

ریخت‌سنجی هندسی بال برای تعیین تنوع در جمعیت‌های زنبورعسل

(Apis mellifera meda) در شمال غرب ایرانسمیرا بوالحسنی^۱، حسن رجبی‌مهام^{۲*} و مرتضی نادری^۳^۱ ایران، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات گروه محیط‌زیست^۲ ایران، تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، گروه علوم و زیست‌فناوری جانوری^۳ ایران، اراک، دانشگاه اراک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه محیط‌زیست

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۲۸

چکیده

شناسایی و مطالعه تنوع موجود در جمعیت‌های زنبورعسل یکی از اهداف مهم در اصلاح نژاد زنبورعسل محسوب می‌شود. این پژوهش به منظور مقایسه‌ی ویژگی ریخت‌شناسی جمعیت‌های زنبورعسل ایرانی در مناطقی از شمال غرب و غرب کشور با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد. برای این منظور زنبورهای کارگر از ۱۱۱ کلنی متعلق به چهار استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و همدان نمونه‌برداری شد. از بال جلویی زنبورهای عسل به شیوه استاندارد عکس-برداری شد و روی تصاویر دوبعدی حاصل به منظور استخراج داده‌های شکل بال، با روش ریخت‌سنجی تعداد ۱۹ لندمارک تعریف و رقومی شد. داده‌های لندمارک پس از آنالیز پروکراست با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره‌ی PCA، CVA و CDA و آنالیز خوشه‌ای تحلیل گردیدند. نتایج به دست آمده نشان داد که جمعیت‌های زنبورعسل در امتداد آذربایجان شرقی به سمت آذربایجان غربی تفاوت‌های معنی‌داری را با توجه به تغییرات ایجاد شده در اقلیم و توپوگرافی نشان می‌دهند. همچنین آنالیز تحلیل خوشه‌ای نشان داد که جمعیت استان اردبیل و همدان کم‌ترین تفاوت و جمعیت استان‌های آذربایجان شرقی و غربی بیشترین تفاوت را از نظر شکل ظاهری باهم دارند.

واژه‌های کلیدی: صفات ریخت‌شناسی، تنوع زیستی، بال، زنبورعسل

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۲۹۹۰۲۷۲۵، پست الکترونیکی: h_rajabi@sbu.ac.ir

مقدمه

زیرگونه‌ها در مناطق مختلف اقلیمی به دلیل وجود شرایط مختلف اکولوژیک، خصوصیات متفاوتی را کسب می‌کنند و در واقع شرایط محیطی مختلف باعث تفاوت‌های بیولوژیک و مورفولوژیک در موجودات زنده و از جمله نژادهای زنبورعسل می‌شود (۳). حداقل ۲۹ زیرگونه براساس خصوصیات ریخت‌شناسی از این زنبورعسل شناخته شده است. این زیرگونه‌ها را به چهار گروه تقسیم‌بندی می‌کنند که درستی آن‌ها با مطالعات ریخت‌شناسی، ژنتیک، همچنین آنالیزهای اکولوژیک،

زنبورعسل اروپایی، *Apis mellifera Linnaeus 1758* در آفریقا، خاورمیانه، خاور نزدیک و اروپا پراکنده شده است. علاوه بر پراکنش وسیع، این گونه نیچ‌های اکولوژیکی متنوعی از قبیل مناطق بیابانی، جنگل‌های بارانی گرمسیری، مناطق کوهستانی و باتلاق‌ها را اشغال کرده است (۱۷). به دلیل تنوع زیاد و اهمیت، زیرگونه‌های *Apis mellifera L.* به‌طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است (۱۰). تفاوت‌های مربوط به شرایط زیستی موجودات زنده اساس به وجود آمدن نژادها یا زیرگونه‌های متفاوت می‌باشد.

دریاچه Van تا Antakya) (۱۶). محققان با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان دادند که توده‌ی زنبورعسل موجود در ایران همان زنبورعسل نژاد ایرانی (*A. m. meda*) است و از نژادهای اروپایی وارد شده به ایران فاصله‌ی زیادی دارد، واردات نژادهای بیگانه در گذشته به دلیل پایداری نژاد ایرانی و عدم واردات ملکه تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای روی آن نگذاشته و این نژاد هویت خود را از دست نداده است و حتی در سال‌های اخیر نژاد ایرانی در مقایسه با نژادهای اروپایی فاصله بیشتری گرفته و در جهت تثبیت نژادی، به خصوصیات واقعی خود نزدیک‌تر شده است (۴). برخی از محققین کلنی‌های نمونه‌برداری شده از استان اردبیل را مورد بررسی قرار دادند که گروه‌بندی جمعیت‌های استان اردبیل براساس صفات مورفولوژیک با روش تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد (WARD) چهار گروه مجزا را نشان داد؛ که براساس یافته‌های این پژوهش جدایی مورفولوژیک زنبورعسل ایرانی و نژادهای خارجی آن به اثبات رسید؛ همچنین نژادهای وارد شده به این منطقه شامل نژاد ایتالیایی و هیبرید استارلاین در گروه‌های کاملاً مجزا قرار گرفتند ولی نژاد میدنایت کاملاً از نژاد استارلاین مجزا نشد (۲). در پژوهشی دیگر کلنی‌های مربوط به استان‌های خراسان شمالی، گلستان، تهران، زنجان و آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت و در بررسی‌های آماری تک‌متغیره با انجام آزمون دانکن، تک‌تک خصوصیات ظاهری (۱۶ صفت) به‌طور مستقل بررسی شدند که نتایج نشان داد که طول خرطوم و طول پای عقبی از مؤثرترین خصوصیت متمایزکننده بین گروه‌ها است، همچنین نتایج آنالیزهایی تک‌متغیره و چندمتغیره نشان داد که بیش‌ترین میزان یک-دستی در زنبورهای منطقه خراسان‌شمالی و کم‌ترین آن مربوط به زنبورهای مناطق آذربایجان غربی بود (۱).

برای آشکارسازی تفاوت‌های ریختی، مطالعات ریخت-سنجی هندسی به دلیل انعکاس تعامل محیط و گونه اهمیت بسزایی دارد (۵). روش ریخت‌سنجی هندسی یک

رفتاری و فیزیولوژیک نیز ثابت شده است: گروه A، که شامل زیرگونه‌هایی در سراسر آفریقا است؛ گروه M، که شامل زیرگونه‌هایی از اروپایی غربی و شمالی است؛ گروه C، که شامل زیرگونه‌هایی از اروپای شرقی است؛ و گروه O، که شامل گونه‌هایی در ترکیه و خاورمیانه است (۱۶ و ۱۸). خاورمیانه و آسیا منطقه‌ای با تنوع بالای ریخت‌شناسی و تکامل برای زنبورهای عسل است و بسیاری از نژادها از این منطقه انشقاق یافته‌اند، که شامل تنوع بالایی از زیست‌گاه‌ها می‌باشد، به نظر می‌رسد که آسیای صغیر، شامل آناتولی، مرکز ژنتیکی این زیرگونه‌های زنبور باشد. نژادهای زنبورعسل در این منطقه شامل زیرگونه‌های *A. m. meda*، *A. m. caucasica*، *A. m. anatoliaca* و *A. m. syriaca* می‌باشد که توسط روتنر مورد توجه قرار گرفتند و تشکیل یک شاخه‌ی مرکزی از گونه را دادند (۱۰). نام "*Meda*" اولین بار توسط A.S Skorikov به یک زنبورعسل در اتحاد جماهیر شوروی (USSR) نزدیک مرز ایران که متفاوت از زنبورعسل زرد قفقازی (*Yellow transcaucasian bee*) بود داده شد که تنها "*tongue length*" و "*abdominal sternites*" به‌عنوان توصیف این نژاد ثبت گردید که پراکندگی آن شمال ایران، *Lencoran* واقع در دریای خزر بود (۱۶).

اولین طبقه‌بندی جامع و تعیین نحوه‌ی توزیع زنبورعسل نژاد ایرانی توسط روتنر و همکاران انجام شد؛ آنالیزهای چند متغیره بر روی داده‌های مورفومتریکی به دست آمده از ۶۳ نمونه از سرتاسر ایران و ۱۴۲ نمونه از کشورهای همسایه شامل ترکیه، عراق، سوریه، لبنان، اسرائیل، اردن و قبرس نشان داد که تا حدودی در گروه‌های مختلف تداخل و همپوشانی وجود دارد، شش جمعیت محلی به‌منظور تفکیک *A. m. meda* در نظر گرفته شد: غرب و مرکز ایران (ارتفاعات آذربایجان - ایران)، سواحل نیمه گرمسیری دریای خزر (مازندران)، شمال شرق ایران (مشهد) که به‌صورت یک گروه کاملاً مجزا در نظر گرفته شد، جنوب-شرقی ایران (کرمان)، عراق، جنوب شرقی آناتولی (از

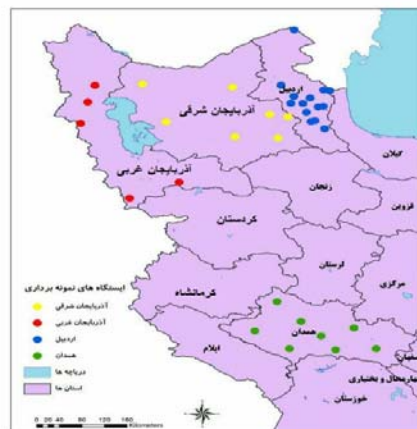
برای نمونه‌برداری از ظروف پلاستیکی دهان‌گشاد استفاده شد و زنبورهای کارگر جوان با احتیاط از داخل هر کندو و از روی شانهای زنبورعسل در داخل بطری‌های پلاستیکی قرار داده و جهت مطالعه به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس بال جلویی ۱۵۷ نمونه به‌دقت جدا شد و مدتی آن را در محلول الکل ۷۰ درصد قرار داده و سپس بال‌ها به ترتیب روی اسلایدهای دوجداره چیده شدند تا پس از تبخیر الکل به اسلایدها بچسبند. عکس‌برداری با استفاده از یک دوربین دیجیتال Casio 14MP و استریومیکروسکوپ در شرایط استاندارد انجام شد.

روش‌های آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای استخراج داده‌های شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی تعداد ۱۹ لندمارک تعیین گردید (شکل ۲). لندمارک‌ها با استفاده از نرم‌افزار TPS Dig v2.16 (۲۰) بر روی تصاویر دوبعدی قرار داده شدند و مختصات نقاط آن‌ها به‌صورت طول (x) و عرض (y) در قالب یک فایل متنی تهیه شد. ابتدا بر روی نمونه‌ها به بررسی اثر آلومتری در نرم‌افزار PAST v2.17 (۱۱) پرداخته شد. سپس برای استخراج داده‌های شکل و حذف داده‌های غیرشکل شامل اندازه، موقعیت و جهت، جایگاه لندمارک‌ها با استفاده از تحلیل پروکراست (Generalized Procrustes Analysis) روی هم‌گذاری شدند. داده‌های حاصل از شکل بال جلویی نمونه‌ها ابتدا به‌منظور نشان دادن مهم‌ترین فاکتور در تغییرات شکل بال، با استفاده از تحلیل‌های چندمتغیره تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal Component Analysis)، که در آن با توجه به واریانس صفات، برای هر یک از آن‌ها در هر مؤلفه ضریبی در نظر گرفته می‌شود و از دخالت ضرایب در اندازه‌ی صفات، نهایتاً وضعیت نژادها روی مؤلفه‌ی اول مشخص می‌شود. سپس مولفه‌های بعدی با استفاده از واریانس صفات به همان شکل و با اعمال ضرایب دیگری به‌دست می‌آید؛ ارزش نژادها در مولفه‌های مختلف، در واقع مختصات نژادهای مذکور در نمودارهایی است که با

روش مدرن نسبت به روش‌های سنتی است که در آن داده‌های لندمارک و خط سیر پیرامونی اطلاعات شکل ساختارهای زیستی را در قالب شکل استخراج می‌کند و به‌صورت گرافیکی به نمایش در می‌آورد (۲۱). علاوه بر این امکان تفسیر داده‌های این اشکال و آنالیز آماری آن‌ها به‌راحتی امکان‌پذیر است (۵). در مطالعه‌ی زنبورهای عسل آنالیز ریخت‌سنجی هندسی شکل بال دید وسیعی از صفات و شناسایی جمعیت‌ها و دودمان‌ها را فراهم می‌کند (۸، ۹، ۱۰ و ۲۰). از این‌رو با توجه به قابلیت بالای ریخت‌سنجی هندسی در جداسازی اشکال زیستی، این تحقیق باهدف مقایسه‌ی تغییرات رگبال‌های بال جلویی جمعیت‌های زنبورعسل ایرانی در مناطق مختلف با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد. در این پژوهش تلاش شده تا مشخص شود که آیا وضعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه باعث تغییر خصوصیات مورفولوژیک شده است یا خیر؟

مواد و روشها

روش نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه: در این بررسی تعداد ۱۵۷ نمونه زنبور کارگر از ۳۸ ایستگاه مختلف متعلق به استانهای آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل و همدان در سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ جمع‌آوری شد (شکل ۱، جدول ۱).

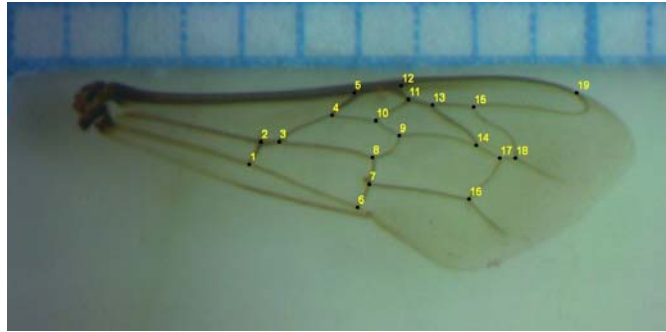


شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌ها در استان‌های مورد مطالعه

استفاده از این مؤلفه‌ها ترسیم می‌شود، با استفاده از نرم‌افزار PAST v2.17 مورد آنالیز قرار گرفت.

جدول ۱- اطلاعات ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده

شماره	استان	شهرستان	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	اردبیل	گردنه حیران	روستای حیران، مابین استان‌های اردبیل و گیلان	48° 36"	38° 24'
۲	اردبیل	نمین	روستای دودران	48° 30"	38° 24'
۳	اردبیل	هیر	روستای حصار	48° 25"	38° 4'
۴	اردبیل	هیر	روستای حصار	48° 25"	38° 4'
۵	اردبیل	هیر	شهر هیر	48° 30"	38° 4'
۶	اردبیل	نیر	شهر کوراییم	48° 14"	37° 57'
۷	اردبیل	پارس آباد مغان	شهر جعفرآباد	48° 2"	39° 38'
۸	اردبیل	اردبیل	روستای آرالو ایستگاه تحقیقات کشاورزی	48° 17"	38° 14'
۹	اردبیل	اردبیل	اطراف روستای سردابه	48° 2"	38° 16'
۱۰	اردبیل	اردبیل	روستای سردابه	48° 2"	38° 16'
۱۱	اردبیل	سرعین	روستای شایق، دامنه کوه سبلان	47° 59"	38° 8'
۱۲	اردبیل	سرعین	منطقه آلوارس، دامنه کوه سبلان	47° 59"	38° 8'
۱۳	اردبیل	سرعین	منطقه حکیم قشلاقی	48° 10"	38° 8'
۱۴	اردبیل	مشکین شهر	لاهرود، شیروان دره سی، دامنه کوه سبلان	47° 49"	38° 30'
۱۵	اردبیل	کوثر	روستای قره قشلاق	48° 18"	37° 46'
۱۶	اردبیل	کوثر	کزندق	48° 22"	37° 47'
۱۷	اردبیل	خلخال	اطراف شهر خلخال	48° 31"	37° 37'
۱۸	آذربایجان شرقی	اهر	اهر	47° 3"	38° 28'
۱۹	آذربایجان شرقی	سراب	روستای سنزیق	47° 38"	37° 54'
۲۰	آذربایجان شرقی	سراب	روستای سنزیق	47° 38"	37° 54'
۲۱	آذربایجان شرقی	هشترود	روستای علی‌آباد علیا	47° 6"	37° 27'
۲۲	آذربایجان شرقی	بستان‌آباد	روستای انباردان	47° 56"	37° 51'
۲۳	آذربایجان شرقی	آذرشهر	داخل شهر	46° 0"	37° 45'
۲۴	آذربایجان شرقی	مرند	منطقه یامچی، روستای آریاطان	45° 37"	38° 32'
۲۵	آذربایجان شرقی	میانه	روستای اریاط	47° 47"	37° 25'
۲۶	آذربایجان غربی	خوی	منطقه فوتوریولی، روستای چاوش قلی، مجاور کوه‌های	44° 52"	38° 30'
۲۷	آذربایجان غربی	سلماس	روستای هفتوان	44° 45"	38° 10'
۲۸	آذربایجان غربی	ارومیه	جاده سرو، منطقه سرو	44° 38"	37° 43'
۲۹	آذربایجان غربی	بوکان	داخل شهر بوکان	46° 12"	36° 31'
۳۰	آذربایجان غربی	سردشت	روستای عباس‌آباد	45° 25"	36° 11'
۳۱	همدان	همدان	همدان	34° 80"	48° 52'
۳۲	همدان	نهایند	دهنو	34° 38"	48° 16'
۳۳	همدان	تویسرکان	آرتیمان	34° 58"	48° 45'
۳۴	همدان	کبودرآهنگ	کبودرآهنگ	34° 38"	48° 79'
۳۵	همدان	ملایر	میشین	34° 16"	48° 93'
۳۶	همدان	رزن	حکان	35° 45"	49° 13'
۳۷	همدان	رزن	سلطان‌آباد	34° 30"	48° 90'
۳۸	همدان	فامنین	اصله	35° 15"	48° 7'



شکل ۲- نمایی از بال جلویی رقمی‌شده با ۱۹ لندمارک

جایگاه لندمارک‌های شماره‌ی ۱۵ و ۱۳ بود (شکل ۳). در تحلیل تجزیه همبستگی کانونی (CVA)، براساس فواصل Mahalanobis، با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های مختلف نشان داده شده است (شکل ۴). فواصل Mahalanobis در جدول ۲ آورده شده است. که کمترین فاصله از نظر شکل بال بین جمعیت‌های استان‌های اردبیل و همدان و بیشترین فاصله را جمعیت استان آذربایجان غربی از استان آذربایجان شرقی و پس‌از آن جمعیت استان آذربایجان غربی از استان اردبیل داشت.

همچنین با استفاده از تابع تفکیک کانونی (CDA) درصد متناسب شدن نمونه‌های استان اردبیل به گروه‌بندی پیش‌بینی‌شده ۶۵/۱ درصد، انتساب نمونه‌های استان آذربایجان غربی به گروه پیش‌بینی‌شده مربوطه ۸۸/۹ درصد، انتساب نمونه‌های استان آذربایجان شرقی به گروه پیش‌بینی‌شده خود ۸۸/۲ درصد و نهایتاً درصد متناسب شدن نمونه‌های استان همدان به گروه پیش‌بینی‌شده ۶۰/۸ درصد نشان داده شد. در مجموع، درصد صحیح انتساب افراد به گروه خودشان ۶۸/۲ درصد را نشان داد. عملکرد آزمون تفکیک کانونی (CDA)، با آزمون Wilks' Lambda ارزیابی شد که میانگین کلی از محاسبه‌ی درصد صحیح کسب‌شده در میان نمونه‌های منسوب شده به گروه پیش‌بینی‌شده خود و گروه‌های واقعی را فراهم می‌کرد. براساس نتایج به‌دست آمده، تحلیل داده‌ها با استفاده از معیار Sig ($P < 0/05$) حاکی از جدایی جمعیت‌های

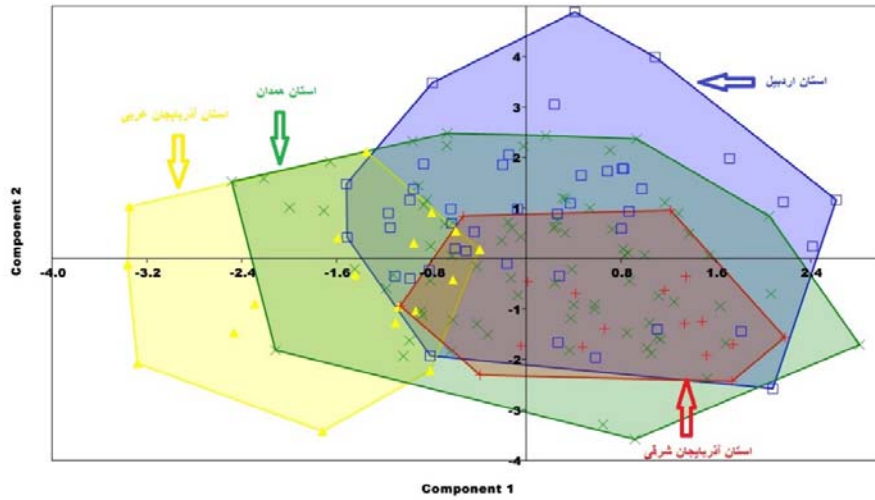
سپس آزمون تجزیه همبستگی کانونی (Canonical Variate Analysis)، به‌منظور تعیین اندازه رابطه‌ی بین دو مجموعه از متغیرها با استفاده از ضرایب افزونگی (درجه همپوشانی بین دو مجموعه متغیر) با استفاده از نرم‌افزار PAST v2.17 انجام شد، و پس‌از آن آزمون تابع تفکیک کانونی (Canonical Discriminant Analysis) که با آزمون Wilks' Lambda ارزیابی می‌شود که میانگین کلی از محاسبه‌ی درصد صحیح کسب‌شده در میان نمونه‌های منسوب شده به گروه پیش‌بینی‌شده خود و گروه‌های واقعی را فراهم می‌کند، نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS v22 (۱۴) مورد آنالیز قرار گرفت.

نتایج

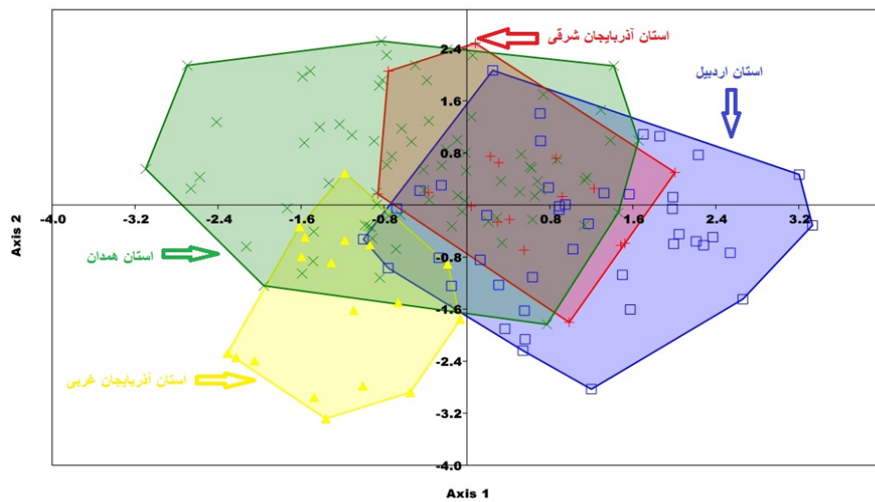
تحلیل تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، سه مؤلفه‌ی اصلی (PC) را به‌منزله‌ی مؤلفه‌های مؤثر تشخیص داد که سهم هرکدام از این مؤلفه‌ها از مقدار کل واریانس از مؤلفه‌ی اول تا مؤلفه‌ی سوم به ترتیب ۴۶/۲۰، ۳۱/۰۱ و ۲۲/۷۰ درصد بود. دو مؤلفه‌ی اصلی اول با مجموع واریانس ۷۷/۳۰ درصد بیشترین بار عاملی را به خود اختصاص داد. مقایسه‌ی ضریب Jolliffe cut-off با مقدار ۷/۱۴ و مقادیر ویژه‌ی مؤلفه‌های اصلی به ترتیب ۱۴/۱۳، ۹/۵۱ و ۶/۹۴ معنی‌داری دو مؤلفه‌ی اصلی اول و دوم را تأیید و معنی‌داری مؤلفه‌ی اصلی سوم را رد کرد. مؤلفه‌ی اصلی اول (PC_1) مربوط به تغییر جایگاه لندمارک‌های شماره ۱۹، ۱ و مؤلفه‌ی اصلی دوم (PC_2) مربوط به تغییر

تحلیل خوشه‌ای براساس سنتروئید گروه به صورت واضح نشان داد که جمعیت استان اردبیل و همدان کمترین تمایز و استان‌های آذربایجان شرقی و غربی بیشترین تمایز را باهم دارند.

استانهای آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی می‌باشد (Sig=0.034) که این جدایی نسبت به جدایی جمعیت‌های استان‌های اردبیل و آذربایجان شرقی از معنی‌داری بیشتری برخوردار است (Sig=0).



شکل ۳- نمودار تجزیه به مولفه‌های اصلی PCA شکل بال چهار جمعیت زنبور عسل ایرانی مورد مطالعه



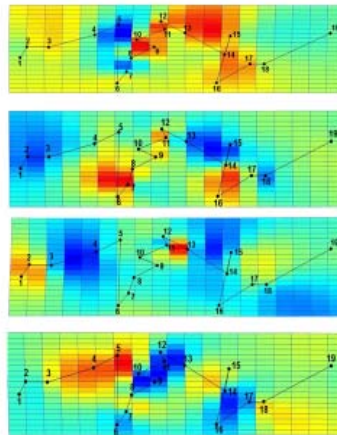
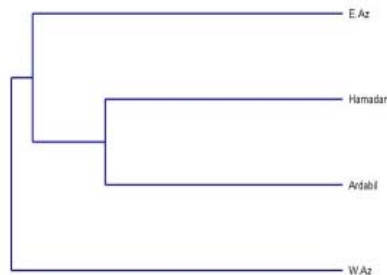
شکل ۴- نمودار CVA شکل بال چهار جمعیت زنبور عسل ایرانی مورد مطالعه

جدول ۲- فاصله‌ی Mahalanobis بین چهار جمعیت متعلق به ۴ استان مورد مطالعه

	اردبیل	آذربایجان غربی	آذربایجان شرقی	همدان
اردبیل	-	۶/۹۵	۳/۹۸	۳/۱۷
آذربایجان غربی	۶/۹۵	-	کاملاً متمایز	۵/۰۸
آذربایجان شرقی	۳/۹۸	کاملاً متمایز	-	۳/۷۱
همدان	۳/۱۷	۵/۰۸	۳/۷۱	-

غربی بیشترین تغییرات حول لندمارک شماره ۵، در استان آذربایجان شرقی بیشترین تغییرات حول لندمارک‌های شماره ۱۰، ۱۱ و ۱۳ و در استان همدان بیشترین تغییرات حول لندمارک شماره ۷ اتفاق افتاده است.

همچنین دو کلاد مجزا مشاهده شد که کلاد اول شامل جمعیت‌های استان‌های آذربایجان شرقی، استان همدان و استان اردبیل و کلاد دوم شامل جمعیت استان آذربایجان غربی بود. باتوجه به شکل ۵ در استان اردبیل بیشترین تغییرات حول لندمارک شماره ۱۳، در استان آذربایجان



شکل ۵- نمودار تحلیل خوشه‌ای مربوط به تصاویر شکل بال مربوط به هر کلاد (رنگ‌های گرم: گسترش در حول نقاط لندمارک و رنگ‌های سرد: عدم گسترش)

می‌دهد. نتایج حاصل از آزمون MANOVA/CVA جمعیت استان‌های آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی کاملاً از هم متمایز کرد و به‌طور واضح دو گروه مجزا را نشان داد. جمعیت دو استان آذربایجان غربی و اردبیل نیز هم‌پوشانی کمی داشته و جدایی بارزی را نشان داد. محدوده پراکندگی جمعیت استان آذربایجان شرقی بیشترین هم‌پوشانی را در درجه اول با استان اردبیل و در درجه دوم با استان همدان داشت. البته نتایج حاصل از آزمون CDA نیز جدایی بین جمعیت‌های استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی را تأیید نمود و نهایتاً آنالیز خوشه‌ای براساس ستروئید گروه نتایج آزمون‌های فوق را تأیید کرد و نشان داد که جمعیت استان اردبیل و همدان کم‌ترین تمایز و استان‌های آذربایجان شرقی و غربی بیشترین تمایز را از هم دارند. همچنین در تحلیل خوشه‌ای دو کلاد مجزا مشاهده شد که کلاد اول شامل جمعیت‌های استان‌های آذربایجان شرقی،

بحث

بررسی‌های ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های مورد مطالعه وجود اختلاف معنی‌داری را بین شکل بال جمعیت‌های مختلف نشان داد. نتایج تحقیق حاضر همچنین تا حدودی رابطه مستقیم بین فاصله‌ی جغرافیایی و تمایز ریختی را نشان داد. نتایج حاصل از آزمون PCA نشان داد که جمعیت استان آذربایجان غربی و استان آذربایجان شرقی هم‌پوشانی بسیار کمی با یکدیگر داشته و جدایی تقریباً بارزی را نسبت به یکدیگر نشان می‌داد. جمعیت استان آذربایجان غربی با جمعیت استان همدان هم‌پوشانی تقریباً بیشتری نسبت به هم‌پوشانی جمعیت استان آذربایجان غربی با سایر جمعیت‌ها دارد. همچنین محدوده‌ی پراکندگی جمعیت استان آذربایجان شرقی با جمعیت‌های دو استان اردبیل و همدان هم‌پوشانی بسیار بالایی دارد که عدم معنی‌دار بودن تفاوت شکلی را در این سه منطقه نشان

استان همدان و استان اردبیل و کلاد دوم شامل جمعیت استان آذربایجان غربی بود.

دو عامل، الگوهای تاریخی جمعیت‌های جدا شده و انطباق با محیط فعلی می‌تواند باعث تنوع در مورفولوژی، رفتار، زیست‌شناسی جمعیت و سایر ویژگی‌های امروزی زنبورهای عسل در مناطق جغرافیایی متعدد گردد. محققین در پژوهشی در برخی نواحی استان اردبیل علت جدایی بین دو جمعیت را عدم کوچ و علت شباهت دو جمعیت را مهاجرت دانستند (۶) با توجه به نتایج حاصل احتمال داده می‌شود که این الگوی به دست آمده به علت مسیر انتخابی کوچ زنبورهای عسل می‌باشد. زنبورهای عسل نمونه‌برداری شده از ایستگاه‌های انتخابی واقع در استان آذربایجان غربی بیشترین کوچ را به نقاط جنوبی‌تر ایران داشته و علت شباهت ریختی بیشتر آن‌ها با زنبورهای نمونه‌برداری شده از استان همدان می‌تواند در ارتباط قرار گرفتن زنبورهای عسل دو منطقه باشد. هم‌چنین زنبورهای نمونه‌برداری شده از استان آذربایجان شرقی بیشتر مسیر کوچ در داخل استان آذربایجان شرقی و بعضاً به آستارا واقع در استان گیلان و زنبورهای عسل استان اردبیل بیشتر مسیر مهاجرت به نقاط شمالی کشور و شرق استان اردبیل را داشته‌اند. امکان مهاجرت بین زنبورهای عسل استان آذربایجان غربی و شرقی به علت عوامل جغرافیایی از قبیل حضور دریاچه ارومیه و همچنین عدم تفاوت زیاد شرایط آب‌وهوایی بین دو منطقه، تقریباً کم است و این تفکیک ریختی می‌تواند نتیجه‌ی آن باشد.

ارتفاع محل زیست روی صفات مربوط به اندازه بدن مثل طول بال، اندازه زوایای بال، طول رگبال‌ها و اندازه غدد موم‌ساز تأثیر می‌گذارد، به طوری که در ارتفاعات پایین‌تر و هوای خشک و گرم اندازه صفات مذکور کاهش می‌یابد (۷). علاوه بر این مشخص شده است که شرایط اقلیمی و ارتفاع روی صفات ظاهری تأثیر می‌گذارد و با افزایش ارتفاع محل زیست زنبورها، طول بدن و طول

موهای روی بدن آن‌ها افزایش می‌یابد (۱۲ و ۱۵). در بررسی دیگری پژوهشگران نشان دادند که از لحاظ مورفولوژیکی جمعیت‌های زنبورعسل متعلق به مناطق پست از سایر جمعیت‌های زنبورعسل متعلق به مناطق مرتفع کوچک‌تر هستند (۱۳). در این پژوهش نیز همان‌طور که از نتایج حاصل از ریخت‌سنجی هندسی مشخص شد مانند نتایج سایر پژوهش‌ها و قانون برگمن زنبورهای عسل استان اردبیل نسبت به زنبورهای عسل استان همدان به دلیل شرایط آب و هوایی سردتر و قرارگرفتن در عرض جغرافیایی بالاتر، نسبتاً بزرگ‌تر می‌باشند. همچنین در مطالعه‌ای محققین دریافتند که کم‌ترین میزان یک‌دستی مربوط به زنبورهای مناطق آذربایجان غربی می‌باشد (۱) که احتمالاً دلیل آن ترکیب پیچیده‌ی جغرافیای طبیعی شمال غرب ایران از کوه‌های مرتفع، ناهمواری‌ها و دشت‌های باز است. تنوع اقلیمی و جغرافیایی، به‌ویژه وجود مناطق گسترده‌ی کوهستانی و مرتفع در منطقه سبب گردیده است که نواحی فیزیوگرافیک متنوع و با ویژگی‌های منحصر به فرد در این بخش از کشور شکل گیرد و این تنوع سبب گردیده است که تنوع زیستی منطقه نیز قابل توجه باشد، چنانچه در این پژوهش نیز جدایی جمعیت‌های آذربایجان غربی از سایر جمعیت‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است.

در مطالعه حاضر، تفاوت‌های مشاهده شده به‌خصوص در صفات ریخت‌شناسی در مناطق مطالعه شده که از نظر جغرافیایی به هم مرتبط هستند، ممکن است نشان‌دهنده ویژگی‌های خاص زیستگاه باشند که موجود نسبت به آن سازش پیدا کرده است. اما در مجموع تنها با استناد به ویژگی‌های ریخت‌شناسی نمی‌توان حوادث بوم‌شناسی و ارتباط‌های میان جمعیت‌ها را مشخص نمود. استفاده از سایر روش‌های شناسایی جمعیت‌ها به‌ویژه استفاده از نشانگرهای ژنتیکی می‌تواند در فهم و درک بهتر تنوع درون‌گونه‌ای جمعیت‌های زنبورعسل مؤثر باشد.

منابع

۱. پری‌چهره‌ش، نادعلی، ر.، و بابایی، م.، ۱۳۹۵. بررسی برخی خصوصیات مورفولوژیکی زنبورعسل نژاد ایرانی (*Hymenoptera; Apis mellifera meda*) در نیمه شمالی ایران، مجله علمی کشاورزی گیاه‌پزشکی، دوره ۳۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۷۹-۹۱.
۲. زهری، ص.، اصغری، ع.، و دادخواه، م.، ۱۳۹۲. تنوع جمعیت‌های زنبورعسل براساس نشانگرهای مورفولوژیکی و ریزماهورها (microsatellite) در استان اردبیل، مجله پژوهش‌های سلولی و مولکولی (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۲۶ شماره ۴، صفحات ۴۶۲-۴۷۱.
۳. طهماسبی، غ.، عبادی، ر.، اسماعیلی، ر.، و کامبوزیا، ج.، ۱۳۷۵. مطالعه مورفولوژیک زنبورعسل معمولی در ایران، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۲ شماره ۱، صفحات ۸۹-۱۰۱.
۴. طهماسبی، غ.، عبادی، ر.، اسماعیلی، م.، و کامبوزیا، ج.، ۱۳۷۷. مطالعه مورفولوژیک زنبورعسل معمولی (*Apis mellifera L.*) در ایران، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد دوم، شماره اول، صفحات ۱۰۲-۸۸.
5. Adams, D. C., Rohlf, F. J., and Slice, D. E., 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*, 71(1), PP: 5-16.
6. Dadkhah, M., Zahri, S., and Asghari, A., 2008. Genetic variation analysis between *Apis mellifera* populations in Ardabil province using Microsatellite marker. The 2nd National congress of Cellular and Molecular Biology Proceeding, Kerman, Iran, PP: 576-578.
7. Daly, H. V., Hoelmer, K., and Gambino, P., 1991. Clinal geographic variation in feral honey bees in California, USA [Bergmann's rule]. *Apidologie* (France). 22(6), PP: 591-609.
8. Francoy, T. M., Wittmann, D., Drauschke, M., Müller, S., Steinhage, V., Bezerra-Laure, M. A., Jong, D. D., and Gonçalves, L. S., 2008. Identification of Africanized honey bees through wing morphometrics: two fast and efficient procedures. *Apidologie*, 39(5), PP: 488-494.
9. Francoy, T. M., Wittmann, D., Steinhage, V., Drauschke, M., Müller, S., Cunha, D. R., and Arias, M. C., 2009. Morphometric and genetic changes in a population of *Apis mellifera* after 34 years of Africanization. *Genet. Mol. Res*, 8(2), PP: 709-717.
10. Gupta, R. K., 2014. Taxonomy and Distribution of Different Honeybee Species. In *Beekeeping for Poverty Alleviation and Livelihood Security*, PP: 63-103. Springer Netherlands.
11. Hammer, O., 2012. PAST: Paleontological Statistics Version 2.17. Retrieved December 27, 2013 from University of Oslo. Natural History Museum., <http://www.nhm2.uio.no/norlex/past/pastman.ual>.
12. Meixner, M. D., Sheppard, W. S., and Poklukar, J., 1993. Asymmetrical distribution of a mitochondrial DNA polymorphism between 2 introgressing honey bee subspecies. *Apidologie*, 24, PP: 147-147.
13. Moradi, M., and Kandemir, I., 2004. Morphometric and allozyme variability in Persian bee population from the Alburz Mountains, Iran. *Iranian International Journal of Science*, 5(2), PP: 155-161.
14. Nie, N. H., Bent, D. H., and Hull, C. H., 1970. SPSS: Statistical package for the social sciences (No. HA29 S6). New York: McGraw-Hill.
15. Ruttner, F., Tassencourt, L., and Louveaux, J., 1978. Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera L.* *Apidologie*, 9(4), PP: 363-381.
16. Ruttner, F., 1988. *Biogeography and taxonomy of honeybees* Springer. Berlin, Germany. PP: 284.
17. Smith, F. G., 1961. The races of honeybees in Africa. *Bee World*, 42(10), PP: 255-260.
18. Sheppard, W., and Meixner, M., 2003. *Apis mellifera pomonella*, a new honey bee subspecies from Central Asia. *Apidologie*, 34(4), PP: 367-375.
19. Rohlf, F. J., 2010. TpsDig, version 2.16, Software. Department of Ecology and Evolution. State University New York. Stony Brook.
20. Tofilski, A., 2008. Using geometric morphometrics and standard morphometry to discriminate three honeybee subspecies. *Apidologie*, 39(5), PP: 558-563.

21. Zelditch, M., Swiderski, D., Sheets, D. H., and Fink, W., 2004. Geometric Morphometrics for

Biologists: A primer: Elsevier Academic Press. Waltham, MA. PP: 488.

Wing geometric-morphometric analysis to determine the population diversity of Iranian honey bee (*Apis mellifera meda*) in Northwest of Iran.

Bolhasani S.¹, Rajabi maham H. and Naderi M.³

¹ Environmental Sciences Dept., Azad University of Research and Science, Tehran, I.R. of IRAN

² Animal Sciences and Biotechnology Dept., Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, I.R. of Iran

³ Environmental Sciences Dept., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, I.R. of Iran

Abstract

The identification and study of genetic diversity in honey bee populations is one of the most important goals in breeding of bees. This study is conducted to compare the morphological characteristics of the Iranian honeybee populations in areas of the North West and West of Iran using geometric morphometric. For this purpose, worker bees were sampled from 111 colonies belonging to the four provinces of East Azerbaijan, West Azerbaijan, Ardebil and Hamedan. The front wings of the bees were photographed in standard mode and to extract the wing shape data 19 landmarks were digitalized and defined by morphometric method on the two-dimensional images. Landmark data were analyzed after the Procrustes analysis by multivariate statistical methods of PCA, CVA CDA and cluster analysis. The obtained results showed that the bee populations present significant differences with respect to changes in climate and topography along the East Azerbaijan to the West Azerbaijan. Also the cluster analysis showed that the populations of Ardebil and Hamedan have the least and the populations of the West Azerbaijan and East Azerbaijan have the most difference in terms of their appearance.

Key words: morphological traits, biological diversity, wings, honey bees