دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
شاپا ۴۶۶۸-۲۰۰۸
http://jer.iau-arak.ac.ir

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی
(علمی- پژوهشی)
جلد ۹، شماره ۱، سال ۱۳۹۶، (۵۱-۷۶)

تنوع گونه‌ای زنبورهای گرده‌افشان خانواده Megachilidae (Hymenoptera: Apoidea) در استان یزد

لیدا دهقان دهنوی[۱]، علی اصغر طالبی[۲]، شیلا گلدسته[۳]، رضا وفایی شوشتری[۳]*

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد
۲- دانشیار، گروه حشره‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
۳- استادیار، گروه حشره‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

چکیده

خانواده Megachilidae با بیش از ۴۰۰۰ گونه توصیف شده در سرتاسر جهان، سومین خانواده بزرگ از زنبورهای گرده‌افشان است. تعداد گونه‌های سه شهرستان یزد، مهریز و تفت، درصد فراوانی هرگونه نسبت به کل گونه‌های جمع‌آوری شده مشخص گردید. شاخص‌های فراوانی، تنوع، یکنواختی و غنای گونه‌ای و همچنین شاخص شباهت زیستگاه‌ها برای ۴۸ گونه جمع‌آوری شده در این سه شهرستان در طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ محاسبه شد. در شهرستان یزد در سال ۱۳۹۱ گونه *Megachile rubripes* با فراوانی نسبی ۴۸٪، در سال ۱۳۹۲ گونه *Anthidium florentinum* با فراوانی نسبی ۲۲/۵٪، در شهرستان مهریز در سال ۱۳۹۱ گونه *M. pilicrus* با فراوانی نسبی ۲۶/۳٪، در سال ۱۳۹۲ گونه *A. florentinum* با فراوانی ۱۹/۳٪، در شهرستان تفت در سال ۱۳۹۱ گونه *Lithurgus chrysurus* با فراوانی نسبی ۲۳/۸٪ و در سال ۱۳۹۲ گونه *Osmia caerulescens* با فراوانی نسبی ۲۹٪ دارای بیشترین فراوانی در بین گونه‌ها بودند. بر اساس شاخص‌های تنوع گونه‌ای آلفا، مشخص شد که شهرستان‌های مهریز و تفت در سال ۱۳۹۲ تنوع گونه‌ای بیشتری دارند. بر اساس مقایسه آماری شاخص‌های یکنواختی گونه‌های به‌دست آمده شهرستان‌های یزد، مهریز و همچنین تفت در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ نیز از یکنواختی یکسان برخوردار بودند، اما یکنواختی فراوانی گونه‌ها در شهرستان‌های مهریز و تفت از شهرستان یزد بیشتر بود. یکنواختی گونه‌ها در شهرستان‌های مهریز و تفت در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ مشابه بود. روش ریرفکشن نشان داد که شهرستان تفت در سال ۱۳۹۲ از غنای گونه‌ای بیشتری برخوردار بوده است. شاخص تنوع بتا نشان داد که در سال-های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ شهرستان‌های مهریز و تفت بیشترین شباهت را به یکدیگر داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: شاخص یکنواختی، غنای گونه‌ای، شاخص شباهت زیستگاه‌ها

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: *dehghan_lida@yahoo.com*
تاریخ دریافت مقاله ۹۴/۴/۷ - تاریخ پذیرش مقاله ۹۵/۱۱/۳

مقدمه

زنبورهای گرده‌افشان بالاخانواده Apoidea با حدود ۲۰۰۰۰ گونه توصیف شده، گروه بزرگی از حشرات راسته بال‌غشاییان را تشکیل می‌دهند. مطالعات اندکی در خصوص شناسایی زنبورهای خانواده Megachilidae در ایران انجام شده و ترکیب فونستیک زنبورهای این خانواده، تنوع و غنای گونه‌ای آن‌ها در اکوسیستم‌های مختلف ایران نامشخص است. حفاظت از تنوع زیستی گروه‌های تاکسونومیکی که هیچ اطلاعاتی در خصوص وجود یا نقش آن‌ها در اکوسیستم وجود ندارد یک موضوع مهم و اولویت‌دار است (Gaston, 1991).

تنوع آلفا (α) یا تنوع درون زیستگاهی و تنوع بتا (β) یا تنوع بین زیستگاهی است. تنوع گونه‌ای اصلی‌ترین سطح تنوع آلفا به مفهوم تعداد گونه‌های موجود و فراوانی آن‌ها در یک محدوده جغرافیایی است که مقدار آن با افزایش تعداد گونه‌های موجود، افزایش می‌یابد. شاخص‌های عمومی تنوع یکی از روش‌های بررسی و ارزیابی تنوع گونه‌ای می‌باشند.

انواع شاخص‌های تنوع گونه‌ای آلفا (Alpha Diversity)

شاخص شانون–وینر (Shannon-Wiener Index)

این شاخص، متداولترین شاخص برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای است که در سال ۱۹۴۹ معرفی شد. مقدار این شاخص برای داده‌های اکولوژیک معمولا بین ۱/۵ و ۳/۵ و ندرتا ۴/۵ قرار دارد. هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد نشان دهنده تنوع بیشتر است (Shannon-Wiener, 1949).

$$H = -\sum_{i-1}^{S_{obs}} p_i \log_e p \quad pi = \frac{ni}{N}$$ معادله (۱)

H: شاخص تنوع شانون

P_i: فراوانی نسبی هر یک از گونه‌ها یعنی نسبت افراد هر گونه به کل افراد آن جامعه

S: تعداد گونه‌ها یا به عبارت بهتر غنای گونه‌ای (Species richness)

n_i: تعداد افراد در گونه i ام.

N: کل افراد در نمونه.

شاخص سیمپسون (Simpson's Index)

این شاخص در واقع احتمال این‌که فرد دوم گرفته شده از جمعیت متعلق به همان گونه اول باشد را بیان می‌کند. در این شاخص فرض بر این است که کلیه گونه‌های موجود در جامعه در نمونه‌های جمع‌آوری شده حضور دارند و نمونه‌های جمع‌آوری شده نماینده خوبی برای جامعه مورد نظر محسوب می‌شوند. این شاخص به تغییرات گونه‌های فراوان‌تر حساس است. مانند شاخص شانون، هرچه مقدار محاسبه شده این شاخص نیز بیشتر باشد نشان دهنده تنوع گونه‌ای بیشتر است (Simpson,1949). شاخص Simpson یکی از معنی‌دارترین و قوی‌ترین شاخص‌های تنوع گونه‌ای است (معادله ۲).

$$C = \sum_{i}^{S_{obs}} p_i^2 \quad p_i = \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N-1)}$$ معادله (۲) (Magurran, 1998)

S: تعداد گونه‌های مشاهده شده

n_i: تعداد افراد در گونه i ام.

N: کل افراد در نمونه.

برای این‌که از شاخص سیمپسون به طریقی استفاده کنیم که با بزرگ‌تر شدن شاخص، تنوع نیز بیشتر شود از شاخصی به نام D استفاده می‌کنیم که معادله آن به این شکل است:

$$D = \frac{1}{C}$$

D: شاخص تنوع سیمپسون

شاخص مارگالف (Margalef)

این شاخص تعداد گونه‌ها را نسبت به تعداد کل افراد در منطقه نشان می‌دهد، بنابراین برای مقایسه تنوع گونه‌ای بین دو منطقه نمونه‌برداری استفاده می‌شود:

$$D = \frac{(S-1)}{\ln N}$$ معادله (۳)

S: تعداد کل گونه‌ها

N: تعداد کل افراد می‌باشد.

ln : لگاریتم طبیعی

هرچه مقدار محاسبه شده این شاخص بیشتر باشد نشان دهنده تنوع گونه‌ای بیشتر است(Clifford & Stephenson,1975) .

شاخص مکینتاش (McIntosh)

این شاخص توسط McIntosh (1967) ارایه شد، مقدار این شاخص بین ۰-۱ می‌باشد و زمانی که این مقدار به صفر نزدیک شود به این معناست که جامعه از تنوع گونه‌ای کمتری برخوردار است.

$$D=\frac{N-U}{N-\sqrt{N}}$$ معادله (۴)

$$U = \sqrt{\sum n_i^2}$$

N: تعداد کل افراد در نمونه

n_i: تعداد افراد در گونه i ام

U: تعداد کل افراد متعلق به یک گونه

شاخص بریلوئین (Brillouin)

به عقیده پیلو اکثر نمونه‌های برداشت شده از اجتماعات را باید مجموعه‌ها و نه نمونه‌های تصادفی از اجتماعات بزرگ در نظر گرفت. در مواردی که داده‌ها به مجموعه‌های محدودی مربوط باشند، برای اندازه‌گیری تنوع از فرمول بریلوئین استفاده می‌شود. این شاخص مانند شاخص شانون – وینر به فراوانی گونه‌های نادر در اجتماع حساس‌تر است. مقدار این

شاخص به شاخص شانون خیلی نزدیک است و به‌ندرت از ۴/۵ تجاوز خواهد کرد. شاخص Brillouin تنوع یک مجموعه نمونه‌برداری را اندازه‌گیری می‌کند، ولی شاخص شانون تنوع یک منطقه نمونه‌برداری را اندازه‌گیری می‌باشد (Peet, 1974) .

$$HB = \frac{\ln N! - \sum_{i-1}^{S_{obs}} \ln n_i!}{N}$$ معادله (۵)

N: تعداد کل افراد در نمونه

n_i: تعداد افراد گونه i.

HB: شاخص بریلوئین

هرچه مقدار محاسبه شده این شاخص بیشتر باشد نشان دهنده تنوع گونه‌ای بیشتر است (Peet, 1974).

شاخص‌های یکنواختی گونه‌ها (Species Evenness)

چهارده روش اندازه‌گیری Equitability یا Evenness توسط برنامه SDR ارایه شده است. در حقیقت شاخص یکنواختی، چگونگی توزیع فراوانی افراد را بین گونه‌ها نشان می‌دهد. به عبارت دیگر یکنواختی بیانگر میزان تعادل در فراوانی گونه‌ها است. در بین جوامعی که دارای غنای گونه‌ای یکسان هستند جامعه‌ای که یکنواخت‌تر (توزیع یکسان افراد بین گونه‌ها) باشد از هوموژنیتی یا تنوع بیشتری برخوردار است و جوامعی که بیشتر هتروژن (توزیع بسیار متفاوت فراونی گونه‌ها) باشند از تنوع پایین‌تری برخوردارند.

شاخص پیلو Pielou (All Sample)

در محاسبه این شاخص از شاخص شانون–وینر استفاده می‌شود. حداکثر مقدار این شاخص مساوی با $\log(S)$ است. مقدار این شاخص بین ۰–۱ می‌باشد و هنگامی‌که این مقدار به یک نزدیک شود به این معنی است که یکنواختی گونه‌ها زیاد می‌باشد و نسبت فراوانی گونه‌های مشخصی در یک منطقه مشخص بیشتر است (Pielou, 1969).

$$J = H / \log(S)$$ معادله (۶)

J: شاخص پیلو

H: شاخص تنوع گونه‌ای Shannon-wiener

S: تعداد کل گونه‌ها

شاخص یکنواختی مکینتاش (McIntosh)

این شاخص بر پایه شاخص غالبیت مکینتاش (McIntosh dominance index) می‌باشد و به‌صورت زیر تعریف شده است:

$$D = \frac{N - U}{N - N/\sqrt{S}}$$ معادله (۷)

N: تعداد کل افراد در هر نمونه

S: تعداد کل گونه‌ها در نمونه

n_i: تعداد افراد در گونه i ام.

مقدار این شاخص بین ۰-۱ است هنگامی‌که این مقدار به یک نزدیک شود به این معنا است که گونه‌ها یکنواختی زیاد دارند و نسبت فراوانی گونه‌های مشخصی در یک منطقه مشخص بیشتر است (Heip & Engels, 1974).

شاخص یکنواختی هیپ (Heip)

این شاخص توسط Heip (1974) چنین تعریف می‌شود:

$$E=\frac{\left(e^{H}-1\right)}{\left(S-1\right)}$$ معادله (۸)

H: شاخص تنوع گونه‌ای Shannon

S: تعداد کل گونه

e: عدد نپرین

مقدار این شاخص بین ۰-۱ می‌باشد و زمانی که شاخص به صفر نزدیک شود یکنواختی کاهش می‌یابد یعنی نسبت فراوانی گونه‌های مشخصی در یک منطقه مشخص کمتر است و جامعه یکنواختی کمتری دارد.

شاخص یکنواختی سیمپسون (Simpson)

این شاخص بر پایه شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون است.

$$E=\frac{1/D}{S}$$ معادله (۹)

D: شاخص تنوع گونه‌ای Simpson

S: تعداد کل گونه‌ها.

این شاخص نیز بین ۰-۱ می‌باشد و هر چه مقدار این شاخص افزایش یابد و به یک نزدیک‌تر شود یکنواختی افزایش می‌یابد و نسبت فراوانی گونه‌های مشخصی در یک منطقه مشخص بیشتر است.

به‌طورکلی، شاخص یکنواختی عملکردی از فراوانی گونه‌ها یا نسبت‌های مربوط به گونه‌ها است. وقتی فراوانی یا نسبت‌ها میل به تساوی می‌کنند، شاخص یکنواختی افزایش می‌یابد و در واقع آن جامعه دارای همگنی (Homogeneity) کامل خواهد بود.

شاخص‌های غنای گونه‌ای (Species Richness)

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری غنای گونه‌ای نظیر ریرفکشن[1]، جک نایف، بوت استرپ توسط نرم‌افزار SDR ارایه شده است، که در اینجا از روش ریرفکشن برای تعیین غنای گونه‌ای استفاده شد، در روش ریرفکشن واحد نمونه‌برداری در جوامع مختلف یکسان بوده و این روش می‌تواند با برآورد میانگین و خطای معیار، غنای گونه‌ای را محاسبه کند (Sanders,1968). ولی در نمونه‌برداری تصادفی که گونه‌های نادر فقط در یک نمونه ظاهر می‌شوند غنای گونه‌ای بر اساس روش جک نایف محاسبه می شود (Heltshe & Forrester, 1983) .

1- Rarefaction

روش ریرفکشن

ریرفکشن یک روش آماری برای تخمین تعداد گونه‌های مورد انتظار در نمونه‌ای تصادفی از افراد گرفته شده و همچنین مقایسه تنوع جامعه می‌باشد. این تکنیک ابتدا توسط Howard Sanders برای ارزیابی تنوع زیستی در اکوسیستم‌ها توصیف شد. در این روش داده‌های غنای گونه‌ای در میان انواع نمونه‌ها مقایسه می‌شوند. منحنی‌های ریرفکشن یک روشی برای مقایسه شکل منحنی نسبت به تعداد کامل گونه‌ها می‌باشد. محدودیت‌های اکولوژیکی مهمی در استفاده از روش ریرفکشن وجود دارد. از آن‌جایی که ریرفکشن ارتباطی با نام گونه‌ها ندارد، جوامع مورد مقایسه توسط این روش باید از لحاظ تاکسونومیکی مشابه باشند. همچنین روش نمونه‌برداری برای تعداد دو نمونه مورد مقایسه در روش ریرفکشن نیز باید مشابه باشند (Sanders, 1968; Krebs, 1999).

روش ریرفکشن به سه صورت انجام می‌شود:

روش ریرفکشن ترکیبی (Pooled Rarefaction)

روش ریرفکشن ترکیبی نشان می‌دهد هرچه اندازه نمونه افراد بیشتر شود، تعداد گونه بیشتری را انتظار خواهیم داشت. در این روش تخمین غنای گونه‌ای روی داده‌های ترکیبی(تمام نمونه‌ها) انجام و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (Schowalter, 1996):

$$E(S_n)=\sum_{i=1}^{s}\left[1-\frac{\binom{N-Ni}{n}}{\binom{N}{n}}\right]$$

$E(S_n)$: تعداد گونه‌های مورد انتظار در نمونه‌برداری تصادفی افراد جمعیت

S: تعداد کل گونه‌ها در نمونه‌های جمع‌آوری شده

N: تعداد کل افراد جمع‌آوری شده

n: مجموع احتمالاتی که ممکن است هر گونه در نمونه وجود داشته باشد

Ni: تعداد افراد در گونه iام.

روش ریرفکشن مجزا (Single Sample Rarefaction)

در این روش هر یک از نمونه‌ها در شهرستان‌ها به‌طور جداگانه آنالیز شد. این روش به‌صورت زیر قابل محاسبه است:

$$E(S_n)=\sum_{i=1}^{s}\left[1-\frac{\binom{N-Ni}{n}}{\binom{N}{n}}\right]$$

S: تعداد کل گونه‌ها در نمونه

Ni: تعداد افراد در گونه iام.

روش ریرفکشن بین منطقه‌ای (Across Sample Rarefaction)

این روش غنای گونه‌ای برای هر یک از مناطق مورد مطالعه را پس از توزیع فراوانی نشان می‌دهد:

$$E(S_n)=\sum_{i=1}^{s}\left[1-\frac{\binom{N-Ni}{n}}{\binom{N}{n}}\right]$$

S: تعداد کل گونه‌ها در نمونه

Ni: تعداد افراد در گونه iام.

تفاوت این روش با روش ریرفکشن مجزا در این است که در این روش زمان و منطقه را باهم در برمی‌گیرد.

شاخص‌های تشابه برای اندازه‌گیری تنوع بتا وجود دارد، این شاخص‌ها بیشتر تحت تاثیر گونه‌های مشترک بین دو منطقه بوده که می‌توانند میزان هم‌پوشانی گونه‌ها را در بین مناطق مختلف نشان دهند. تنوع بتا تفاوت در تنوع یا تغییرات ترکیب گونه‌ای را بین دو یا چند زیستگاه نشان می‌دهد (Koleff *et al*., 2003; Magurran, 2004).

شاخص تنوع بتای ویتاکر (β diversity)

$\beta_w=(S/\alpha)-1$

S: تعداد کل گونه‌ها

α: میانگین غنای گونه‌ای نمونه‌ها

مطالعات تنوع زیستی زنبورهای خانواده Megachilidae عموما در قالب بررسی تنوع گونه‌ای زنبورهای گرده‌افشان Apoidea به انجام رسیده است. مطالعات اختصاصی در این زمینه توسط ندیمی صورت گرفته است و گونه *Heriades truncorum* با فراوانی نسبی ۷/۷۵ ٪ و سپس گونه‌های *Osmia caerulescens* با فراوانی نسبی ۷/۲۱ ٪ و *Megachile burdigalensis* با فراوانی نسبی ۶/۱۴ ٪ همگی از استان البرز دارای بیشترین فراوانی در بین گونه‌ها بودند. بر اساس شاخص‌های تنوع گونه‌ای آلفا، مشخص شد که استان‌های البرز و قزوین تنوع گونه‌ای بیشتری نسبت به استان‌های مازندران و گیلان دارند. بر اساس مقایسه آماری شاخص‌های یکنواختی به‌دست آمده از Pielo، استان‌های البرز و قزوین، همچنین استان‌های گیلان و مازندران از یکنواختی یکسان برخوردار بودند، اما یکنواختی استان‌های البرز و قزوین از استان گیلان و مازندران بیشتر بود. شاخص‌های هیپ و سیمپسون یکنواختی گونه‌ها در مناطق مورد مطالعه را یکسان نشان دادند. همچنین روش ریرفکشن نشان داد که غنای گونه‌ای استان قزوین از سایر استان‌ها بیشتر است. شاخص تنوع بتا نشان داد که استان‌های گیلان و مازندران بیشترین شباهت را به یکدیگر دارند و استان‌های البرز و گیلان کمترین شباهت را دارند (Nadimi, 2012).

در مورد سایر زنبورها، تنوع گونه‌ای و فراوانی زنبورهای مخملی (Bumble bees) در پنج استان مازندران، تهران، قزوین در البرز مرکزی و اردبیل و آذربایجان شرقی در سبلان مطالعه شده و نتایج نشان داده است با این‌که تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده از البرز مرکزی (۶۵ ۸ عدد) در مقایسه با سبلان (۲۶۲ عدد) بسیار بیشتر بوده، ولی سبلان ۸۵ درصد گونه‌ها

و البرز مرکزی ۶۵ درصد گونه‌ها را در خود جای داده بودند. آن‌ها ضمن استفاده از آنالیز ریرفکشن، نشان دادند که غنای گونه‌ای زنبورهای مخملی در سبلان و البرز تفاوتی با یکدیگر ندارند. همچنین آن‌ها اشاره کردند که دخالت انسان در طبیعت و کمبود میزبان‌های مناسب سبب شده که تعداد این زنبورها کاهش یابد (Monfared *et al.*, 2008).

در یک مطالعه مقدماتی تنوع و فراوانی زنبورهای گرده‌افشان مزارع یونجه و پیاز در شهرستان‌های مشهد و چناران مورد ارزیابی قرار گرفته و زنبور گرده‌افشان غالب در مزارع یونجه *Anthidium florentinum* بود که فراوانی نسبی آن در مشهد و چناران به‌ترتیب ۱۶/۲۹٪ و ۱۴/۲۸ ٪ برآورد شده است. این محققین در مزارع پیاز گونه *Andrena* sp. با فراوانی نسبی ۳۰٪ و ۲/۴۲ ٪ به‌ترتیب در مشهد و چناران را به‌عنوان گونه غالب معرفی کردند. مقدار شاخص تنوع زیستی شانون- وینر در یونجه مشهد (۱/۹۲) بیشتر از یونجه چناران (۱/۷۸) بوده و این مقدار برای پیاز مشهد (۱/۶۸) و پیاز چناران (۱/۲۳) محاسبه شد و اختلاف آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار بود (Rasekh *et al.*, 2011).

با توجه به این که زنبورهای گرده‌افشان، از جمله خانواده Megachilidae سنگ بنای بسیاری از جوامع گیاهی هستند و نقش مهمی در گرده‌افشانی و استمرار تولیدمثل بسیاری از گیاهان گل‌دار از جمله گونه‌های نادر و در معرض خطر دارند، لذا حفاظت و بهره‌برداری مطلوب از آن‌ها مستلزم شناخت ویژگی‌های اکولوژیک آن‌ها از جمله تنوع گونه‌ای آن‌ها می‌باشد. در این تحقیق تنوع گونه‌ای زنبورهای خانواده Megachilidae در مناطق مختلف مورد بررسی قرار گرفت و شاخص‌های تنوع با هم مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گونه‌ها

جهت جمع‌آوری زنبورهای گرده‌افشان Megachilidae از مناطق مختلف استان یزد از جمله مناطق بیابانی، کوهستانی، مرتعی، زراعی و باغی نمونه‌برداری شد. با توجه به این‌که این زنبورها روز پرواز هستند و در ساعات میانی روز بیشترین فعالیت را دارند نمونه‌برداری در طول روز و به روش تور زدن با تور حشره‌گیری به قطر دهانه ۳۵ سانتی‌متر و طول دسته ۹۵ سانتی‌متر انجام شد. با توجه به زمان فعالیت زنبورها و با توجه به زمان گل‌دهی هر محصول، نمونه‌برداری از اواسط اسفندماه و هم‌زمان با شروع گل‌دهی گیاهان مختلف منطقه آغاز و تا اواخر مردادماه ادامه یافت. نمونه‌برداری در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ جهت جمع‌آوری و شناسایی گونه‌ها و در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ جهت بررسی تنوع گونه‌ای صورت گرفت.

شناسایی گونه‌ها

نمونه‌های جمع‌آوری شده زنبورها ابتدا با توجه به محل و زمان جمع‌آوری کدگذاری و بر اساس شکل ظاهری مرتب شدند.

با استفاده از بینوکلار و کلیدهای شناسایی مختلفی از جمله Banaszak & *Romasenko*, 1998، Michener, 2007، Eardley *et al.*, 2010 و Grace, 2010 جنس، زیرجنس و گونه‌ها شناسایی شدند. همچنین برای اطمینان از صحت

شناسایی و تایید نمونه‌ها و نمونه‌هایی که تشخیص داده نشدند، از متخصصین مختلفی چون دکتر آندریاس مولر در سوییس و دکتر کریستف پراز از دانشگاه نوشاتل در سوییس و دکتر احمد ندیمی از دانشگاه گرگان کمک گرفته شد.

دامنه میزبانی

جهت مشخص کردن دامنه و ترجیح میزبانی گونه‌ها از گیاهانی که نمونه‌برداری از روی آن‌ها انجام شده است، عکس گرفته شد، همچنین تمام نمونه‌های گیاهی به‌صورت خشک شده جهت شناسایی به متخصصین گیاه‌شناسی مختلف از جمله آقای مهندس عباس زارع زاده در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد ارسال شدند.

با استفاده از GPS دستی مدل Ex trex 10 ساخت شرکت گاردین مختصات جغرافیایی مکان‌ها و زیستگاه‌های مورد مطالعه شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا در هر محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری و ثبت شد.

بررسی ساختار ترکیب گونه‌ای

برای محاسبه تنوع گونه‌ای از داده‌های سه شهرستان یزد، مهریز و تفت در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ استفاده شد.

بعد از شناسایی و شمارش نمونه‌های به دام افتاده در تور با استفاده از روش طبقه‌بندی ویگمن (Weigmann, 1973) ساختار غالب ترکیب گونه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش گونه‌هایی که فراوانی آن‌ها بیش از ۳۰ درصد جامعه باشد به‌عنوان گونه‌های خیلی غالب (Eudominant)، گونه‌هایی که فراوانی آن‌ها بین ۳۰-۱۰ درصد باشد به‌عنوان گونه‌های غالب (Dominant)، گونه‌هایی که فراوانی آن‌ها بین ۱۰-۵ درصد باشد به‌عنوان گونه‌های نیمه غالب (Subdominant)، گونه‌هایی که فراوانی آن‌ها بین ۵-۱ درصد باشد به‌عنوان گونه‌های کمیاب و نادر (Rare) و گونه‌هایی که فراوانی آن‌ها کمتر از یک درصد باشد به‌عنوان گونه‌های بسیار نادر (Subrare) شناخته می‌شوند.

محاسبه تنوع گونه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SDR

تنوع گونه‌ای و فراوانی نسبی زنبورهای خانواده Megachilidae در اکوسیستم‌های مختلف استان یزد با استفاده از نرم‌افزار SDR ver.4 (Seaby & Henderson, 2006) محاسبه شد. به‌منظور بررسی تنوع گونه‌ای ابتدا تمامی گونه‌ها شناسایی و تعداد افراد هر گونه در مناطق مختلف شمارش شد. سپس با استفاده نرم‌افزار SDR شاخص‌های مربوط به تنوع گونه‌ای، غنای گونه‌ای و یکنواختی اندازه‌گیری شد.

در این تحقیق از شاخص‌های تنوع گونه‌ای آلفا (Alpha Diversity) از جمله شاخص شانون-وینر (Shannon-Wiener Index)، شاخص سیمپسون (Simpson's Index)، شاخص مارگالف (Margalef)، شاخص مکینتاش (McIntosh) و شاخص بریلوئین (Brillouin)، برای محاسبه شاخص‌های یکنواختی گونه‌ها (Species Evenness) از شاخص پیلو (Pielou (All Sample، شاخص یکنواختی مکینتاش (McIntosh)، شاخص یکنواختی هیپ (Heip) و شاخص یکنواختی سیمپسون (Simpson) استفاده شد. برای محاسبه شاخص‌های غنای گونه‌ای (species richness) از سه روش ریرفکشن ترکیبی (pooled rarefaction)، ریرفکشن مجزا (single sample rarefaction) و across sample rarefaction استفاده شد. برای اندازه‌گیری فراوانی دو روش شامل تعداد گونه یا شمارش گونه ها در منطقه Species (Number) و رتبه بندی فراوانی (Rank Abundance) که در آن فراوانی گونه ها از بیشتر به کمتر مرتب می شوند

مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی میزان شباهت زیستگاه‌های مختلف (Similarity index) از شاخص شباهت تنوع بتا (β diversity indices) با استفاده از نرم‌افزارSDR استفاده شد.

نتایج

ساختار ترکیب گونه‌ای و فراوانی گونه‌ها

نتایج نشان داد در شهرستان یزد در سال ۱۳۹۱ بیشترین فراوانی مربوط به گونه *M. rubripes* (۴۸٪) و در سال ۱۳۹۲ گونه *A. florentinum* (۲۲/۵٪) از فراوانی بیشتری برخوردار بود. در شهرستان مهریز در سال ۱۳۹۱ بیشترین فراوانی مربوط به گونه *M. pilicrus* (۲۶/۳٪) و در سال ۱۳۹۲ گونه *A. florentinum* دارای بیشترین فراوانی (۱۹/۳٪) بود. در شهرستان تفت در سال ۱۳۹۱ بیشترین فراوانی مربوط به گونه *L. chrysurus* (۲۳/۸٪) و در شهرستان تفت در سال ۱۳۹۲ بیشترین فراوانی مربوط به گونه *O. caerulescens* (۲۹٪) بود.

از ۴۸ گونه شکار شده جهت مطالعات تنوع گونه‌ای، غالب گونه‌ها کمیاب یا بسیار کمیاب بودند. تنها گونه فوق غالب *M. rubripes* بود که از شهرستان یزد در سال ۱۳۹۱ گزارش شد. ساختار ترکیب گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌های زنبورهای خانواده Megachilidae در شهرستان‌های یزد، مهریز و تفت در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در جدول‌های ۱ تا ۶ نشان داده شده است.

جدول ۱ – ساختار ترکیب گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌های زنبورهای خانواده Megachilidae در شهرستان یزد در سال ۱۳۹۱

Table 1- The species richness and relative abundance of Megachilidae species in Yazd county in 2012

Species	Specimens	%Abundance	Dominancy
Megachile rubripes	1090	48	Eudominant
M. minutissima	549	24.2	Dominant
M. deceptoria	109	5	Rare
M. cf. *cinnamomea*	88	4	Rare
Anthidium florentinum	71	3.1	Rare
Coelioxys decipiens	65	3	Rare
M. cf. *flabellipes*	60	3	Rare
M. cf. *leachella*	40	2	Rare
M. farinosa	33	1.4	Rare
M. rotundata	24	1	Rare
Icteranthidium limbiferum	23	1	Rare
Osmia caerulescens	11	0.5	Subrare
Lithurgus chrysurus	10	0.4	Subrare
M. saussurei	10	0.4	Subrare
M. concinna	10	0.4	Subrare
Icteranthidium ferrugineum	8	0.3	Subrare
M. apicalis	6	0.3	Subrare
Coelioxys brevis	6	0.3	Subrare
O. fasciata	5	0.2	Subrare
M. cf. *fertoni*	3	0.1	Subrare
Pararhophites orobinus	2	0.1	Subrare
M. flavipes	2	0.1	Subrare
M. basilaris	2	0.1	Subrare
M. seraxensis	2	0.1	Subrare
O. peregrina	1	0.04	Subrare
M. sanguinipes	1	0.04	Subrare
Radoszkowskiana barrei	1	0.04	Subrare

جدول ۲- ساختار ترکیب گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌های زنبورهای خانواده Megachilidae در شهرستان مهریز در سال ۱۳۹۱

Table 2- The species richness and relative abundance of Megachilidae in Mehriz county in 2012

Species	Speiment	%Abundance	Dominancy
Megachile pilicrus	170	26.3	Dominant
M. rubripes	96	14.5	Dominant
M. minutissima	82	12.7	Dominant
Osmia cornuta	54	8.3	Subdominant
Lithurgus chrysurus	45	7	Subdominant
M. anatolica	40	6.2	Subdominant
Anthidium wüstneii	31	4.8	Rare
A. florentinum	28	4.3	Rare
M. cf. *leachella*	20	3.1	Rare
M. semicircularis	20	3.1	Rare
Coelioxys decipiens	15	2.3	Rare
M. albisecta	13	2	Rare
Icteranthidium limbiferum	8	1	Rare
M. farinosa	6	1	Subrare
Icteranthidium ferrugineum	5	0.8	Subrare
M. deceptoria	3	0.5	Subrare
Anthidiellum strigatum	2	0.3	Subrare
I. ovasi	2	0.3	Subrare
C. brevis	2	0.3	Subrare
A. gussakovskiji	1	0.1	Subrare
A. anguliventre	1	0.1	Subrare
Afranthidium carduele	1	0.1	Subrare
C. argentea	1	0.1	Subrare
Pararhophites orobinus	1	0.1	Subrare

جدول ۳- ساختار ترکیب گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌های زنبورهای خانواده Megachilidae در شهرستان تفت در سال ۱۳۹۱

Table 3- The species richness and relative abundance of Megachilidae in Taft county in 2012

Species	Specimens	%Abundance	Dominancy
Lithurgus chrysurus	70	24	Dominant
Osmia cornuta	48	16.3	Dominant
Megachile minutissima	41	14	Dominant
M. rubripes	25	8.5	Subdominant
Anthidium florentinum	17	6	Subdominant
Coelioxys decipiens	17	6	Subdominant
Pararhophites orobinus	16	5.4	Subdominant
M. deceptoria	12	4.1	Rare
Icteranthidium limbiferum	8	3	Rare
M. anatolica	7	2.4	Rare
M. farinosa	6	2	Rare
M. cf. *cinnamomea*	5	2	Rare
M. cf. *tecta*	5	2	Rare
I. ferrugineum	4	1.4	Rare
Anthidiellum strigatum	3	1	Rare
M. pilicrus	3	1	Rare
M. semicircularis	2	0.7	Subrare
M. cf. *leachella*	2	0.7	Subrare
O. caerulescens	1	0.3	Subrare
O. peregrina	1	0.3	Subrare
Stelis signata	1	0.3	Subrare

جدول ۴ – ساختار ترکیب گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌های زنبورهای خانواده Megachilidae در شهرستان یزد در سال ۱۳۹۲

Table 4- The species richness and relative abundance of Megachilidae in Yazd county in 2013

Species	Specimens	%Abundance	Dominancy
Anthidium florentinum	38	22.5	Dominant
Pararhophites orobinus	31	18.3	Dominant
Megachile rubripes	24	14	Dominant
M. anatolica	24	14	Dominant
M. semicircularis	20	12	Dominant
Lithurgus chrysurus	11	6.5	Subdominant
A. anguliventre	6	3.5	Rare
M. minutissima	6	3.5	Rare
Anthidiellum strigatum	5	3	Rare
Icteranthidium limbiferum	2	1.2	Rare
M. deceptoria	2	1.2	Rare

جدول ۵ – ساختار ترکیب گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌های زنبورهای خانواده Megachilidae در شهرستان مهریز در سال ۱۳۹۲

Table 5- The species richness and relative abundance of Megachilidae in Mehriz county in 2013

Species	Specimens	%Abundance	Dominancy
Anthidium florentinum	48	19.3	Dominant
Megachile minutissima	44	18	Dominant
Lithurgus chrysurus	27	11	Dominant
A. wüstneii	27	11	Dominant
Afranthidium carduele	18	7.2	Subdominant
Osmia caerulescens	15	6	Subdominant
M. semicircularis	12	5	Rare
O. peregrina	10	4	Rare
M. rubripes	8	3	Rare
A. rotundum	6	2	Rare
M. schnabli	6	2	Rare
Coelioxys brevis	5	2	Rare
C. afra	4	1.6	Rare
M. farinosa	4	1.6	Rare
C. decipiens	3	1.2	Rare
C. argentea	3	1.2	Rare
M. cf. *tecta*	3	1.2	Rare
C. conoidea	2	1	Subrare
Radoszkowskiana barrei	2	1	Subrare
A. soikai	1	0.4	Subrare
Metadioxys formosa	1	0.4	Subrare

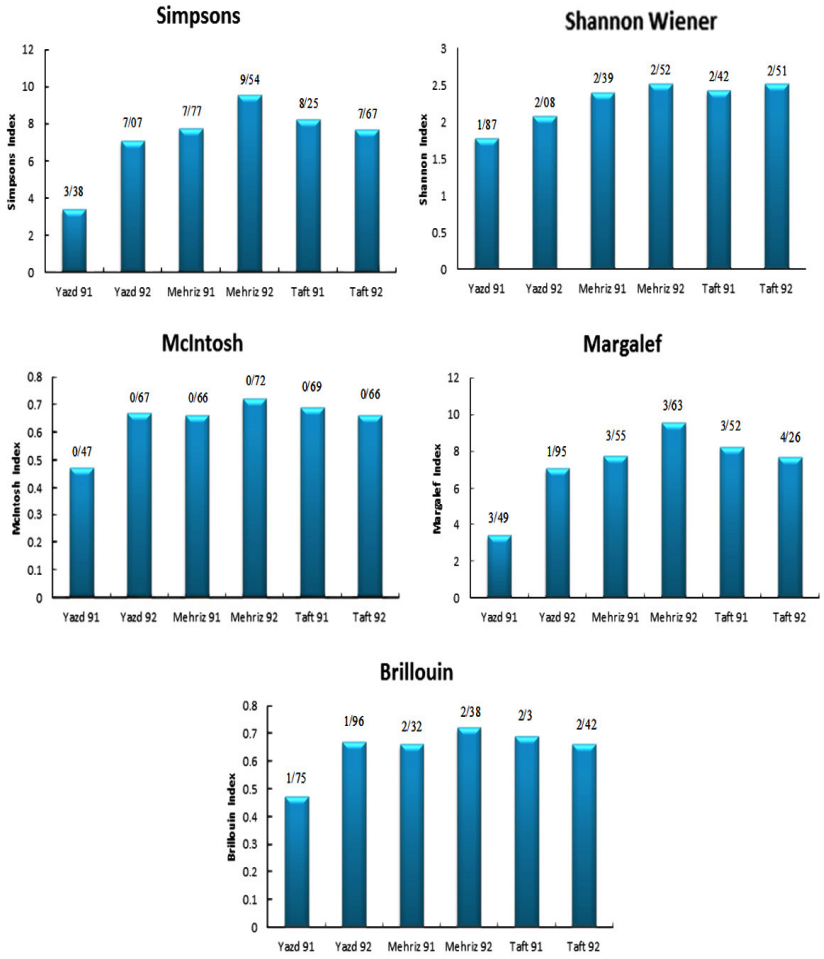
جدول ۶ - ساختار ترکیب گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌های زنبورهای خانواده Megachilidae در شهرستان تفت در سال ۱۳۹۲

Table 6- The species richness and relative abundance of Megachilidae in Taft county in 2013

Species	Specimens	%Abundance	Dominancy
Osmia caerulescens	162	29	Dominant
Anthidium anguliventre	75	13.3	Dominant
Megachile rubripes	70	12.4	Dominant
A. florentinum	40	7.1	Subdominant
A. rotundum	31	5.5	Subdominant
Anthidiellum strigatum	26	5	Rare
M. minutissima	23	4.1	Rare
Afranthidium carduele	19	3.4	Rare
M. farinosa	18	3.2	Rare
M. semicircularis	16	3	Rare
Lithurgus chrysurus	13	2	Rare
M. cf. *tecta*	11	2	Rare
Icteranthidium limbiferum	10	2	Rare
Metadioxys formosa	9	1.6	Rare
M. schnabli	7	1.2	Rare
O. cornuta	5	0.9	Subrare
Coelioxys brevis	4	0.7	Subrare
C. conoidea	4	0.7	Subrare
M. maritima	4	0.7	Subrare
O. peregrina	3	0.5	Subrare
A. wüstneii	3	0.5	Subrare
C. afra	3	0.5	Subrare
I. ferrugineum	2	0.3	Subrare
C. argentea	2	0.3	Subrare
M. deceptoria	2	0.3	Subrare
O. fasciata	1	0.2	Subrare
A. soikai	1	0.2	Subrare
Radoszkowskiana barrei	1	0.2	Subrare

شاخص‌های تنوع گونه‌ای آلفا (Alpha diversity indeces)

بر اساس نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های تنوع گونه ای شانون- وینر، سیمپسون، مکینتاش و بریلویین شهرستان یزد در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ از تنوع گونه‌ای کمتری برخوردار بود. مقایسه هر یک از شاخص‌ها در ۳ شهرستان یزد، مهریز و تفت در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در نرم‌افزار SDR انجام شد. این شاخص‌ها بین شهرستان‌های یزد و مهریز و همچنین بین شهرستان‌های یزد و تفت دارای تفاوت معنی‌دار بود. اختلاف معنی‌دار از تنوع بیشتر شهرستان‌ها نسبت به شهرستان‌های دیگر نتیجه گرفته شد. شاخص‌های تنوع بین شهرستان‌های مهریز و تفت تفاوت معنی‌دار نداشتند. تغییرات شاخص‌های تنوع گونه‌ای در شکل ۱ نشان داده شده است.

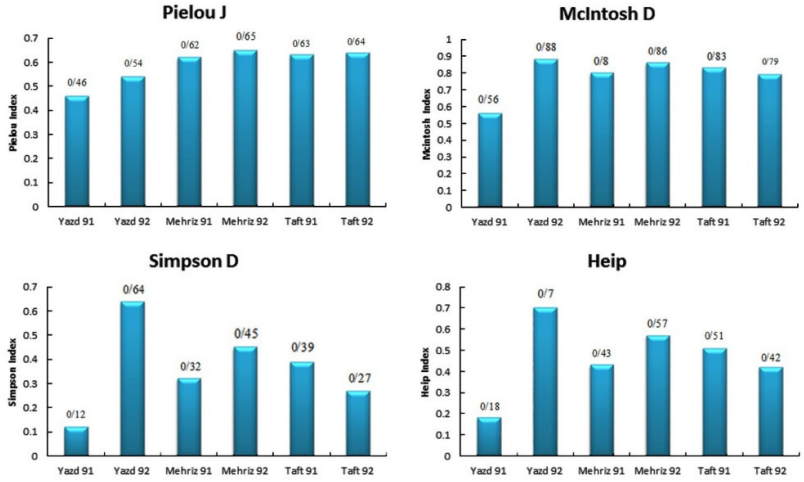


شکل ۱- شاخص‌های تنوع گونه‌ای آلفا زنبورهای خانواده Megachilidae در مناطق مورد مطالعه. الف) شاخص تنوع شانون، ب) شاخص تنوع سیمپسون، ج) شاخص تنوع مارگالف، د)شاخص تنوع مکینتاش، ه) شاخص تنوع بریلوئین

Fig. 1- Alfa species diversity indices of Megachilidae in regions that studied. A) Shannon Wiener diversity index, B) Simpson diversity index, C) Margalef diversity index, D) McIntosh diversity index, E) Brillouin diversity index

شاخص‌های یکنواختی گونه‌ها (Species evenness indeces)

بر اساس نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های یکنواختی گونه‌ها شهرستان یـزد در سـال ۱۳۹۱ از یکنـواختی کمتـری و شهرستان مهریز در سال ۱۳۹۲ از یکنواختی بیشتری برخوردار بود. تغییرات این شاخص در شکل ۲ نشان داده شده است.



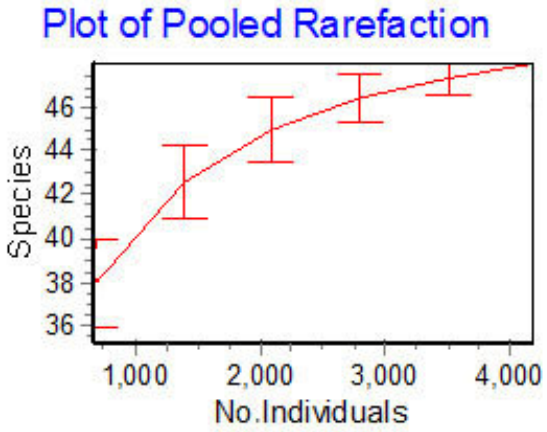
شکل۲- شاخص‌های یکنواختی گونه‌ها زنبورهای خانواده Megachilidae در مناطق مورد مطالعه. الف) پیلوجی، ب) مکینتاش، ج) شاخص هیپ، د) شاخص سیمپسون

Fig. 2- Species evenness indices of Megachilidae in regions that studied. A) Pielou J index, B) McIntosh index, C) Heip index, D) Simpson index

شاخص‌های غنای گونه‌ای

روش ریرفکشن ترکیبی (Pooled Rarefaction)

شکل ۳ منحنی ریرفکشن ترکیبی برای جامعه زنبورهای خانواده Megachilidae در سه شهرستان مورد مطالعه را در دو سال متوالی نشان می‌دهد. در این جامعه تعداد ۴۱۹۴ فرد متعلق به ۴۸ گونه وجود دارد. به‌عنوان مثال، بر اساس این منحنی اگر یک نمونه با ۶۹۹ فرد از شهرستان یزد انتخاب شود انتظار ۳۸ گونه و اگر یک نمونه با ۱۳۹۸ فرد انتخاب شود انتظار ۴۲ گونه را داریم، به‌عبارتی این روش نشان می‌دهد یک نمونه با چند تعداد زنبور به چند گونه تعلق دارند.

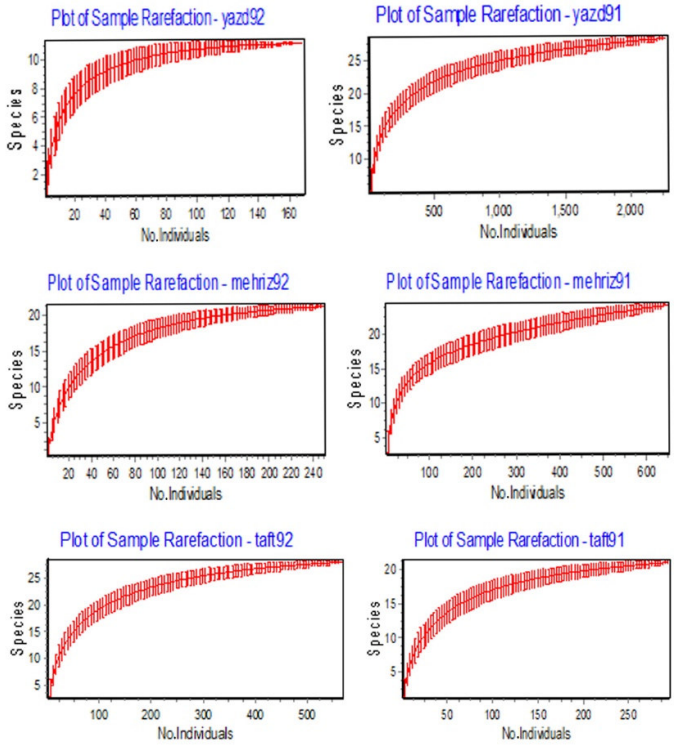


شکل ۳- منحنی ریرفکش ترکیبی برای جامعه زنبورهای خانواده Megachilidae در مناطق مورد مطالعه

Fig. 3- Plot of Pooled Rarefaction of Megachilidae community in regions of study

روش ریرفکشن مجزا (Single Sample Rarefaction)

شکل ۴ منحنی‌های ریرفکشن مجزا برای هر یک از سه شهرستان مورد مطالعه را در ۲ سال به‌صورت تفکیکی نشان می‌دهد. این روش به این سئوال جواب می‌دهد که اگر تعداد افراد شکار شده در یک منطقه N باشد چه تعداد گونه (S) در آن منطقه مشاهده خواهد شد. بر این اساس شهرستان‌های مهریز و تفت در سال‌های ۹۱ و ۹۲ دارای غنای گونه‌ای مشابه بودند (که این تشابه از تعداد گونه‌ها در هر منحنی مشخص می‌شود). در همین دو سال شهرستان یزد بیشترین غنای گونه‌ای بیشتری را داشته است. به‌عنوان مثال اگر در هر یک از این مناطق بعد از نمونه‌برداری تعداد ۱۰۰ فرد جمع‌آوری شود، این روش پیش‌بینی می‌کند که در نمونه‌های شهرستان یزد در سال ۱۳۹۱، ۱۳ گونه، شهرستان یزد در سال ۱۳۹۲، ۱۰ گونه، شهرستان مهریز در سال ۱۳۹۱، ۱۵ گونه، شهرستان مهریز در سال ۱۳۹۲، ۱۷ گونه، شهرستان تفت در سال ۱۳۹۱، ۱۶ گونه و شهرستان تفت در سال ۱۳۹۲، ۱۸ گونه وجود خواهد داشت.

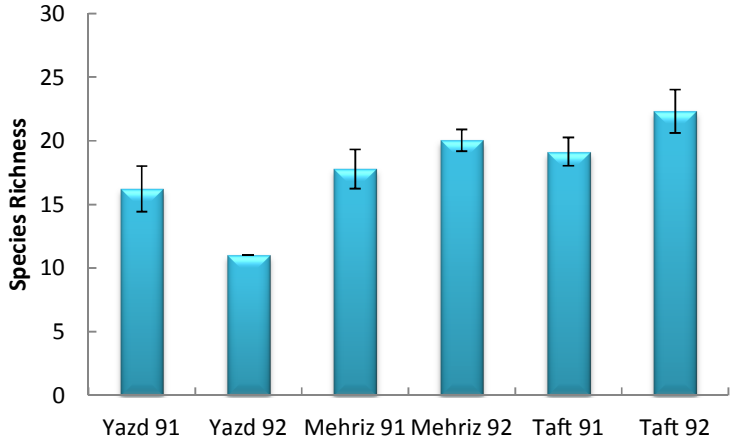


شکل۴-منحنی ریرفکش مجزا برای تعیین غنای گونه‌ای جامعه زنبورهای خانواده Megachilidae در مناطق مورد مطالعه در سال‌های ۹۱ و ۹۲

Fig. 4- Plot of sample Rarefaction of Megachilidae community for determining of species richness in regions of study (2012-2013)

روش ریرفکشن بین منطقه‌ای (Across Sample Rarefaction)

شکل ۵ منحنی‌های پیش‌بینی غنای گونه‌ای مربوط به سه شهرستان نشان می‌دهد که شهرستان تفت در سال ۱۳۹۲ دارای بیشترین غنای گونه‌ای است.



شکل ۵- across sample rarefaction برای تعیین غنای گونه‌ای جامعه زنبورهای خانواده Megachilidae در مناطق مورد مطالعه

Fig. 5- Histogram of across sample rarefaction of Megachilidae community for determining of species richness in regions of study

بررسی فراوانی

در این مطالعه در شهرستان یزد در سال ۱۳۹۱، ۲۸ گونه و در سال ۱۳۹۲، ۱۱ گونه، شهرستان مهریز در سال ۱۳۹۱، ۲۴ گونه و در سال ۱۳۹۲، ۲۱ گونه، شهرستان تفت در سال ۱۳۹۱، ۲۱ گونه و در سال ۱۳۹۲، ۲۸ گونه و در مجموع ۴۸ گونه از سه شهرستان در ۲ سال شناسایی شد.

جدول۷- مقایسه گونه‌های زنبورهای خانواده Megachilidae موجود در مناطق مورد مطالعه و فراوانی آن‌ها به ترتیب بیشترین فراوانی تا کمترین فراوانی در هر منطقه در سال ۱۳۹۱

Table 7- Comparision between Megachilidae species in regions of study and Rank abundance in 2012

Yazd		Mehriz		Taft	
Species	**Abundance**	**Species**	**Abundance**	**Species**	**Abundance**
Megachile rubripes	1090	*M. pilicrus*	170	*L. chrysurus*	70
M. minutissima	549	*M. rubripes*	96	*O. cornuta*	48
M. deceptoria	109	*M. minutissima*	82	*M. minutissima*	41
M. cf. *cinnamomea*	88	*O. cornuta*	54	*M. rubripes*	25
Anthidium florentinum	71	*L. chrysurus*	45	*A. florentinum*	17
Coelioxys decipiens	65	*M. anatolica*	40	*C. decipiens*	17
M. cf. *flabellipes*	60	*A. wüstneii*	31	*P. orobinus*	16
M. cf. *leachella*	40	*A. florentinum*	28	*M. deceptoria*	12
M. semicircularis	40	*M.* cf. *leachella*	20	*I. limbiferum*	8
M. farinosa	33	*M. semicircularis*	20	*M. anatolica*	7
M. rotundata	24	*C. decipiens*	15	*M. farinosa*	6
Icteranthidium limbiferum	23	*M. albisecta*	13	*M.* cf. *cinnamomea*	5
Osmia caerulescens	11	*I. limbiferum*	8	*M.* cf. *tecta*	5
Lithurgus chrysurus	10	*M. farinosa*	6	*I. ferrugineum*	4
Megachile saussurei	10	*I. ferrugineum*	5	*A. strigatum*	3
M. concinna	10	*M. deceptoria*	3	*M. pilicrus*	3
I. ferrugineum	8	*A. strigatum*	2	*M. semicircularis*	2
M. apicalis	6	*I.* cf. *ovasi*	2	*M.* cf. *leachella*	2
C. brevis	6	*C. brevis*	2	*O. caerulescens*	1
O. fasciata	5	*A. gussakovskiji*	1	*O. peregrina*	1
M. cf. *fertoni*	3	*A. anguliventre*	1	*S. signata*	1
Pararhophites orobinus	2	*A. carduele*	1	*M.* cf. *flabellipes*	0
M. flavipes	2	*C. argentea*	1	*M. rotundata*	0
M. basilaris	2	*P. orobinus*	1	*M. saussurei*	0
M. seraxensis	2	*M.* cf. *cinnamomea*	0	*M. concinna*	0
O. peregrina	1	*M.* cf. *flabellipes*	0	*M. apicalis*	0
M. sanguinipes	1	*M. rotundata*	0	*C. brevis*	0
Radoszkowskiana barrei	1	*O. caerulescens*	0	*O. fasciata*	0
M. pilicrus	0	*M. saussurei*	0	*M.* cf. *fertoni*	0
O. cornuta	0	*M. concinna*	0	*M. albisecta*	0
M. anatolica	0	*M. apicalis*	0	*M. flavipes*	0
A. wüstneii	0	*O. fasciata*	0	*M. basilaris*	0
M. albisecta	0	*M.* cf. *fertoni*	0	*M. seraxensis*	0
Anthidiellum strigatum	0	*M. flavipes*	0	*A. wüstneii*	0
I. cf. *ovasi*	0	*M. basilaris*	0	*M. sanguinipes*	0
A. gussakovskiji	0	*M. seraxensis*	0	*R. barrei*	0
A. anguliventre	0	*O. peregrina*	0	*I.* cf. *ovasi*	
Afranthidium carduele	0	*M. sanguinipes*	0	*A. gussakovskiji*	0
C. argentea	0	*R. barrei*	0	*A. anguliventre*	0
M. cf. *tecta*	0	*S. signata*	0	*A. carduele*	0
Stelis signata	0	*M.* cf. *tecta*	0	*C. argentea*	0

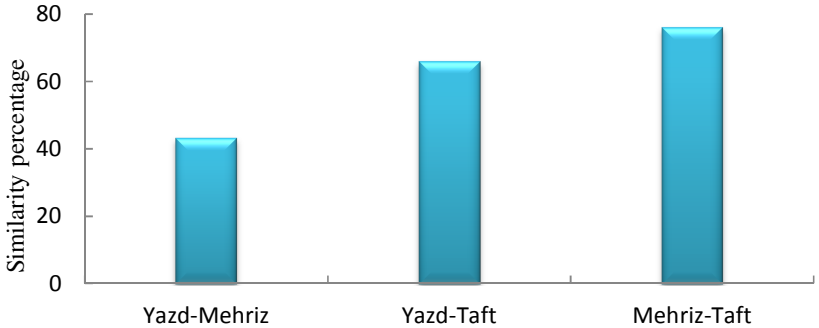
جدول ۸- مقایسه گونه‌های زنبورهای خانواده Megachilidae موجود در مناطق مورد مطالعه و فراوانی آن‌ها در سال ۱۳۹۲

Table 8- Comparision between Megachilidae species in regions of study and Rank abundance in 2013

Yazd		Mehriz		Taft	
Species	**Abundance**	**Species**	**Abundance**	**Species**	**Abundance**
Anthidium florentinum	38	*A. florentinum*	48	*O. caerulescens*	162
Pararhophites orobinus	31	*M. minutissima*	44	*A. anguliventre*	75
Megachile rubripes	24	*L. chrysurus*	27	*M. rubripes*	70
M. anatolica	24	*A. wüstneii*	27	*A. florentinum*	40
M. semicircularis	20	*A. carduele*	18	*A. rotundum*	31
Lithurgus chrysurus	11	*O. caerulescens*	15	*A. strigatum*	26
A. anguliventre	6	*M. semicircularis*	12	*M. minutissima*	23
M. minutissima	6	*O. peregrina*	10	*A. carduele*	19
Anthidiellum strigatum	5	*M. rubripes*	8	*M. farinosa*	18
Icteranthidium limbiferum	2	*A. rotundum*	6	*M. semicircularis*	16
M. deceptoria	2	*M. schnabli*	6	*L. chrysurus*	13
A. wüstneii	0	*C. brevis*	5	*M.* cf. *tecta*	11
Afranthidium carduele	0	*C. afra*	4	*I. limbiferum*	10
Osmia caerulescens	0	*M. farinosa*	4	*M. formosa*	9
M. semicircularis	0	*C. decipiens*	3	*M. schnabli*	7
A. rotundum	0	*M.* cf. *tecta*	3	*C. brevis*	4
M. schnabli	0	*C. conoidea*	2	*C. conoidea*	4
Coelioxys brevis	0	*R. barrei*	2	*M. maritime*	4
C. afra	0	*A. soikai*	1	*O. peregrina*	3
M. farinosa	0	*M. formosa*	1	*A. wüstneii*	3
C. decipiens	0	*P. orobinus*	0	*C. afra*	3
C. argentea	0	*M. anatolica*	0	*I. ferrugineum*	2
M. cf. *tecta*	0	*M. semicircularis*	0	*C. argentea*	2
C. conoidea	0	*A. anguliventre*	0	*M. deceptoria*	2
Radoszkowskiana barrei	0	*A. strigatum*	0	*O. fasciata*	1
A. soikai	0	*I. limbiferum*	0	*A. soikai*	1
Metadioxys formosa	0	*M. deceptoria*	0	*R. barrei*	1
O. cornuta	0	*O. cornuta*	0	*P. orobinus*	0
M. maritime	0	*M. maritime*	0	*M. anatolica*	0
I. ferrugineum	0	*I. ferrugineum*	0	*C. decipiens*	0
Osmia fasciata	0	*O. fasciata*	0	*I. limbiferum*	0

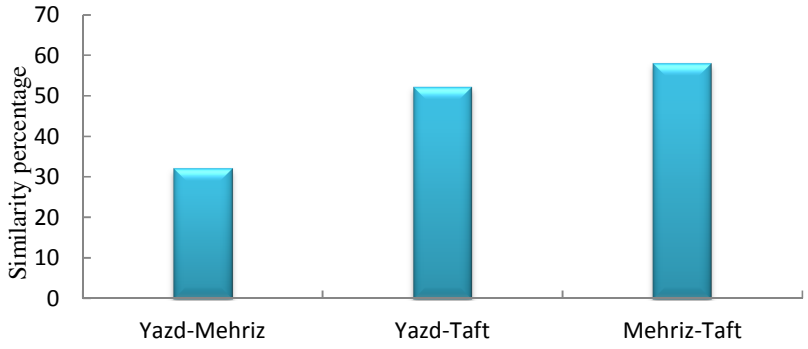
شاخص شباهت (Similarity index)

شاخص شباهت (تنوع بتا) زنبورهای خانواده Megachilidae در شهرستان‌های مختلف در ۲ سال متوالی در شکل‌های ۶ و ۷ ارایه شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده از شاخص تنوع بتا، کمترین شباهت بین شهرستان‌های یزد و مهریز در سال‌های ۱۳۹۱ (۴۳٪) و ۱۳۹۲ (۳۲٪) و بیشترین شباهت بین شهرستان‌های مهریز و تفت در سال‌های ۱۳۹۱ (۷۶٪) و ۱۳۹۲ (۵۸٪) به‌دست آمد.



شکل ۶- شاخص شباهت گونه‌ای زنبورهای خانواده Megachilidae در مناطق مورد مطالعه در سال ۱۳۹۱

Fig. 6- Similarity percentage index of Megachilidae community in regions of study in 2012



شکل۷- شاخص شباهت گونه‌ای زنبورهای خانواده Megachilidae در مناطق مورد مطالعه در سال ۱۳۹۲

Fig. 7- Similarity percentage index of Megachilidae community in regions of study in 2013

بحث

پژوهش حاضر دومین بررسی تنوع گونه‌ای زنبورهای خانواده Megachilidae در کشور می‌باشد. از ۴۸ گونه شکار شده جهت مطالعات تنوع گونه‌ای، بیشتر گونه‌ها کمیاب یا بسیار کمیاب بودند. بر اساس مطالعات تنوع گونه‌ای، شاخص‌های فراوانی، تنوع گونه‌ای و یکنواختی برای ۴۸ گونه در سه شهرستان مهریز، یزد و تفت محاسبه شد. جنس *Megachile* با ۱۶ گونه غنی‌ترین جنس زنبورهای خانواده Megachiilidae در مناطق مورد مطالعه بود. گونه *M. rubripes* با فراوانی نسبی ۴۷/۹۸٪ و گونه *M. minutissima* با فراوانی ۲۴/۱۶٪ در شهرستان یزد در سال ۱۳۹۱ و در سال ۱۳۹۲ گونه *A. florentinum* با فراوانی نسبی ۲۲/۴۹ ٪، در شهرستان مهریز در سال ۱۳۹۱ گونه *M. pilicrus* با فراوانی نسبی ۲۶/۲۸٪ و گونه *M. rubripes* با فراوانی ۱۴/۴۸٪ و در سال ۱۳۹۲ گونه *A. florentinum* با فراوانی ۱۹/۲۸٪ و در شهرستان تفت در سال ۱۳۹۱ گونه *chrysurus L.* با فراوانی نسبی ۲۳/۸۱ ٪ و در سال ۱۳۹۲ گونه *O. caerulescens* با فراوانی نسبی ۲۸/۶۷ ٪ دارای بیشترین فراوانی در بین گونه‌ها بودند. ندیمی در سال ۱۳۹۱ شاخص‌های فراوانی، تنوع گونه‌ای و یکنواختی برای ۵۲ گونه را در ۴ استان شمالی ایران (مازندران، گیلان، البرز و قزوین) محاسبه کرد. جنس *Megachile* با ۱۵ گونه غنی‌ترین جنس زنبورهای خانواده Megachiilidae در مناطق مورد مطالعه بود. گونه *Heriades truncorum* با فراوانی نسبی ۷/۷۵٪ و سپس گونه‌های *O. caerulescens* با فراوانی نسبی ۷/۲۱٪ و *M.burdigalensis* با فراوانی نسبی ۶/۱۴٪ همگی از استان البرز دارای بیشترین فراوانی در بین گونه‌ها بودند.

مطالعه Dardón *et al.* (2010) نشان داد که در شبه جزیره ایبری گونه‌های *H. truncorum* و *H. caerulescens* به ترتیب با فراوانی ۰/۸۹٪ و ۰/۷۱٪ از کمترین فراوانی و گونه *M. leachella* با ۳۲/۳۷ ٪ از بیشترین فراوانی نسبی برخوردار بودند. فراوانی نسبی گونه یکی از اساسی‌ترین جنبه‌های ساختار جامعه است به‌طوری‌که Sugihara (1980) از آن به‌عنوان ساختار حداقلی جامعه (Minimal Community Structure) نام برده است.

بر اساس شاخص‌های تنوع گونه‌ای آلفا شامل شانون، سیمپسون، مکینتاش و بریلوئین نتایج مشابهی به‌دست آمد و مشخص شد که شهرستان‌های مهریز و تفت در سال ۱۳۹۲ دارای شاخص تنوع بیشتری هستند و شهرستان یزد در سال ۱۳۹۱ تنوع کمتری دارد. در شاخص مارگالف که نشان دهنده مقایسه تنوع بین دو منطقه نمونه‌برداری است شهرستان یزد در سال ۱۳۹۲ دارای تنوع کمتر و شهرستان‌های مهریز و تفت در سال ۱۳۹۲ دارای شاخص تنوع بیشتری هستند. این نتایج

مشابه به این علت است که در همه این شاخص‌ها تعداد افراد در گونه مشخص نسبت به تعداد کل افراد در منطقه مورد مطالعه دخیل است. به‌طور کلی، شاخص‌های فوق بر اساس فراوانی نسبی گونه‌ها عمل می‌کنند.

بر اساس مطالعات تنوع گونه‌ای هرچه میزان یکنواختی فراوانی گونه‌ها بیشتر باشد محیط از تنوع بیشتری برخوردار است.

بر اساس مقایسه آماری شاخص یکنواختی هیپ شهرستان یزد در سال۱۳۹۱ از یکنواختی کمتری و شهرستان مهریز در سال ۱۳۹۲ از یکنواختی بیشتری برخوردار بود.

دلیل این‌که شهرستان‌های مهریز و تفت غنای گونه‌ای بیشتری نسبت به شهرستان یزد دارند را می‌توان به غنای فلور گیاهان گل‌دار این مناطق نسبت داد (جدول ۹). همچنین ارتفاع از سطح دریا در مناطق مختلف شهرستان یزد به مراتب کمتر از شهرستان‌های مهریز و تفت می‌باشد ولی اختلاف ارتفاع زیادی بین شهرستان‌های مهریز و تفت وجود ندارد، هر چند که نوع پوشش گیاهی در این دو شهرستان باهم متفاوت است. در شهرستان یزد بیشتر محصولات زراعی و در شهرستان‌های مهریز و تفت محصولات باغی و گیاهان دارویی وجود دارد. با توجه به این که بیشتر این زنبورها از روی گیاهان دارویی جمع‌آوری شدند می‌توان نتیجه گرفت که این زنبورها علاقه زیادی به گیاهان دارویی (جدول ۹) دارند. استان یزد دارای آب و هوای خشک می‌باشد. بیشتر مناطق استان بیابانی و نیمه‌بیابانی و ۲۰ درصد استان شامل مناطق معتدل و کوهستانی می‌باشد. مناطق خشک دارای غنای گونه‌ای بسیار بالا از گیاهانی هستند که توسط این زنبورها گرده‌افشانی می‌شوند، در نتیجه زنبورهای گرده‌افشان در اکوسیستم‌های خشک غنای گونه‌ای بالاتری دارند (Michener,1979 a,b; 2007). بین زنبورهای گرده‌افشان و گیاهان گل‌دار پیوند ناگزیر و ناگسستنی وجود دارد که زوال یا غنای هریک روی زوال یا غنای طرف مقابل اثر مستقیم بر جای می‌گذارد (Williams, 1985; Rasmont *et al.*, 1993; Cane & Tepedino, 2001; Kevan & Phillips, 2001; Ashman *et al.,* 2004). مطالعه Biesmeijer نشان داد که زوال زنبورهای گرده‌افشان اختصاصی و تک نسلی به موازات زوال گیاهان متکی به این زنبورهای گرده‌افشان رخ می‌دهد. (Biesmeijer *et al*., 2006)

شاخص تنوع بتا (شاخص ویتاکر) محاسبه شده نشان داد که شهرستان‌های مهریز و تفت بیشترین شباهت به یکدیگر را دارند به این معنی که نسبت گونه‌های مشترک در این دو شهرستان بیشتر از شهرستان‌های دیگر است و شهرستان‌های یزد و مهریز کمترین شباهت و در واقع کمترین نسبت گونه‌های مشترک را در خود جای می‌دهند. عوامل محلی مانند وجود منابع غذایی، مکان‌های مناسب لانه‌سازی، شرایط اقلیمی و نوع خاک نیز در شباهت زیستگاه‌ها تاثیرگذار می‌باشد. در واقع شاخص‌های تنوع بتا بیانگر درجه تغییر در ترکیب گونه‌ای زیستگاه‌ها یا در طول یک شیب محیطی هستند.

جدول ۹- فلور گیاهان شهرستان‌های یزد، مهریز و تفت

Table 9- The floura of three counties Yazd, Mehriz and Taft

Plant Family	Plant Species	Location
Amaranthaceae	*Amaranthus retroflexush* L. تاج خروس	Mehriz,Taft, Yazd
Apiaceae	*Anethum graveolens* L. شوید (شبت)	Yazd
	Foeniculum vulgare Miller رازیانه	Taft
Asteraceae	*Achillea wilhelmesii* L. بومادران	Mehriz, Yazd

	Arctium lappa L. بابا آدم	Mehriz
	Calendula officinalis Fisch همیشه بهار	Taft
	Carthamus oxyacantha Bieb گلرنگ وحشی (گلرنگ زرد)	Mehriz
	Carthamus tinctorius L. گلرنگ، کافشه	Mehriz
	Centaurea bruguierana Bornm گل گندم مهاجر	Taft
	Centaurea cyanus L. گل گندم	Taft
	Centaurea iberica Trev گل گندم چمن‌زار	Taft
	Centaurea virgata Lam گل گندم بوته‌ای	Mehriz,Taft
	Cirsium arvense L. کنگر	Mehriz,Taft
	Echium ilicifolius L. شکر تیغال خاسی	Mehriz
	Helianthus annuus L. آفتابگردان	Taft
	Helichrysum leucocephulum Boiss گل بی مرگ گنویی	Mehriz
	Lactuca sativa L. گل کاهو	Mehriz
	Senecio cineraria Digigalos برگ نقره‌ای	Yazd
Brassicaceae	*Descurainia sophia* L. خاکشیر	Yazd
	Lepidium draba L. ازمک، موچه، ترتیزک برگ پهن	Mehriz
	Malcolmia africana L. شب بو صحرایی	Taft
Convolvulaceae	*Convolvulus arvensis* L. پیچک صحرایی	Taft, Yazd
Cucurbitaceae	*Cucurbita melo* var. *reticulates* L. طالبی	Yazd
	Cucurbita pepo L. کدو	Taft, Yazd
Euphorbiaceae	*Euphorbia* sp. L. فرفیون	Mehriz, Yazd
Fabaceae	*Cicer arietinum* L. نخود	Yazd
	Glycyrrhiza glabra L. شیرین بیان	Yazd
		Yazd

	Medicago sativa L. یونجه	
Lamiaceae	*Mentha longifolia* L. پونه (پودنه)	Mehriz
	Teucrium polium L. کلپوره (مریم نخودی)	Mehriz
	Thymus kotschyanus Boiss آویشن کوهی	Mehriz
Legominosae	*Melilotus officinalis* L. آدلیل الملک	Mehriz
Liliaceae	*Allium cepa* L. پیاز زینتی	Mehriz
	Muscaria armeniacum Leichtl کلاغک	Taft
	Stachys setifera CA Mey سنبله نیش‌دار	Taft
Malvaceae	*Malva neglecta* Wallr پنیرک کوتاه برگ	Mehriz
	Malva sylvestris L. پنیرک خبازی	Mehriz
Mimosaceae	*Prosopis farcta* Banks & Sol جغجغک	Taft
Papilionaceae	*Alhagi camelorum* Fisch خارشتر	Taft, Yazd
	Astragalus dschuparensis Freyn & Bornm گون	Mehriz
	Sophora alopecuroides L. تلخه بیان	Mehriz, Yazd
Plantoginaceae	*Plantago lancqolata* L. بارهنگ کاردی (سرنیزه‌ای)	Mehriz
Portulaceae	*Portulaca oleraceae* L. خرفه	Taft, Yazd
Punicaceae	*Punicae granatum* L. انار	Mehriz, Taft, Yazd
Rosaceae	*Malus domestica* Borkh سیب	Taft
	Prunus amygdalus Batsch بادام	Taft
	Prunus cerasus L. آلبالو	Mehriz
Rubiaceae	*Galium aparin* L. شیر پنیر	Mehriz
Rutaceae	*Ruta graveolens* L. سداب	Mehriz
Zygophylaceae	*Peganum harmala* L. اسپند	Taft, Yazd

References

Ashmann T. L., Knight, T. M., Steets, J. A., Amarasekare, P. and Burd, M. 2004. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences, Ecology, 85: 2408–2421

Banaszak, J. and Romasenko, L. 1998. Megachilid bees of Europe (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). 2nd edn (corrected and supplemented). Bydgoszcz University, Bydgoszcz, 239 pp.

Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P. M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A. P., Potts, S. G., Kleukers, R., Thomas, C. D., Settele, J. and Kunin, W. E. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands, Science, 313: 351–354.

Cane J. H. and Tepedino, V. J. 2001. Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: detection, evidence, and consequences, Conservation Ecology, 5(1): 1. [online] URL: http://www.consecol.org/vol5/iss1/art1.

Clifford, H. T. and Stephenson, W. 1975. An introduction to numerical classification. London: Academic Express. cited in Magurran, A. E., 2004, Measuring biological diversity, Blackwell Publishing: Oxford, UK. 256 pp.

Dardon, U., Souza, R. S.,. Abranches, C. T. S. and Bergqvist, L. P. 2010. Modelagem 3D e suas aplicações na pesquisa paleontoló-gica. Gaea, 6(2): 76-89.

Eardley, C., Kuhlmann., M. and Pauly, A. 2010. The Bee Genera and Subgenera of sub- Saharan Africa. In: Va n den Spiegel, D. (ed.) Abc Taxa, the Series of Manuals dedicated to capacity building in taxonomy and collection management, Tervueren. Vol. 7: 138 pp.

Gaston, H. J. 1991. The magnitude of global insect species richness. Conservation Biology, 5(3): 283-296.

Grace, A. 2010. Introductory Biogeography to Bees of the Eastern Mediterranean and Near East. Bexhill Museum. Sussex. United Kingdom, pp: 283-296.

Heip, C. 1974. A new index measuring evenness. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Uk., 54: 555-557.

Heip, C. and Engels, P. 1974. Comparing species diversity and evenness indices. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 54: 559-563.

Heltshe, J. F. and Forrester, N. 1983. Estimating species richness using the jackknife procedure. Biometrics , 39: 1-11.

Kevan, P. G. and Phillips, T. P. 2001. The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences, Conservation Ecology. 5(1): 8.

Koleff, P., Gaston, K. and Lennon, J. 2003. Measuring beta diversity for presence / absence data.Journal ofAnimal Ecology, 72: 367-382.

Krebs, C. J. 1999. Ecological Methodology. Second ed. Addison Wesley Publishing, USA, 620 pp.

Magurran, A. E. 1998. Ecological diversity and its measurement. In Princeton, New Jersey, U.S.A: Princeton University Press, 179pp.

Magurran, A. E., 2004. Measuring biological diversity, Blackwell Publishing: Oxford, UK, 256 pp.

Michener, C. D. 1979a. Biogeography of the bees. Annals of the Missouri Botanical Garden 66: 277-347.

Michener, C. D. 1979b. New and little-known halictine bees from Colombia. Journal of theKansas Entomological Society, 52: 180-208.

Michener, C. D. 2007. The bees of the world. Second edition. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 953 pp.

Monfared, A. R., Talebi, A. A., Tahmasbi, Gh., Ebrahimi, E. and Biesmeijer, J. 2008. Bumblebee (Hymenoptera: Apidae) diversity and abundance in the Iranian Alborz Mountains. Zoology in the Middle East, 44: 67–74.

Nadimi, A. 2012. Identification and species diversity of Megachilidae in centeral nourth of Iran. Thesis of Aggricaltural entomology Ph. D. Tarbiat Modarres University, 294 pp.

Peet, R.K. 1974. The measurements of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics 5: 285–307.

Pielou, E.C. 1969. An introduction to mathematical ecology. New York: Wiley.cited in VIII + 286 S., 32 Abb., Preis 140s.

Rasekh adel, M., Sadeghi Namghi, H. and Hosseini, M. 2011. Identification of bees (Apoidea) of onion and alfalfa and economic estimation of effect of bees insects on function in production onion seed in Mashhad and Ghenaran. Thesis of M.Sc. Mashhad Ferdousi University.

Rasmont, P., Leclercq, J., Jacob-Remacle, A., Pauly A. and Gaspar, C. 1993. The faunistic drift of Apoidea in Belgium, in: Bruneau E. (Ed.), Bees for pollination, Commission of the European Communities, pp: 65–87.

Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. American Naturalist, 102, 243-282.

Schowalter, T. 1996. Insect ecology. Oregon University Press.

Seaby, R. M. and Henderson, P. A. 2006. Species Diversity and Richness version 4. Pisces Conservation Ltd., Lymington, England.

Shannon C. E., Weaner, W. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana, IL: University fo Illinois Press.cited in Magurran, A. E., 2004, Measuring biological diversity, Blackwell Publishing: Oxford, UK, 256 pp.

Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163, 688. cited in Magurran, A. E., 2004, Measuring biological diversity, Blackwell Publishing: Oxford, UK, 256 pp.

Sugihara, G. 1980. Minimal community structure: an explanation of species abundance patterns.American naturalist, 116: 770-787.

Weigmann, G. 1973. Zur Ökologie der Collembolen und Oribatiden im Grenzbereich Land-Meer (Collembola, Insecta – Oribatei, Acari). Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 186: 295–391.

Williams, P. H. 1985. On the distribution of bumble bees (Hymenoptera, Apidae) with particular regard to patterns within the British Isles. Ph.D. thesis, Department of Applied Biology, University of Cambridge, Cambridge, UK. pp: 194–227.

Journal of Entomological Research

Volume 9, Issue 1, pages: 51-76

Islamic Azad University, Arak Branch
ISSN 2008-4668
http://jer.iau-arak.ac.ir

Species diversity of Megachilidae (Hymenoptera: Apoidea) in Yazd province

L. Dehghan Dehnavi*[*1], A. A. Talebi[2], Sh. Goldasteh[3], R. Vfaei Shooshtari[3]

1- Young Researchers and Elite Club, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran
2- Associate professor, Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3- Assistant professor, Department of Entomology, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran

Abstract

The family Megachilidae with more than 4000 wordwide described species is the thirth family of polliniting bees. In this research, in order to investigating the species diversity of Megachilidae, SDR software was used in different regions. The number of species in three counties Yazd, Mehriz and Taft, abundance percentage of each species than total species that collected is determined. The indices of abundance, diversity, evenness, richness species and also habitat similarity index for 48 species that collected in the three counties was calculated during 2012 and 2013. *Megachile rubripes* with relative abundance 48% in Yazd county in 2012, *Anthidium florentinum* with relative abundance 22.5% in 2013, *Megachile pilicrus* with relative abundance 26.3% in Mehriz county in 2012, *A. florentinum* with abundance 19.3% in 2013, *Lithurgus chrysurus* with relative abundance 23.8%% in Taft county in 2012, *Osmia caerulescens* with relative abundance 29% in 2013 have the most abundance between species. According to alfa species diversity indices, determined that Mehriz and Taft counties have hiegher species diversity in 2013. According to satatistic comparation of evenness indices of species of Yazd, Mehriz counties and also Taft county has similarity evenness in 2012, 2013, but species abundance evenness was more in Mehriz and Taft counties than Yazd county. Species evenness was similar in Mehriz and Taft counties in 2012, 2013. Rarefaction method showed that Taft county has hiegher richness species in 2012. β diversity index showed that Mehriz and Taft counties have the most similarity in 2012, 2013.

Key words: Relative Abundance, Evenness index, Richness species, Habitat similarity index, SDR software

* Corresponding Author, E-mail*: dehghan_lida@yahoo.com*
Received: 28 Jun. 2015 – Accepted: 22 Jan. 2017