خوشه بندی جمعیت‌های مورد مطالعه ابتدا داده‌ها استاندارد و هم وزن گردیدند. جهت محاسبه فواصل بین افراد از شاخص مربع فاصله اقلیدسی استفاده گردید و سپس داده‌ها با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی<sup>۱</sup> به کمک روش وارد<sup>۲</sup> خوشه‌بندی شدند (Rosiak, et al., 2021).

## یافته‌های پژوهش

میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. میانگین عرض و طول بدن به عنوان دو صفتی که در تمامی مطالعات مورفومتریک گزارش می‌شود در جمعیت‌های مورد مطالعه به ترتیب  $۵۲/۳۹ \pm ۱۸۲۸/۳۶$  و  $۲۸/۸۶ \pm ۱۲۲۶/۸۴$  میکرومتر اندازه‌گیری شد. از مجموع ۶۷۵ کنه ماده بالغ جمع‌آوری شده در فاز انتشار ۱۴۳ عدد جهت بررسی‌های مورفومتریک انتخاب گردید. تمامی نمونه‌های یاد شده برای اندازه‌گیری کلیه صفات به جز طول کلیسر مناسب بودند. با توجه به حساسیت اندازه‌گیری صفت طول کلیسر تنها در ۲۸ نمونه موقعیت و شفافیت کلیسر مناسب و قابل اندازه‌گیری بود. میانگین طول کلیسر در نمونه‌های مورد بررسی  $۲۰۱/۹۵ \pm ۱۸/۴۴$  میکرومتر بدست آمد. با توجه به اندازه نمونه آماری مورد مطالعه نخست نیاز بود تا کفایت داده‌ها با استفاده از آماره KMO مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج نشان داد که مقدار آماره یاد شده بیشتر از ۰/۵ می‌باشد (۰/۷۸) که بیانگر آن است که داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب می‌باشند. همچنین معنی‌داری نتیجه آزمون بارتلت نیز نشان داد که بین متغیرهای مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری وجود دارد.

<sup>1</sup>. Hierarchical Cluster Analysis  
<sup>2</sup>. Ward



جدول ۱. نتایج آزمون تعقیبی تجزیه واریانس چندمتغیره برای مکان‌های جغرافیایی مختلف

| منطقه جغرافیایی | صفات                    |                      |                       |                     |                     |                     |                      |                      |                     |                      | Ratio1            | Ratio2             | Ratio3            | Ratio4            |
|-----------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
|                 | LDS                     | WDS                  | WGS                   | LGS                 | WMS                 | LMS                 | WAS                  | LAS                  | DMS                 | LC                   |                   |                    |                   |                   |
| البرز           | ۱۲۶۴/۰۳ <sup>c</sup>    | ۱۸۶۹/۵۱ <sup>a</sup> | ۷۳۵/۷۳ <sup>abc</sup> | ۵۸۹/۷۶ <sup>a</sup> | ۴۵۹/۶۴ <sup>a</sup> | ۳۳۲/۳۶ <sup>a</sup> | ۲۷۲/۲۵ <sup>ab</sup> | ۱۴۸/۵۰ <sup>b</sup>  | ۷۱۸/۴۶ <sup>a</sup> | ۱۹۵/۰۳ <sup>ab</sup> | ۰/۶۸ <sup>a</sup> | ۰/۸۰ <sup>ab</sup> | ۰/۵۵ <sup>a</sup> | ۱/۴۸ <sup>a</sup> |
| اردبیل          | ۱۲۲۰/۸۴ <sup>abc</sup>  | ۱۸۳۰/۰۷ <sup>a</sup> | ۷۴۱/۷۴ <sup>bc</sup>  | ۵۷۳/۳۰ <sup>a</sup> | ۴۳۹/۴۱ <sup>a</sup> | ۳۱۹/۴۴ <sup>a</sup> | ۲۷۴/۹۲ <sup>ab</sup> | ۱۳۴/۷۹ <sup>ab</sup> | ۷۲۳/۹۴              | ۲۱۹/۱۳ <sup>c</sup>  | ۰/۶۷ <sup>a</sup> | ۰/۷۷ <sup>a</sup>  | ۰/۴۹ <sup>a</sup> | ۱/۵۰ <sup>a</sup> |
| آذربایجان شرقی  | ۱۲۳۷/۲۶ <sup>a bc</sup> | ۱۸۳۱/۵۰ <sup>a</sup> | ۷۴۶/۴۶ <sup>c</sup>   | ۵۹۹/۸۵ <sup>a</sup> | ۴۴۷/۴۰ <sup>a</sup> | ۳۳۰/۸۹ <sup>a</sup> | ۲۶۹/۳۶ <sup>ab</sup> | ۱۴۶/۲۵ <sup>b</sup>  | ۷۲۴/۲۲              | -                    | ۰/۶۸ <sup>a</sup> | ۰/۸۰ <sup>ab</sup> | ۰/۵۴ <sup>a</sup> | ۱/۴۸ <sup>a</sup> |
| اصفهان          | ۱۲۱۰/۸۹ <sup>ab</sup>   | ۱۸۲۵/۳۱ <sup>a</sup> | ۷۳۲/۶۰ <sup>abc</sup> | ۵۷۴/۲۰ <sup>a</sup> | ۴۳۳/۱۳ <sup>a</sup> | ۳۲۱/۷۵ <sup>a</sup> | ۲۶۵/۸۱ <sup>ab</sup> | ۱۲۷/۵۱ <sup>a</sup>  | ۷۱۲/۸۰ <sup>a</sup> | -                    | ۰/۶۶ <sup>a</sup> | ۰/۷۸ <sup>ab</sup> | ۰/۴۸ <sup>a</sup> | ۱/۵۱ <sup>a</sup> |
| گیلان           | ۱۲۳۱/۷۰ <sup>abc</sup>  | ۱۸۴۰/۲۰ <sup>a</sup> | ۷۳۳/۲۲ <sup>abc</sup> | ۵۹۶/۹۱ <sup>a</sup> | ۴۵۲/۵۵ <sup>a</sup> | ۳۲۷/۰۴ <sup>a</sup> | ۲۶۴/۸۹ <sup>ab</sup> | ۱۳۸/۴ <sup>ab</sup>  | ۷۳۶/۰۰ <sup>a</sup> | -                    | ۰/۶۷ <sup>a</sup> | ۰/۸۱ <sup>ab</sup> | ۰/۵۲ <sup>a</sup> | ۱/۴۹ <sup>a</sup> |
| گلستان          | ۱۲۳۵/۷۳ <sup>abc</sup>  | ۱۸۱۵/۱۵ <sup>a</sup> | ۷۲۴/۱۱ <sup>abc</sup> | ۵۷۵/۰۵ <sup>a</sup> | ۴۴۰/۶۹ <sup>a</sup> | ۳۲۵/۹۹ <sup>a</sup> | ۲۶۴/۹۰ <sup>ab</sup> | ۱۳۴/۲۴ <sup>ab</sup> | ۷۲۲/۷۰ <sup>a</sup> | -                    | ۰/۶۸ <sup>a</sup> | ۰/۷۹ <sup>ab</sup> | ۰/۵۱ <sup>a</sup> | ۱/۴۷ <sup>a</sup> |
| همدان           | ۱۲۱۵/۱۳ <sup>abc</sup>  | ۱۸۲۷/۹۳ <sup>a</sup> | ۷۳۱/۶۱ <sup>abc</sup> | ۵۶۰/۷۸ <sup>a</sup> | ۴۳۶/۵۹ <sup>a</sup> | ۳۱۹/۰۵ <sup>a</sup> | ۲۶۴/۸۸ <sup>ab</sup> | ۱۳۱/۶۷ <sup>ab</sup> | ۷۱۸/۲۰ <sup>a</sup> | -                    | ۰/۶۶ <sup>a</sup> | ۰/۷۷ <sup>a</sup>  | ۰/۵۰ <sup>a</sup> | ۱/۵۰ <sup>a</sup> |
| کرمان           | ۱۲۱۴/۱۳ <sup>abc</sup>  | ۱۸۱۳/۲۸ <sup>a</sup> | ۷۰۹/۱۷ <sup>a</sup>   | ۵۸۸/۹۱ <sup>a</sup> | ۴۳۵/۴۹ <sup>a</sup> | ۳۲۲/۶۲ <sup>a</sup> | ۲۶۷/۳۰ <sup>ab</sup> | ۱۳۳/۶۵ <sup>ab</sup> | ۷۱۹/۸۴ <sup>a</sup> | -                    | ۰/۶۷ <sup>a</sup> | ۰/۸۳ <sup>ab</sup> | ۰/۵۰ <sup>a</sup> | ۱/۴۹ <sup>a</sup> |
| کرمانشاه        | ۱۲۰۶/۵۶ <sup>a</sup>    | ۱۸۱۲/۹۴ <sup>a</sup> | ۷۲۰/۸۴ <sup>abc</sup> | ۵۶۹/۸۷ <sup>a</sup> | ۴۳۱/۸۹ <sup>a</sup> | ۳۱۶/۴۳ <sup>a</sup> | ۲۶۵/۴۴ <sup>ab</sup> | ۱۳۴/۰۳ <sup>ab</sup> | ۷۱۶/۱۴ <sup>a</sup> | -                    | ۰/۶۷ <sup>a</sup> | ۰/۷۹ <sup>ab</sup> | ۰/۵۰ <sup>a</sup> | ۱/۵۰ <sup>a</sup> |
| لرستان          | ۱۲۱۴/۹۲ <sup>abc</sup>  | ۱۷۸۶/۳۳ <sup>a</sup> | ۷۳۰/۱۳ <sup>abc</sup> | ۵۷۳/۷۱ <sup>a</sup> | ۴۳۶/۵۹ <sup>a</sup> | ۳۱۲/۳۵ <sup>a</sup> | ۲۵۸/۵۹ <sup>a</sup>  | ۱۳۲/۸۶ <sup>ab</sup> | ۷۱۱/۲۲ <sup>a</sup> | -                    | ۰/۶۸ <sup>a</sup> | ۰/۷۹ <sup>ab</sup> | ۰/۵۱ <sup>a</sup> | ۱/۴۷ <sup>a</sup> |
| مازندران        | ۱۲۲۰/۲۳ <sup>abc</sup>  | ۱۸۲۸/۴۱ <sup>a</sup> | ۷۳۲/۶۰ <sup>abc</sup> | ۵۶۱/۴۱ <sup>a</sup> | ۴۴۵/۰۹ <sup>a</sup> | ۳۲۲/۱۶ <sup>a</sup> | ۲۶۸/۶۵ <sup>ab</sup> | ۱۳۴/۰۶ <sup>ab</sup> | ۷۳۰/۹۵ <sup>a</sup> | -                    | ۰/۶۷ <sup>a</sup> | ۰/۷۷ <sup>a</sup>  | ۰/۵۰ <sup>a</sup> | ۱/۵۰ <sup>a</sup> |
| سیستان          | ۱۲۳۳/۶۳ <sup>abc</sup>  | ۱۸۳۳/۰۵ <sup>a</sup> | ۷۳۳/۲۲ <sup>abc</sup> | ۵۸۱/۶۳ <sup>a</sup> | ۴۵۹/۶۱ <sup>a</sup> | ۳۲۷/۲۰ <sup>a</sup> | ۲۶۹/۵۳ <sup>ab</sup> | ۱۳۶/۰۰ <sup>ab</sup> | ۷۴۸/۶۹ <sup>a</sup> | ۲۰۶/۶۲ <sup>bc</sup> | ۰/۶۷ <sup>a</sup> | ۰/۷۹ <sup>ab</sup> | ۰/۵۰ <sup>a</sup> | ۱/۴۹ <sup>a</sup> |
| خراسان جنوبی    | ۱۲۲۱/۰۶ <sup>abc</sup>  | ۱۸۵۴/۷۰ <sup>a</sup> | ۷۲۶/۹۴ <sup>abc</sup> | ۵۶۱/۸۳ <sup>a</sup> | ۴۳۲/۵۱ <sup>a</sup> | ۳۲۳/۹۸ <sup>a</sup> | ۲۷۶/۲۱ <sup>b</sup>  | ۱۳۹/۵۹ <sup>ab</sup> | ۷۱۱/۰۷ <sup>a</sup> | -                    | ۰/۶۶ <sup>a</sup> | ۰/۷۷ <sup>ab</sup> | ۰/۵۱ <sup>a</sup> | ۱/۵۲ <sup>a</sup> |
| آذربایجان غربی  | ۱۲۲۷/۱۹ <sup>abc</sup>  | ۱۸۱۵/۰۰ <sup>a</sup> | ۷۱۷/۷۵ <sup>ab</sup>  | ۵۷۶/۱۸ <sup>a</sup> | ۴۴۵/۵۰ <sup>a</sup> | ۳۱۶/۸۰ <sup>a</sup> | ۲۶۷/۳۰ <sup>ab</sup> | ۱۴۰/۳۳ <sup>ab</sup> | ۷۲۲/۲۱ <sup>a</sup> | -                    | ۰/۶۸ <sup>a</sup> | ۰/۸۰ <sup>ab</sup> | ۰/۵۳ <sup>a</sup> | ۱/۴۸ <sup>a</sup> |
| یزد             | ۱۲۵۶/۸۴ <sup>bc</sup>   | ۱۸۳۸/۸۵ <sup>a</sup> | ۷۲۹/۷۷ <sup>abc</sup> | ۵۶۷/۱۳ <sup>a</sup> | ۴۳۴/۸۹ <sup>a</sup> | ۳۱۹/۶۳ <sup>a</sup> | ۲۶۶/۵۹ <sup>ab</sup> | ۱۴۷/۰۹ <sup>b</sup>  | ۷۱۰/۹۴ <sup>a</sup> | ۱۸۴/۸ <sup>a</sup>   | ۰/۶۸ <sup>a</sup> | ۰/۷۸ <sup>ab</sup> | ۰/۵۵ <sup>a</sup> | ۱/۴۶ <sup>a</sup> |
| میانگین کل      | ۱۲۲۶/۸۴                 | ۱۸۲۸/۳۶              | ۷۳۱/۰۲                | ۵۷۷/۴۷              | ۴۴۲/۵۴              | ۳۲۲/۶۸              | ۲۶۷/۷۵               | ۱۳۷/۲۹               | ۷۲۲/۹۴              | ۲۰۱/۹۵               | ۰/۶۷              | ۰/۷۹               | ۰/۵۱              | ۱/۴۹              |

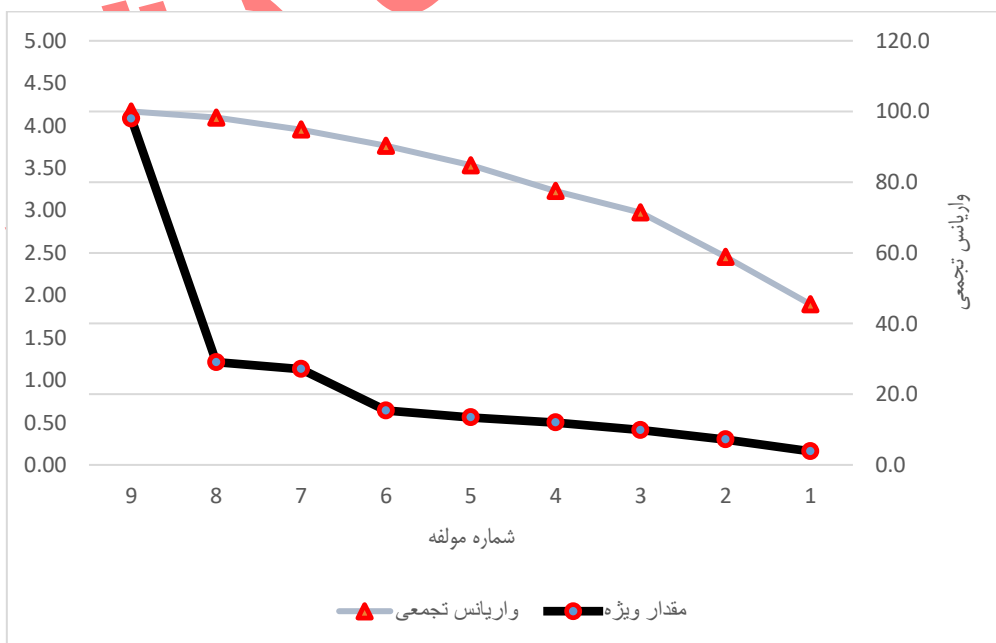
میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند.

LDS: طول صفحه پستی، WDS: عرض صفحه پستی، WGS: عرض صفحه جنسی، LGS: طول صفحه جنسی، WMS: عرض صفحه پس‌پایی، LMS: طول صفحه پس‌پایی، DMS: قطر صفحه پس‌پایی، WAS: عرض صفحه مخرجی، LAS: طول صفحه مخرجی

با توجه به ماتریس عاملی دوران یافته به روش واریماکس (جدول ۲) متغیرهای طول، قطر و عرض صفحه پس‌پایی، طول و عرض صفحه مخرجی و طول صفحه پستی بیشترین سهم از واریانس کل را توجیه می‌کنند. همچنین شکل ۴ نمودار تغییرات مقادیر ویژه را در ارتباط با عامل‌ها نشان می‌دهد. همچنین این نمودار برای تعیین تعداد بهینه مؤلفه‌ها به کار می‌رود. با توجه به اینکه سه عامل دارای مقادیر ویژه بالاتر از یک می‌باشند و بیشترین نقش را در تبیین واریانس داده‌ها دارند. این سه مؤلفه اصلی به ترتیب ۴۳/۴۵، ۴۳/۱۳ و ۵۷/۱۲ درصد از واریانس را به خود اختصاص می‌دهند و در مجموع قادرند ۷۱/۴۲ درصد از واریانس کل را تبیین نمایند. نمودار تغییرات مقادیر ویژه نشان می‌دهد که از عامل سوم به بعد تغییرات مقادیر ویژه کم می‌شود و بنابراین می‌توان مجموع مؤلفه‌ها را به سه مؤلفه یاد شده خلاصه نمود (شکل ۳).

جدول ۲. ماتریس دورانی واریماکس مؤلفه‌های منتخب و میزان تأثیر فاکتورهای اندازه‌گیری شده در تغییرات

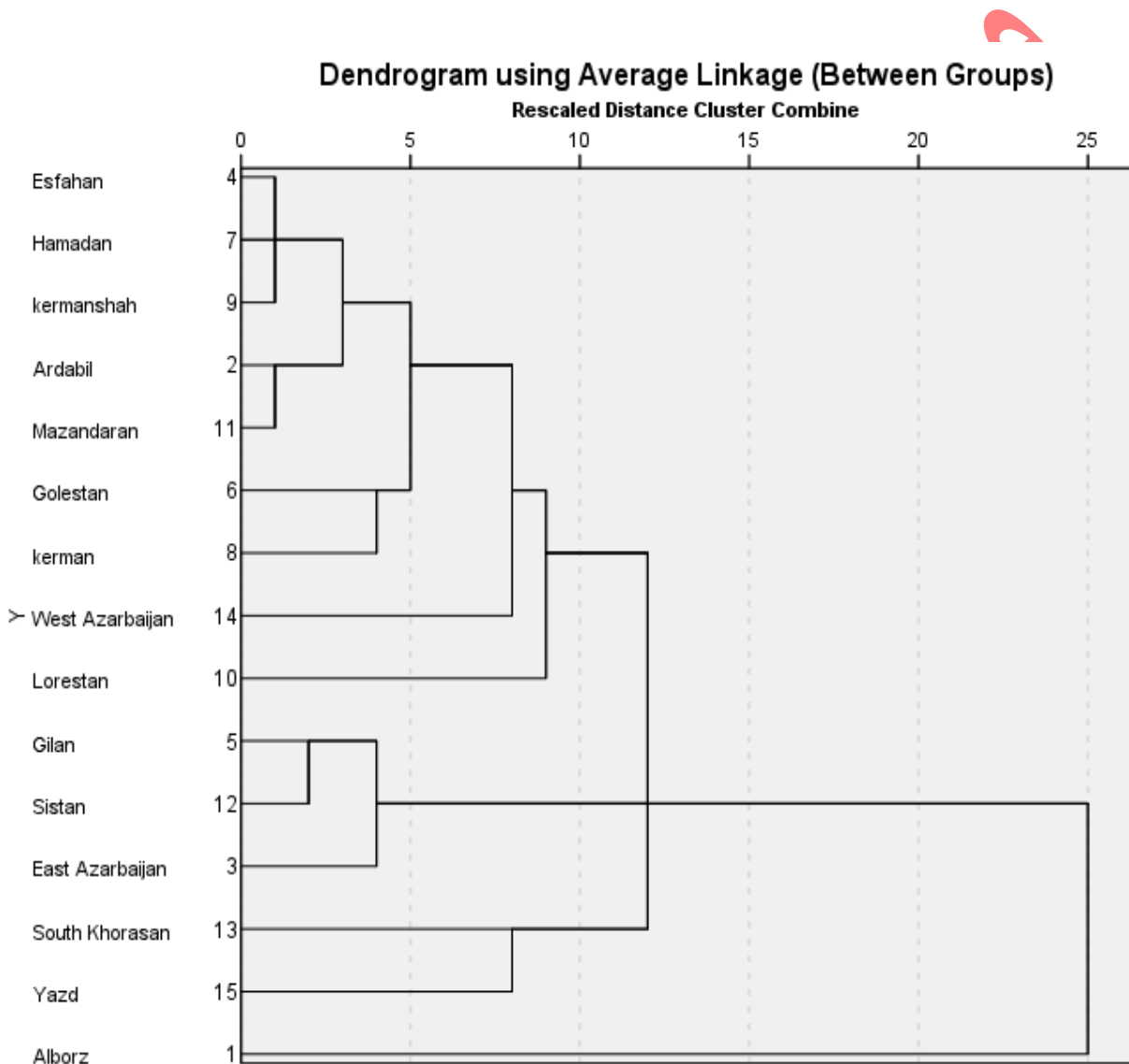
| متغیر | مؤلفه ۱ | مؤلفه ۲ | مؤلفه ۳ |
|-------|---------|---------|---------|
| LDS   | ۰/۳۹۴   | ۰/۷۰۷   | ۰/۳۱۶   |
| WDS   | ۰/۴۱۳   | ۰/۳۹۵   | ۰/۶۳۸   |
| WGS   | ۰/۴۴۵   | ۰/۱۵۱   | ۰/۵۹۴   |
| LGS   | ۰/۴۵۹   | ۰/۶۴۳   | -۰/۱۱۶  |
| WMS   | ۰/۸۶۷   | ۰/۱۷۷   | ۰/۰۲۶   |
| LMS   | ۰/۶۹۶   | ۰/۳۰۴   | ۰/۱۴۹   |
| WAS   | -۰/۰۵۱  | ۰/۰۰۷   | ۰/۸۷۱   |
| LAS   | -۰/۰۴۰  | ۰/۸۷۷   | ۰/۱۴۵   |
| DMS   | ۰/۸۵۲   | ۰/۰۲۵   | ۰/۲۵۵   |



شکل ۳. نمودار مقادیر ویژه و واریانس تجمعی مؤلفه‌های اصلی



نتایج تحلیل خوشه‌ای نشان داد که به جز جمعیت استان البرز سایر جمعیت‌های مورد مطالعه در یک گروه مورفوتایپی قرار می‌گیرند. خصوصیات ریخت‌شناسی مورفوتایپ‌های مختلف با آنالیز تابع تشخیص مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به معنی‌داری ضریب همبستگی کانونی تابع تشخیص برآزش یافته قادر به تفکیک گروه‌ها از یکدیگر است ( $Wilks' \Lambda = 0.783$ ,  $P < 0.0001$ ). تابع کانونی برآزش یافته توانایی تبیین ۱۰۰ درصد واریانس متغیرهای مستقل را داشت. با توجه به ضرایب استاندارد شده رگرسیونی برای هر کمیت در تابع کانونی برآزش شده صفات LDS، LAS و WMS تأثیرگذارترین مؤلفه‌ها در تابع یاد شده بودند. همچنین جدول ۳ نشان می‌دهد که نتایج تجزیه واریانس چندمتغیره بین دو مورفوتایپ شناسایی شده تنها در دو صفت طول صفحه پشتی و طول صفحه مخرجی دارای اختلاف معنی‌دار آماری هستند ( $P < 0.001$ ).



شکل ۴. نمودار دندوگرام فواصل بین جمعیت‌های مورد مطالعه

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس چندمتغیره موفوتایپ‌های شناسایی شده

| موفوتایپ   | LDS                  | WDS                  | WGS                 | LGS                 | WMS                 | LMS                 | WAS                 | LAS                 | DMS                 | Ratio1            |
|------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| موفوتایپ A | ۱۲۶۴/۰۳ <sup>a</sup> | ۱۸۶۹/۵۱ <sup>a</sup> | ۷۳۵/۴۳ <sup>a</sup> | ۵۸۹/۷۶ <sup>a</sup> | ۴۵۹/۶۴ <sup>a</sup> | ۳۳۲/۳۶ <sup>a</sup> | ۲۷۲/۲۵ <sup>a</sup> | ۱۴۸/۵۰ <sup>a</sup> | ۷۱۸/۴۶ <sup>a</sup> | ۱/۴۸ <sup>a</sup> |
| موفوتایپ B | ۱۲۲۴/۹۳ <sup>b</sup> | ۱۸۲۶/۲۴ <sup>a</sup> | ۷۳۰/۸ <sup>a</sup>  | ۵۷۶/۸۴ <sup>a</sup> | ۴۴۱/۶۶ <sup>a</sup> | ۳۲۲/۶۸ <sup>a</sup> | ۲۶۷/۵۱ <sup>a</sup> | ۱۳۶/۷۱ <sup>b</sup> | ۷۲۳/۱۷ <sup>a</sup> | ۱/۴۹ <sup>a</sup> |

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند

## بحث

واروآ دستراکتور به عنوان انگل خارجی زنبورعسل یک مشکل جهانی است و وابستگی چرخه زندگی آن به سلول‌های نوزادی سبب می‌شود که خصوصیات مورفولوژیکی و ژنتیکی آن تحت تأثیر فاکتورهای اقلیمی، سبک‌های زنبورداری و شرایط داخلی کندو به عنوان یک زیر اقلیم قرار گیرد (Reyes-Quintana et al., 2023; Seeley, 2017; Farjamfar et al., 2018). در پنج دهه گذشته از مطالعات مورفومتریک مبتنی بر تجزیه و تحلیل چندمتغیره برای درک بهتر زیست‌شناسی، سیستماتیک و تنوع جغرافیایی گونه‌های جنس آپیس و انگل‌های آن استفاده شده است (Abou-Shaara and Tabikha, 2017; Martínez et al., 2017; Maggi et al., 2009).

یکی از فاکتورهای فورمولوژیک مورد استفاده جهت تعیین نوع گونه کنه واروآ نسبت عرض صفحه پشتی به طول صفحه پشتی می‌باشد. بر این اساس اگر این نسبت بزرگتر از ۱/۴ حاصل شود انگل متعلق به گونه‌ی واروآ دستراکتور خواهد بود (Dietemann et al., 2013). بر اساس نتایج مطالعه حاضر میانگین عرض و طول بدن به ترتیب  $52/28 \pm 1828/36$  و  $28/86 \pm 1226/84$  میکرومتر بدست آمد. بنابراین نسبت عرض به طول بدن در مطالعه حاضر ۱,۴۹ بدست آمد که ضمن تاییدی بر شکل بیضی گون خاص واروآ دستراکتور، نشان می‌دهد جمعیت‌های مورد مطالعه متعلق به گونه واروآ دستراکتور می‌باشند (جدول ۱). Anderson and Trueman (2000) گزارش کردند که هیچ ویژگی مورفولوژیکی واروآ دستراکتور به جز اندازه بدن، کنه‌های متعلق به یکی از دو گروه ژنتیکی ژاپنی و کره‌ای را تشخیص نمی‌دهد. آنها میانگین عرض بدن  $41/2 \pm 1708/9$  و طول بدن  $26/8 \pm 1167/3$  میکرومتر در جمعیت‌های مورد مطالعه در آسیا (نسبت عرض به طول صفحه پشتی: ۱,۴۶) را متعلق به گونه واروآ دستراکتور گزارش کردند که کوچکتر از یافته‌های مطالعه حاضر بود. یکی از مواردی که می‌تواند بر اندازه کنه‌ها اثرگذار باشد فشار انتخاب بر اثر مصرف کنه‌کش‌ها می‌باشد. در این خصوص مطالعات مختلف نشان می‌دهد که مورفوتیپ‌های یافت شده می‌تواند نتیجه فشارهای انتخابی ناشی از شدت‌های مختلف استفاده از کنه‌کش‌ها در هر منطقه جغرافیایی باشد (Maggi et al., 2012; Loeza-Concha et al., 2018). به طور کلی انتظار می‌رود کنه‌هایی که اندازه بدن بزرگتری دارند (طول و عرض صفحه پشتی بزرگتر) به دلیل ابعاد بزرگ بدن نسبت به کنه‌کش‌ها تحمل پذیری بیشتری داشته باشند. Maggi et al. (2012) نشان دادند که بین ابعاد بدن و مقاومت به کنه‌کش‌ها ارتباط مثبتی وجود دارد. نتایج پایش‌های میدانی مطالعه حاضر نشان داد که در ایران بیش از ۴۵ مورد کنه‌کش در دو گروه ارگانیک و سنتتیک جهت کنترل کنه واروآ مورد استفاده قرار می‌گیرد که بر اساس اعلام از سازمان دامپزشکی کشور از این تعداد تنها ۳۶ درصد مجاز و دارای گواهینامه‌های معتبر بودند. با توجه اینکه ۴۹ درصد از این داروها، سنتتیک هستند (بر پایه موارد موثره فلووالینات، فلومتین، آمیتراز و کومافوس) استفاده مدام از آنها می‌تواند ضمن تغییرات مورفولوژیکی در انگل احتمال بروز مقاومت به داروها را نیز به همراه داشته باشد. در همین ارتباط طی مطالعه‌ای در مکزیک شکل پذیری مورفومتریک کنه واروآ پس از استفاده از تیمول به عنوان کنه‌کش مشاهده شد (Maggi et al., 2011; Loeza-Concha et al., 2018).

با توجه به نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی متغیرهای طول، قطر و عرض صفحه پس‌پایی، طول و عرض صفحه مخرجی و طول صفحه پشتی بیشترین تغییرات بین جمعیت‌ها را توجیه می‌کنند. همچنین مطابق شکل ۴ با توجه به اینکه سه عامل دارای مقادیر ویژه‌ی بالاتر از یک می‌باشند و قادرند در مجموع ۷۱/۴۲ درصد از واریانس کل را تبیین نمایند. Farjamfar et al. (2018) با مطالعه صفات مورفولوژیک ۱۴۵ کنه ماده بالغ بیان داشتند که متغیرهای عرض صفحه پشتی و نسبت طول به عرض صفحه

جنسی بیشترین تغییرات بین جمعیت‌ها را توجیه می‌نمایند. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات WGS, LC, LDS, WAS, LAS و نسبت طول صفحه جنسی به عرض آن بین مناطق جغرافیایی مختلف اختلاف معنی‌دار آماری دارند ( $P < 0.001$ ). بیشترین و کمترین مقدار نسبت یاد شده به ترتیب متعلق به جمعیت کرمان (۰/۸۳) و همدان (۰/۷۷) بود. تفاوت در نتایج مطالعه حاضر با سایر محققین را می‌توان به تفاوت در شیوه نمونه‌گیری، جمعیت‌های مورد مطالعه، فصل بررسی، شیوه اندازه‌گیری و الگوریتم‌های مورد استفاده در آنالیز مرتبط دانست.

نتایج تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی با روش UPGMA و اقلیدسی نشان داد که به جز جمعیت طالقان (استان البرز) سایر جمعیت‌های مورد مطالعه (۱۴ منطقه جغرافیایی دیگر) در یک گروه مورفوتایپی قرار گرفتند. عدم وجود موفوتایپ‌های متعدد در ایران را می‌توان تا حدی زیادی به ماهیت صنعت زنبورداری ایران مرتبط دانست. در ایران بیش از ۱۱ میلیون کلنی در قالب حدود ۹۲۰۰۰ زنبورستان وجود دارد که بخش قابل توجهی از آن کوچ‌رو می‌باشند (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی). در ایران کوچ‌های بین اکوزونی را می‌توان به دو دسته کلی کوچ قشلاق و کوچ بیلاق بین اکوزونی تقسیم نمود. کوچ قشلاق عمدتاً در فصل پاییز و زمستان به مقصد اکوزون هیرکانی (اکثر مناطق استان‌های گلستان، مازندران و گیلان) و دشت‌های گرمسیری (استان بوشهر، هرمزگان و بخش‌های جنوبی استان‌های فارس، کرمان و خوزستان) صورت می‌گیرد و هدف آن بازسازی و تقویت کلنی، تکثیر کلنی، کاهش تلفات زمستان‌گذرانی و بهره‌مندی از گیاهان شهدزا و گرده‌زای این مناطق می‌باشد. کوچ بیلاق بین اکوزونی عمدتاً به منظور بهره‌مندی از گیاهان شهدزا و گرده‌زا در طی فصل بهار و تابستان صورت می‌پذیرد. در این بین کوچ تجمیعی، عدم تناسب تراکم کلنی با ظرفیت‌های مرتع، تراکم بیش از حد کلنی‌ها و عدم رعایت الگوهای استقرار می‌تواند سبب اختلاط جمعیت‌های واروآ به دلیل فعالیت چراگری، پدیده غارت و دریافت زنبورهای عسل به کلنی‌های مجاور در یک زنبورستان و کلنی‌های زنبورستان‌های مجاور شوند (Jack and Ellis, 2021). این موارد می‌تواند به طور غیرمستقیم درجه بالای همپوشانی و همگن بودن جمعیت‌های مورد مطالعه را تبیین نمایند.

(Farjamfar et al., 2018) با اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک در ۲۷ جمعیت واروآ دستراکتور ایران و دو جمعیت اروپایی نشان دادند که اختلاف معنی‌دار آماری به لحاظ صفات اندازه‌گیری شده مورفولوژیکی بین جمعیت‌های ایرانی و اروپایی وجود نداشت. با این وجود نتایج بررسی این محققین نشان داد که جمعیت رودسر به عنوان یک موفوتایپ متفاوت از سایر جمعیت‌ها می‌باشد. این محققین تفاوت‌های قابل توجه بین جمعیت‌های مورد مطالعه را به وجود شرایط متفاوتی چون زمان نمونه‌برداری، عرض جغرافیایی، ارتفاع، رطوبت، دما، اکوتیپ زنبورعسل، افزایش فاصله جغرافیایی بین جمعیت‌ها و فاصله گرفتن آنها از ورودی اولیه آفت در غرب کشور و وجود موانع بیولوژیک (محصور بودن بین دریا و رشته کوه‌های البرز) که باعث کاهش جریان ژن‌ها بین جمعیت‌ها شده است و شرایط مدیریتی حاکم بر کندو مرتبط دانستند. با توجه به ماهیت کوچ‌رو بودن صنعت زنبورداری ایران و الگوهای کوچ اشاره شده در بالا به نظر می‌رسد عوامل فاصله جغرافیایی بین جمعیت‌ها و فاصله گرفتن آنها از ورودی اولیه آفت و موانع بیولوژیک نمی‌تواند سهم زیادی از تفاوت در اندازه‌کنه‌ها را در جمعیت‌های مختلف توجیه نمایند. جدا شدن جمعیت طالقان به عنوان یک موفوتایپ جداگانه می‌تواند تحت تأثیر فاکتورهای اقلیمی، فشار ناشی از کنه‌کش‌های مورد استفاده در این منطقه، نوع اکوتیپ میزبان و اریبی ناشی از انتخاب باشد. بر اساس داده‌های هواشناسی در ماه نمونه‌گیری (خرداد ماه) دمای هوا در طالقان ۱۴ درجه سانتی‌گراد بود که نسبت به سایر مناطق جغرافیایی پایین‌تر بود. همچنین بر اساس مفهوم تئوری فنوتیپ توسعه یافته مورفوتیپ‌های مشاهده شده برای واروآ دستراکتور محصول برهمکنش بین ژنوتیپ‌های انگل و میزبان می‌باشند. بدین معنا که ویژگی‌های اپیدمیولوژیک توسط تعامل بین هر دو جز کنترل می‌شوند. با توجه به وجود ژنوتیپ‌های مختلف آپیس ملیفرا در ایران مورفوتیپ‌های مشاهده شده در این مطالعه می‌تواند بیانگر تعامل بین ژنوتیپ‌های مختلف انگل و میزبان در منطقه طالقان باشد (Loeza-Concha et al., 2018). تفاوت در نتایج تحقیق حاضر و نتایج مطالعه (Farjamfar et al., 2018) تا حد زیادی می‌تواند مربوط به فصل نمونه‌گیری، الگوریتم‌ها و روش‌های متفاوت آنالیز باشد.

(Düttmann et al., 2021) با مطالعه خصوصیات مورفولوژیکی چندین جمعیت کنه واروآ در مناطق مختلف جغرافیایی نیکاراگوئه بیان داشتند که اگرچه تفاوت معنی‌دار آماری بین مناطق جغرافیایی مختلف وجود نداشت، با این وجود تنوع بالایی از نظر وجود مورفوتیپ‌های مختلف در همه مناطق مشاهده شد. این محققین توضیح احتمالی برای توزیع گسترده مورفوتیپ‌های

مختلف کنه واروآ در نیکاراگوئه را به کوچ‌های سالانه بین مناطق مختلف آب و هوایی مرتبط دانستند. با توجه به تفاوت در گلدهی درختان و گیاهان مهم برای زنبورداری در مناطق مختلف، زنبورداران اقدام به کوچ جهت بهره‌مندی از ظرفیت گلدهی مناطق مختلف می‌کنند که منجر به تماس بین کلنی‌های زنبور از مناطق مختلف و این امر سبب شارش ژن بین جمعیت‌ها می‌شود. (Yevstafieva et al. (2020) با بررسی ۲۴۰ کنه بالغ ماده نمونه‌گیری شده در دو فصل زمستان و تابستان نشان دادند که تنوع مورفولوژیکی معنی‌داری بین واروآ دستراکتور یک زنبورستان در فصول مختلف وجود دارد. به طور کلی کنه‌های تابستانی دارای اندازه کوچک، صفحه تناسلی بزرگتر، پاهای کوتاه‌تر بودند و در مقابل کنه‌های زمستانی بزرگ‌تر، کشیده‌تر، با صفحه تناسلی کوچک‌تر و پاهای بلندتر بودند. با توجه به اینکه واروآ دستراکتور در طول تابستان جهت تولید مثل وابسته به سلول‌های نوزادی می‌باشد و در طول زمستان روی بدن زنبورهای بالغ زمستان‌گذران و در فاز انتشار می‌باشد لذا ویژگی‌های اشاره شده در تابستان جهت سازگاری بیشتر انگل جهت ساکن شدن در سلول‌های نوزادی و ویژگی‌های زمستانه جهت زنده‌مانی در فاز انتشار در طول زمستان می‌باشد (Adjlane et al., 2015; Yevstafieva et al., 2020).

(Akimov et al. (2004) نیز شکل‌پذیری مورفولوژیکی گسترده‌ای را در کنه‌های نر و ماده واروآ دستراکتور در یک جمعیت یکسان ثبت کردند و این شکل‌پذیری را به فصول مختلف تولید مثل زنبورعسل ربط دادند. با توجه به اینکه انجام نمونه‌برداری در تحقیق حاضر در تابستان رخ داد آثار فصلی نمی‌تواند عامل تأثیرگذار بر تنوع مورفولوژیکی جمعیت‌های مورد مطالعه باشد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مورفوتیپ‌های مشاهده شده در این مطالعه می‌تواند محصول پاسخ تکاملی انگل به متغیرهای اقلیمی هر منطقه (شامل ارتفاع، دما، رطوبت) و شرایط مدیریتی حاکم بر کلنی (نظیر فشار انتخاب ناشی از کنه‌کش‌ها، سوبیه میزبان و ذخایر بدنی و بیولوژی آن) به عنوان یک زیر اقلیم باشد. شرایط یاد شده اگر ادامه دار باشند می‌توانند منجر به شکل‌پذیری فنوتیپی و تغییر در ساختار ژنی جمعیت انگل شود. در حقیقت از دریچه فرگشت، همزیستی انگل - میزبان در مورد کنه واروآ و زنبورعسل هنوز یک همزیستی جوان است زیرا از زمان اولین آلودگی زنبورعسل غربی توسط واروآ دستراکتور، حدود ۶ دهه می‌گذرد و از زمان ورود انگل به ایران حدود ۴ دهه طی شده است. از این نظر، ماهیت کوچ‌رو بودن صنعت زنبورداری ایران و عمر جوان همزیستی انگل با میزبان در ایران را می‌توان دلیل وجود مورفوتیپ‌های محدود کنه در ایران دانست. مطالعه حاضر تأیید کرد که بر اساس مطالعه مورفولوژیکی گونه واروآ دستراکتور کلنی‌های زنبورعسل در ایران را آلوده می‌کند. فهرستی از برخی خصوصیات مورفولوژیکی این انگل برای امکان مقایسه بیشتر در مطالعات آینده ارائه شد. با توجه به اینکه نقشه مورفومتری را می‌توان به عنوان روشی موثر برای اندازه‌گیری همبستگی بین ریخت‌شناسی و موقعیت‌های جغرافیایی دانست، پیشنهاد می‌گردد ضمن یک مطالعه گسترده‌تر نقشه مورفومتری یاد شده برای تمامی مناطق جغرافیایی ایران مشخص گردد. همچنین با توجه به اهمیت مطالعات ژنتیکی در بررسی تنوع ژنتیکی گونه‌های مختلف این انگل، پیشنهاد می‌گردد استفاده از مارکرهای میتوکندریایی و هسته‌ای در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد. از طرفی با توجه به وجود اکوتیپ‌های مختلف آپیس ملیفرا در ایران و اینکه مورفوتیپ‌ها نتیجه همبستگی‌های مورفومتریکی بین جمعیت‌های همزیست واروآ دستراکتور و آپیس ملیفرا هستند، پیشنهاد می‌گردد این رابطه در مطالعات آینده مورد بررسی قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌گردد به جهت تعدد مصرف کنه‌کش‌های سنتتیک در ایران و گزارش‌های متعدد از عدم اثربخشی مناسب این داروها در مناطق مختلف کشور، احتمال بروز مقاومت دارویی در کنه واروآ دور از انتظار نیست لذا پیشنهاد می‌شود در قالب یک طرح ملی احتمال بروز مقاومت دارویی و ارتباط بین مصرف کنه‌کش‌ها و مورفولوژی واروآ مورد بررسی قرار گیرد.

رفاهی، محمد و علیپور، محمد جواد (۱۳۹۷). گیاهان ارزشمند در زنبورداری ایران. چاپ اول. ویراست اول. مشهد: مؤسسه انتشارات ضریح آفتاب.

## References

- Abou-Shaara, H. F., & Tabikha, R. M. (2017). Morphological characterization and a morphometry map for Varroa mites from northwest of Egypt. *Cercetări Agronomice în Moldova*. Vol. XLIX, No. 4 (168), 75-84.
- Akimov, I. A., Benedyk, S. V., & Zaloznaya, L. M. (2004). Complex analysis of morphological characters of gamasid mite *Varroa destructor* (Parasitiformes, Varroidae). *Vestnik Zoologii*, 38(5), 57–66.
- Adjlane, N., Benaziza, D., & Haddad, N. (2015). Population dynamic of *Varroa destructor* in the local honey bee *Apis mellifera intermissa* in Algeria. *Bulletin of Pure and Applied Sciences*, 34, 25–37.
- Anderson, D., & Trueman, J. (2000). *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied Acarology*, 24(3), 165-189.
- Anderson DL, Fuchs S (1998) Two genetically distinct populations of *Varroa jacobsoni* with contrasting reproductive abilities on *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research* 37:69–78.
- Brodtschneider, R., A. Gray, N. Adjlane, A. Ballis, V. Brusbardis, J. D. Charrière, R. Chlebo, M. F. Coffey, B. Dahle, D. C. de Graaf, et al. 2018. Multi-country loss rates of honey bee colonies during winter 2016/2017 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research*, 57(2), 452-457.
- Davidson, G., Phelps, K., Sunderland, K. D., Pell, J. K., Ball, B. V., Shaw, K. E., & Chandler, D. (2003). Study of temperature–growth interactions of entomopathogenic fungi with potential for control of *Varroa destructor* (Acari: Mesostigmata) using a nonlinear model of poikilotherm development. *Journal of Applied Microbiology*, 94(5), 816-825.
- Dietemann, V., Francesco Nazzi, Stephen J Martin, Denis L Anderson, Barbara Locke, Keith S Delaplane, Quentin Wauquiez, Cindy Tannahill, Eva Frey, Bettina Ziegelmann, Peter Rosenkranz & James D Ellis (2013) Standard methods for varroa research, *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1-54.
- Düttmann, C., Flores, B., Sheleby-Elías, J., Castillo, G., Osejo, H., Bermudez, S., & Demedio, J. (2021). Morphotype and haplotype identification of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), and its importance for apiculture in Nicaragua. *Experimental and Applied Acarology*, 83, 527-544.
- Farjamfar, M., Saboori, A., Nozari, J., & Hosseininaveh, V. (2018). Morphometric analysis in different geographical populations of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) associated with *Apis mellifera* colonies in Iran. *Systematic and Applied Acarology*, 23(10), 1915–1930.
- Genersch, E., Von Der Ohe, W., Kaatz, H., Schroeder, A., Otten, C., Büchler, R., Berg, S., Ritter, W., Muhlen, W., Gisder, S., Meixner M., Liebing, G., & Rosenkranz, P. (2010). The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie*, 41(3), 332-352.
- Giacobino, A., Cagnolo, N. B., Merke, J., Orellano, E., Bertozzi, E., Masciangelo, G., & Signorini, M. (2014). Risk factors associated with the presence of *Varroa destructor* in honey bee colonies from east-central Argentina. *Preventive Veterinary Medicine*, 115(3), 280-87.
- Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Bugeja Douglas, A., & Brodtschneider, R. (2023). Honey bee colony loss rates in 37 countries using the COLOSS survey for winter 2019–2020: the combined effects of operation size, migration and queen replacement. *Journal of Apicultural Research*, 62(2), 204-210.
- Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., & Brodtschneider, R. (2020). Honey bee colony winter loss rates for 35 countries participating in the COLOSS survey for winter 2018–2019, and the effects of a new queen on the risk of colony winter loss. *Journal of Apicultural Research*, 59(5), 744-751.
- Hua, T., Chantawannakul, P., Tsai, C. L., & Yeh, W. B. (2023). Genetic Profile of the Parasitic Varroan Mite *Varroa destructor* (Arachnida: Mesostigmata: Varroidae) in Taiwan: A New Taiwanese Haplotype Intermediate Between the Highly Virulent Russian and Less Virulent Japanese Types Identified in the Honey Bee Host *Apis cerana*. *Zoological Studies*, 62, 1-12.
- Hung, K. L. J., Kingston, J. M., Albrecht, M., Holway, D. A., & Kohn, J. R. (2018). The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1870), 1-8.
- Jack, C. J., & Ellis, J. D. (2021). Integrated pest management control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), the most damaging pest of (*Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae)) colonies. *Journal of Insect Science*, 21(5), 1-32.
- Loeza-Concha H, Dominguez-Rebolledo A, Escalera-Valente F et al (2018) Morphometric identification of *Varroa destructor* and its plasticity by the exposure to thymol. *Abanico Vet* 8, 98–107.
- Maggi, M., Medici, S., Quintana, S., Ruffinengo, S., Marcángeli, J., Gimenez Martinez, P., & Eguaras, M. (2012). Genetic structure of *Varroa destructor* populations infesting *Apis mellifera* colonies in Argentina. *Experimental and Applied Acarology*, 56, 309-318.



- Maggi, M., Peralta, L., Ruffinengo, S., Fuselli, S., & Eguaras, M. (2012). Body size variability of *Varroa destructor* and its role in acaricide tolerance. *Parasitology research*, *110*, 2333-2340.
- Maggi, M. D., Ruffinengo, S. R., Mendoza, Y., Ojeda, P., Ramallo, G., Floris, I., & Eguaras, M. J. (2011). Susceptibility of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) to synthetic acaricides in Uruguay: *Varroa mites'* potential to develop acaricide resistance. *Parasitology research*, *108*, 815-821.
- Maggi, M. D., Sardella, N. H., Ruffinengo, S. R., & Eguaras, M. J. (2009). Morphotypes of *Varroa destructor* collected in *Apis mellifera* colonies from different geographic locations of Argentina. *Parasitology research*, *105*, 1629-1636.
- Giménez Martínez, P., Mendoza, Y., Invenizzi, C., Fuselli, S., Alonso Salces, R., Fernández Iriarte, P., & Maggi, M. (2017). Morphometric correlation between *Apis mellifera* morphotypes (Hymenoptera) and *Varroa destructor* (Acari) from Uruguay. *Journal of Apicultural Research*, *56*(2), 122-129.
- Mukogawa, B., & Nieh, J. C. (2024). The *Varroa* paradox: infestation levels and hygienic behavior in feral scutellata-hybrid and managed *Apis mellifera* ligustica honey bees. *Scientific Reports*, *14*(1), 11-48.
- Peck, D. T., Smith, M. L., & Seeley, T. D. (2016). *Varroa destructor* mites can nimbly climb from flowers onto foraging honey bees. *PLoS one*, *11*(12), 4-12.
- Plettner, E., Eliash, N., Singh, N. K., Pinnelli, G. R., & Soroker, V. (2017). The chemical ecology of host-parasite interaction as a target of *Varroa destructor* control agents. *Apidologie*, *48*(1), 78-92.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, *25*(6), 345-353.
- Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., & vanEngelsdorp, D. (2019). *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *116*(5), 1792-1801.
- Refahi, M. & Alipour, M. J. (2017). *Bee plants of Iran*, Mashhad: Zareeh Aftab Publishing Institute. (In Persian).
- Reyes-Quintana, M., Goodwin, P. H., Correa-Benítez, A., Pelaez-Hernández, R., & Guzman-Novoa, E. (2023). Genetic variability of the honey bee mite, *Varroa destructor*, from a humid continental climatic region of Canada, and temperate and tropical climatic regions of Mexico. *Experimental and Applied Acarology*, *91*(4), 541-559.
- Rosiak, E., Madras-Majewska, B., Teper, D., Lepecka, A., & Zielinska, D. (2021). Cluster analysis classification of honey from two different climatic zones based on selected physicochemical and of microbiological parameters. *Molecules*, *26*(8), 2361-2365.
- Seeley, T. D. (2017). Life-history traits of wild honey bee colonies living in forests around Ithaca, NY, USA. *Apidologie*, *48*(6), 743-754.
- Shojaei, A., Nourian, A., Khanjani, M., & Mahmoodi, P. (2023). The first molecular characterization of Lake Sinai virus in honey bees (*Apis mellifera*) and *Varroa destructor* mites in Iran. *Journal of Apicultural Research*, *62*(5), 1176-1182.
- Shrestha, N. (2021). Factor analysis as a tool for survey analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, *9*(1), 4-11.
- Yevstafieva, V. O., Nazarenko, O. S., Melnychuk, V. V., Zaloznaya, L. M., & Sobolta, A. G. (2020). Morphological variation of *Varroa destructor* (Parasitiformes, Varroidae) in different seasons. *Biosystems Diversity*, *28*(1), 18-23.

## Extended Abstract

### Introduction

honey bee (*Apis mellifera* L.) plays an important role in the global economy through highly valued pollination services for natural ecosystems and a wide variety of agricultural crops. The prerequisite for the high efficiency of pollination and other bee services in natural ecosystems is the existence of healthy populations. But the presence of a wide range of pathogens and parasites such as pathogen agents, cultivation systems, pesticide residues, or climate change has resulted in the mortality of managed *A. mellifera* colonies in some regions during the last decades. among the pathogen agents, there is a consensus about the impact of *Varroa destructor* on the loss of honey bees due to its role as a vector of other pathogens, mostly virus. So, the aim of the present work was to study Morphological variation of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in different geographic locations of Iran

### Materials and Methods

A total of 675 adult female mites in the dispersal phase were collected from 225 different *Apis mellifera* colonies in 45 apiaries in different geographical locations of Iran. The collected samples were fixed in 96% ethanol and 143 adult *Varroa* mites were selected and mounted on permanent slides in Hoyer medium for morphometric measurements. morphological traits including Length of Dorsal Shield(LDS), Width of Dorsal Shield(WDS), Length of Anal Shield(LAS), Width of Anal Shield(WAS), Length of Metapodal Sheild(LMS), Width of Metapodal Sheild(WMS), length of genital shield(LGS), width of genital shield (WGS) and Length of chelicera(LC) were measured using light microscope. We also calculated 4 ratios of the measured traits. Statistical analysis of data was done using multivariate analysis of variance, principal components analysis, cluster analysis and Tukey's test. SPSS v25.0 was employed for statistical analysis.



## Results

The results showed that the average of LDS and WDS in the studied populations were  $1828.36 \pm 52.28$  and  $1226.84 \pm 28.86$   $\mu\text{m}$ , respectively. These averages are higher than previous studies in Iran and other countries. The average ratio of body size was 1.49, which shows that the results are consistent with the results of Anderson and Truman 2000, and all the studied populations belong to *Varva destructor*. The results of the cluster analysis showed that all populations except Alborz belong to one group, which indicates the mixing of populations and is consistent with the nomadic nature of Iran's beekeeping industry. The results of the discrimination analysis also showed that the fitted discrimination function was significant ( $P < 0.001$ ) and separated the populations from each other in 96% of cases correctly. The results of principal components analysis showed that the 14 studied traits were summarized into 3 components which can justify 71.42% of total variance. The results of multivariate analysis of variance showed that only LDS and LAS were significant between the two morphotypes ( $P < 0.001$ ). As well as, the traits of LDS, WGS, LAS and WAS had significant differences and between different geographical regions ( $P < 0.001$ ).

## Discussion and Conclusion

The morphotypes observed in this study can be the output of the evolutionary response of the parasite to the climatic variables such as altitude, temperature, humidity in each region and the management status of colonies (selection pressure caused by acaricides, host strain and body reserves and its biology). In fact, If the mentioned conditions continue, they can lead to phenotypic plasticity and changes in the genetic structure of the parasite population. As a result, nature of Iran's beekeeping industry and the young parasite-host symbiosis in Iran (about 4 decades since the first infection of Iranian honey bee colonies) can be considered as the reason for the presence of limited mite morphotypes in Iran. The present study confirmed that, based on the morphological measurements, *Varroa destructor* infects honey bee colonies in Iran. A list of some morphological characteristics of this parasite was presented for further comparison in future. considering that the morphometric map can be considered as an effective method for measuring the correlation between morphology and geographical locations, it is suggested that the morphometric map for all regions of Iran should be specified in future studies. As well as, considering the correlations between the symbiotic populations of *Varroa destructor* and *Apis mellifera* and existence of different ecotypes of *Apis mellifera* in Iran, it is suggested to investigate this relationship in future studies. Also, considering the pattern of using of synthetic acaricides in Iran and multiple reports of low efficacy of these drugs in different regions, it is suggested to evaluate the resistance of varroa mite for commonly used drugs in future studies.