

بررسی دید پیرامونی حشرات و قیاس آن در آثار علمی و هنری

دکترسید نجم‌الدین امیرشاه‌کرمی *

سیده فرزانه رئیس‌ساداتی **

چکیده

تصویرسازی علمی شاخه‌ای از تصویرسازی بر مبنای واقعیت‌های علمی است که توانسته یافته‌های علمی را با تکیه بر مهارت‌های تجسمی برگرفته از عرصه‌ی هنرهای دیداری به صورت قابل درک ارائه کند و گاه زمینه‌ساز توسعه و پیشرفت‌های علمی باشد. یکی از پرکاربردترین بخش‌های تصویرسازی علمی، حوزه دانش زیست‌شناسی است. با این وجود موضوعاتی مانند دیدن دنیا از چشم جانوران هنوز نیازمند بررسی‌های جستجوگرانه هدفمند است. در این میان حشرات به دلیل ساختار چشم‌های ساده و مرکب، دارای بینایی متفاوتی نسبت به بقیه جانوران هستند و این پژوهش به دنبال پاسخ به این سوال است که چگونه شناخت کارکرد بینایی حشرات در بازنمایی تصویر از دید آنها نمود یافته و چه عوامل هنری و علمی در این بازنمایی تعیین کننده بوده‌اند؟ پژوهش حاضر از نوع کاربردی است و جهت دستیابی به هدف، چگونگی زاویه دید مگس و زنبور را مورد بررسی و شناخت قرار می‌دهد تا بر مبنای آن بتوان به شیوه ثبت و خلق تصویر با معیارهای تصویرسازی علمی و بازنمایی شده از دید این دو حشره شناخت بهتری به دست آورد. یافته‌های این پژوهش به شیوه کیفی با ماهیت توصیفی-تحلیلی در سه حوزه دستاوردهای علمی، تخیلی و علمی-تخیلی دسته‌بندی شده‌اند.

نتایج بدست آمده از این سه بخش نشان می‌دهد استفاده از ویژگی‌های منحصر بفرد چشم مرکب در حشرات به ویژه مگس و زنبور همواره مورد توجه دانشمندان و هنرمندان بوده است. پیوند مطلوب میان اطلاعات علمی و تخیل هنری در زمینه بازنمایی تصویر از چشم این دو حشره منجر به خلق آثار بسیاری شده‌است. اما بازنمایی تصویر از دید حشرات هنوز هم یکی از موضوعات بکر و ناشناخته است که تصویرگران علمی می‌توانند با تمرکز بر آن آثار تازه‌ای خلق کنند همچنین الهام بخش راهبردهای مؤثرتر علمی باشند.

واژگان کلیدی: تصویرسازی علمی، تصویرسازی مستند، چشم مرکب حشرات، بینایی زنبور، بینایی مگس

مقدمه

جهان ماسرشار از شگفتی‌ها و ناشناخته‌هاست. در طول تاریخ اشتیاق به شناخت و کشف این ناشناخته‌ها همواره دانشمندان و هنرمندان را به تلاش واداشته تا حاصل دستاوردهای آنان سطح آگاهی و دانش بشر را هر چه بیشتر افزایش دهد. در این مسیر هنرمند با محرک احساس و به کمک تخیل و تجسم اثر خود را خلق می‌کند، در حالی که دانشمند از تخیل در طرح فرضیه‌ها بهره می‌گیرد و بر اساس اصول و قواعد علمی آنها را محک می‌زند. با این وجود در بعضی از زمینه‌ها این مرز ظریف میان هنر و علم با تعامل هنرمند و دانشمند برداشته می‌شود که از جمله آنها تصویرسازی علمی است. یکی از پرکاربردترین و با سابقه‌ترین بخش‌های تصویرسازی علمی حوزه دانش زیست‌شناسی است. با این حال بعضی موضوعات مانند دیدن دنیا از چشم جانوران دیگر و اینکه آنها چگونه دنیای اطراف خود را می‌بینند هنوز نیازمند بررسی و تلاش‌های جستجوگرانه جدید می‌باشد. در این زمینه حشرات با داشتن سازوکار بینایی متفاوت با دیگر جانوران و لی در تکاپوی زندگی در محیطی یکسان هستند. اینکه حشرات چگونه می‌بینند و جهان از چشم آنها چه جلوه‌ای دارد، اسرار زیادی را دربر دارد که هنر تصویرسازی با استناد به کاوش‌های علمی می‌تواند پاسخگوی آن باشد. از اینرو بازتاب پیرامون از دید حشرات در حوزه تصویرسازی با جلوه‌های متفاوت و کنجکاو برانگیز همراه بوده بطوریکه آثار، ادوات و پژوهش‌های انجام شده توجه ویژه هنرمندان، متخصصان فنی و دانشمندان را به این موضوع نشان می‌دهد. در این راستا به منظور ردیابی دستاوردها و تلاش برای دانش افزایی بیشتر در این زمینه مسأله‌ی این پژوهش معطوف به این است که در این حوزه موضوعی چه می‌گذرد، با طرح این پرسش که چگونه شناخت کارکرد بینایی حشرات در بازنمایی تصویر از دید آنها تجلی یافته و چه عوامل هنری و علمی در این بازنمایی تعیین کننده بوده‌اند؟ بر این مبنا، پژوهش

پیش‌رو چگونگی بینایی مگس و زنبور را مورد بررسی و شناخت قرار می‌دهد تا بر اساس آن بتوان به شیوه ثبت و خلق تصویر با معیارهای تصویرسازی علمی و بازنمایی شده از دید این دو حشره دست یافت.

این پژوهش از نوع کاربردی است که جهت دستیابی به هدف مورد نظر و پاسخ به سوال پژوهش از شیوه کیفی با ماهیت توصیفی - تحلیلی و برای گردآوری اطلاعات از روش کتابخانه‌ای استفاده شده است. در آغاز اصول و فرآیند تصویرسازی علمی مستند و پس از آن شناخت ساز و کار بینایی چشم‌های حشرات و بطور موردی بینایی مگس و زنبور مطالعه و بررسی می‌شود. سپس ثبت تصویر، آثار تصویرسازی و فیلم‌های تولید شده بر این مبنا، در حوزه دستاوردهای علمی، تخیلی و علمی - تخیلی دسته‌بندی شده‌اند که در هر بخش نمونه‌های یافت شده نسبت به متغیرها در قالب جدول و نمودار بررسی و مقایسه می‌شوند.

تصویرسازی

تصویرگری به گونه‌ای از هنر تصویری توضیح دهنده و توصیفی اطلاق می‌شود. تصویرگر غالباً به تجسم و ارائه موضوعی می‌پردازد که با زبان نوشتاری یا گفتاری نیز قابل بیان است، همین نکته عمده‌ترین وجه تمایز یک تصویرگر از یک نقاش است. ممکن است هدف کلی یک تصویرگر قابل فهم کردن یا جذاب نمودن موضوعی از یک متن باشد (پاکباز، ۱۳۹۰، ۵۳۲). امروزه تصویرسازی در زمینه‌های گوناگون تولید تصویر برای محصولات ارتباطی - رسانه‌ای اعم از فیزیکی مانند نشر چاپی و رسانه‌های جمعی منتشره با امواج تلویزیونی و مخابراتی همچون اینترنت کاربرد اساسی دارد. از طرفی، این تخصص افزون بر مستندسازی و شبیه سازی‌های علمی در رشته‌های هنری همچون معماری داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تصویرسازی علمی مستند دانش چگونگی ارتباط با موضوع، کاربرد روش‌های ارائه‌ی تصویری آن و پرداخت نهایی تصویر است که مهم‌ترین اصول

تصویرسازی علمی را در بر می‌گیرد. تصویرسازان در رشته‌های مختلف علمی هنرمندان متخصصی هستند که در خدمت تولید و گسترش علم، فعالیت می‌کنند. آنان برای تجسم درست یک موضوع، مهارت‌های زیبایی‌شناختی، فنی و مشاهده‌ای را مطابق با اصول علمی به کار می‌گیرند. رعایت ارتباط شکل‌ها، ساختارها، نسبت‌ها، اجزاء و مفاهیمی که از طریق واژه‌ها قابل انتقال نیست، پایه و اساس این تخصص هنری را تشکیل می‌دهد. در این زمینه بیشتر آثار به صورت چاپ شده ارائه می‌شوند ولی محل ارائه آنها می‌تواند نمایشگاه‌ها، انواع صفحات نوری، قالب‌های نمایشی، اینترنت و حتی بر دیوار هم باشد. در تصویرگری متن‌های علمی، اطلاعاتی و آموزشی، عامل خیال باید در محدوده‌ی نگرش علمی و آموزشی باشد، این از ویژگی‌های اصلی تصویرگری متن‌های علمی و اطلاعاتی غیرتخیلی است. تخیل تصویرگر تا جایی می‌تواند در ترجمه این متن‌ها به تصویر گسترش یابد که خدشه‌ای بر واقعیت علمی و آموزشی مفهوم و محتوای متن وارد نیاید و تخیل در چارچوب آموزش و انتقال اطلاعات درست حرکت کند. عامل خیال می‌تواند در ایجاد ارتباط سازنده و خلاق مؤثر باشد، سپس توجه اصلی را به سوی هدف آموزشی هدایت کند. تصویرسازی غیرتخیلی (مستند) بیشتر در قالب‌های علمی-آموزشی شکل می‌گیرد که به هدف‌های آموزشی کمک کند یا رسیدن به اهداف آن را مخدوش نسازد. در تصویرسازی علمی، اصالت و برتری با کارکرد ارتباطی-ادراکی اثر است تا کارکرد جلب توجه و صرفاً زیبایی‌شناختی؛ این‌گونه تصاویر همچنین رابطه نزدیک‌تر و مشخص‌تری با مفهوم متن دارند. از این‌رو تصویرگر علمی اغلب در امور آموزشی، کوتاه‌ترین، روشن‌ترین و مستقیم‌ترین راه را برای ارتباط مؤثر با مخاطب انتخاب می‌کند. تصویرهای غیرتخیلی به سه گروه تقسیم شده‌اند،

۱. تصویرهای غیرتخیلی روایت‌گر
(Narrative Nonfiction)

۲. تصویرهای غیرتخیلی طبیعت‌گرا
(Naturalistic Nonfiction)

۳. تصویرهای غیرتخیلی اطلاع‌رسان
(Info. Nonfiction) (حجت، ۱۳۸۷، ۱۱).

آنچه در این‌جا به عنوان تصویرسازی علمی مستند یاد می‌شود در حوزه تصویرسازی غیرتخیلی طبیعت‌گرا (Naturalistic Nonfiction) قرار دارد. اینگونه تصاویر آگاهی و دانش مخاطب را در زمینه‌ی مشخصی از علم افزایش می‌دهند. تصویر مستند به معنی ترجمه‌ی خلاقانه‌ی دیداری واقعیت و هنر ثبت تصویری پدیده‌های جهان است. در تصویرسازی مستند آنچه تصویر می‌شود منشأ واقعی دارد و با استناد به آن اعتبار می‌یابد. بطور معمول تصویرسازی‌های مستند غیرداستانی هستند مانند تصویرسازی‌های پیام‌رسان. شاخصه مهم اثر مستند تعهد تصویرگر به موضوع است. تصویرسازی مستند می‌تواند مدعی این باشد که حقایقی از جهان واقعی را به مخاطبان عرضه می‌کند. به عبارت دیگر تصویر مستند یعنی تعاملی مستمر میان امری واقعی و بازنمایی آن به نحوی که هر دو طرف، در عین تمایز از هم، در تعامل کنشی-واکنشی با یکدیگر باشند (وارد، ۱۳۹۱، ۹-۲۰). در این گونه از تصویرسازی می‌توان از تمام شیوه‌ها و ابزارهای ایجاد تصویر استفاده کرد. آنچه اهمیت دارد مطابقت با موضوع و دقیق بودن تصویر است که تنها راه رسیدن به این هدف دسترسی تصویرگر به اطلاعات کامل و جامع درباره موضوع است.

مرور پیشینه تصویرگری نشان می‌دهد بخش گسترده‌ای از تاریخی که از آن به عنوان تاریخ نقاشی یاد می‌شود مربوط به تصویرسازی است. بر این اساس از زمانی که انسان بر روی دیوار غارها تصویر صحنه‌های رزم، شکار، تصویر جانوران و نقش‌های خیالی را تصویر می‌کرده، در حال خلق تصاویر با تصویرسازی از رویدادهای دوران خود بوده است. «آرتور پوپ»^۱ باستان‌شناس آمریکایی، سفالینه‌های

منقوش را نخستین کتاب مصور انسان دانسته است (مهردادفر، ۱۳۹۰، ۲۶). به این سبب، هنر مصور کردن در غالب بیان مفاهیم در دوره‌های متفاوت رشد کرده و جدا از نقاشی نمود پیدا می‌کند. پیش از سده پانزدهم تا ابتدای قرن هجدهم میلادی، آثاری در علم پزشکی، جانورشناسی و گیاه‌شناسی و ادبیات اروپا موجود است. با مطالعه تصاویر این آثار می‌توان رد پای اولین تصویرسازی‌های علمی را دنبال کرد. در ایتالیا لئوناردو داوینچی^۲، از تصویرگران سرآمد دوران تجدید حیات علمی - هنری اروپا و از پیشگامانی بود که تصویرسازی علمی را بنیان نهاد. تصویرسازی‌های او منابع آموزنده‌ای برای علم تشریح و کالبدشناسی شد. همچنین یکی از مهم‌ترین شخصیت‌های علمی تا قبل از قرن هجدهم گالیلئو گالیله^۳، دانشمند، مخترع و ستاره‌شناس ایتالیایی بود. او یکی از پایه‌گذاران تحول علمی برای گذار به دوران دانش نوین بود (ا.رنان، ۱۳۶۶، ۴۸۲).

اما از قرن هجدهم تا قرن بیستم همراهی دانشمندان و پژوهشگران و هنرمندان به پیوند میان علم، ادبیات و هنر ابعاد گسترده‌تری بخشید و همگنی این فرآیند را در کنار هم ضروری و همیشگی ساخت. کتب تاریخ طبیعی، آثار باستانی، شاهکارهای ادبی، گیاه‌شناسی و بسیاری از دستاوردهای علمی تصویرسازی می‌شدند که نقش بسیار ارزنده‌ای در توسعه علم و دانش داشت (J. Ford, 1993, 126). از شخصیت‌های علمی - هنری این دوران ماریا زیبلا مریان^۴ طبیعت‌گرا و تصویرگر علمی اهل سوئیس، پی‌یر ژوزف ردوته^۵ نقاش و گیاه‌شناسی بلژیکی، فرانسیس بائر^۶ گیاه‌شناس و هنرمند اتریشی و جان جیمز اودوبان^۷ پرنده‌شناس، طبیعت‌گرا، شکارچی و نقاش آمریکایی را می‌توان نام برد.

تصویرگری در آغاز قرن بیستم مهم‌ترین رسانه قصه‌گویی یا روایت بصری بود. از ویژگی‌های فعالیت تصویرسازی در این قرن تخصصی شدن رشته‌های علمی است که به طبع آن شاخه تصویرسازی علمی

هم به طور تخصصی روی هر یک از این علوم تمرکز کرده‌است. ایس روان^۸ تصویرگر گیاه‌شناس استرالیایی و بئاتریس پاتر^۹ محقق قارچ‌شناس و نویسنده داستان‌های کودکان و نقاش انگلیسی از شخصیت‌های علمی و هنری در این دوره آثار شاخص بر جای گذاشتند.

اما در هنر نگارگری ایران اولین نگاره‌هایی که بطور مشخص برای متون علمی خلق شده‌اند را باید مربوط به آغاز حکومت‌های اسلامی دانست. پس از ورود اسلام به ایران، با اهمیت دادن و افزایش ارزش دانش، بسیاری از کتاب‌های علمی به زبان فارسی ترجمه و تألیف شد. همچنین دانشمندان بسیاری از جمله ابوریحان بیرونی، فارابی، ابوعلی سینا، زکریای رازی و دیگران آثار ارزشمندی در زمینه علوم مختلف تألیف کردند و تصویرسازی علمی بطور مشخص جزو جدانشدنی کتاب‌های علمی و آموزشی تا امروزه شد. از پیشگامان تصویرگری علمی و آموزشی معاصر ایران می‌توان از اکبرنیکان پور، پرویز کلاتری، منوچهر درفشه و نورالدین زرین کلک نام برد.

بینایی حشرات

اعضای بینایی در حشرات شامل چشم‌های مرکب و چشم‌های ساده می‌باشند. چشم‌های مرکب در دو سوی جانبی سر قرار گرفته و از تعداد زیادی واحد بینایی یا اماتیدی^{۱۰} تشکیل شده‌اند. تعداد چشم‌های ساده حداکثر ۳ عدد است که یکی میانی و روی پیشانی و دو عدد دیگر جانبی و در بالای سر جا گرفته‌اند (P. Hickman Jr, 2008, 427). چشم‌های ساده حشرات برای دریافت تصویر بسیار ضعیف هستند و تنها ممکن است بتوانند افق را برای شناسایی میزان نور تشخیص دهند تا اطلاعات کلی را برای ناوبری طی پرواز به‌دست آورند.

هر چشم مرکب حشره از تعداد زیادی واحد بینایی یا اماتیدی تشکیل یافته است. چشم‌های مرکب یک دید وسیع را از دنیای اطراف با یک میدان بینایی بزرگ به

وجود می آورند که می توانند تقریباً تمامی میدان بینایی واقع در بالا و پایین افق را دریافت کنند به استثنای یک ناحیه‌ی کور که اندازه‌ی آن حدود ۱۰ درصد از کل حد فاصله زیر قفسه سینه و شکم را تشکیل می دهد. اما وضوح بینایی چشم حشرات، کاهش یافته تا دید همه جانبه‌ی وسیعی از دنیای اطراف تأمین شود (کلودن، ۱۳۹۰، ۳۰۱-۳۱۰).

عمل بینایی و چگونگی تشکیل تصویر در چشم‌های مرکب بسته به طرز قرار گرفتن اماتیدی‌ها و ساختمان آنها دو حالت دارد:

الف- بینایی به روش تصاویر روی هم^{۱۱}، این روش بینایی بیشتر در حشراتی که به هنگام غروب و یا شب فعالیت می کنند دیده می شود.

ب- بینایی به روش تصاویر کنار هم^{۱۲}، این روش بینایی در حشرات روز پرواز مانند زنبورها، مگس‌ها و سخت بالپوشان روز پرواز دیده می شود (باقری زنوز، ۱۳۷۲، ۳۹۵-۳۹۳).

بینایی مگس

چشم مرکب مگس از حدود ۴۰۰۰ اماتیدی تشکیل شده است. ناحیه‌ای در جلوی چشم دارند با اندازه بزرگتر و زوایای بین اماتیدی که در آنها کوچک‌تر از بخش‌های دیگر است. این ویژگی در بخشی از چشم برای شناسایی، شکار و تعقیب کارایی داشته باعث ایجاد سطح بالایی از وضوح می شود. تصویر در چشم مرکب مگس به روش تصاویر کنار هم تشکیل می شود. در میان حیوانات، چشم مگس سریع‌ترین پاسخ‌ها را به محرک‌های دیداری می دهد. همچنین پردازش دید مگس چنان سریع است که آن را قادر به ردیابی حرکات تا پنج بار سریع‌تر از چشم انسان می کند (phys, 2012). بنابراین ویژگی بینایی چشم‌های مرکب مگس نسبت به انسان دارای زاویه دید گسترده بوده و نسبت به سایر حشرات وضوح دید بیشتری دارد. مگس همچنین قادر به تشخیص تیرگی و روشنی است.

زنبور

زنبورها دارای سه چشم ساده هستند. این چشم‌ها گیرنده‌هایی دارند که بیشترین حساسیت را به طول موج‌های نور ۳۴۰ و ۴۹۰ نانومتر نشان می دهند. این امر احتمالاً نشان دهنده‌ی وجود دو نوع رنگدانه‌ی حساس به نور در این حشره می باشد (ال.نیشن، ۱۳۸۹، ۱۱۸). تصویر در چشم مرکب زنبورها به روش تصاویر کنار هم تشکیل می شود. چشم‌های مرکب زنبوران عسل اطلاعات بینایی را به روش‌های متفاوتی پردازش می کنند به طوری که درک شکل و تشخیص الگو و رنگ در قسمت شکمی میدان بینایی جلویی بهتر پردازش می شود. هر عدسی یک تصویر کوچک را از میدان دید به وجود می آورد و دستگاه عصبی مرکزی این دیده‌ها را با هم تلفیق می کند (کلودن، ۱۳۹۰، ۳۰۸).

چشم مرکب زنبور عسل حدود ۱۰۰۰۰ اماتیدی دارد. چشم زنبور تصویر واضح اما کم نوری ایجاد می کند و نسبت به نور ماوراء بنفش بسیار حساس است. گیرنده‌های پلاریزاسیونی زنبورها به نور ماوراء بنفش واکنش نشان می دهند (باقری زنوز، ۱۳۷۲، ۴۰۰). زنبور نمی تواند شکل‌ها را به خوبی تشخیص دهد؛ مثلاً دو شکل مربع و دایره ۵ سانتی متری هم رنگ را با هم اشتباه می کند؛ ولی قادر است تفاوت بین دایره‌ای با سطح داخلی رنگ شده و دایره‌ای که پیرامون آن با همان رنگ پر شده را تشخیص دهد.

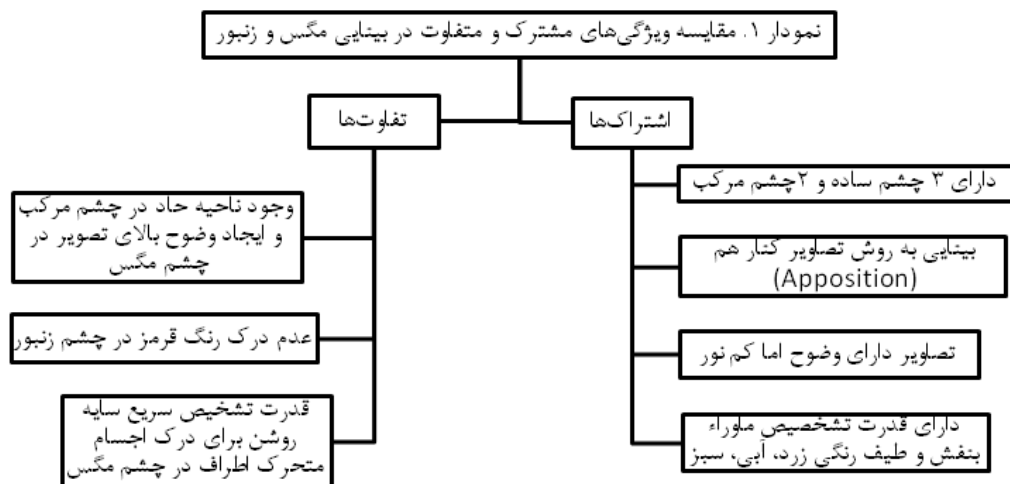
زنبور رنگ‌های زرد، آبی، آبی مایل به سبز و ماوراءبنفش را به طور واضح می بیند؛ درحالی که انسان قادر است حدود ۵۰ رنگ را به طور واضح ببیند و درجات بین آنها را تحت شرایط خاص تشخیص دهد. زنبور رنگ قرمز انتهای طیف رنگ را به صورت سیاه رنگ می بیند. در انتهای دیگر طیف، زنبور می تواند رنگ ماوراءبنفش را ببیند. بعضی از گل‌ها دارای رنگ ماورای بنفش هستند که انسان قادر به تشخیص آن نیست (هاشمی، ۱۳۸۰، ۳۲۲).

حشره	جدول ۱. ویژگی‌های بینایی مگس و زنبور
زنبور	دارای سه چشم ساده با حداکثر حساسیت به طول موج‌های ۳۴۰ و ۴۹۰ نانومتر، چشم مرکب دارای حدود ۱۰۰۰۰۰ اماتیدی و مکانیسم بینایی در آن به روش تصاویر کنا (Apposition)، عدم تشخیص رنگ قرمز و دیدن آن به رنگ سیاه، تصاویر واضح با نور کم، حساس به ماوراءبنفش، تشخیص رنگ‌های زرد، آبی سبز، قدرت تشخیص شکل‌ها
مگس	دارای سه چشم ساده، چشم مرکب دارای حدود ۴۰۰۰ اماتیدی و مکانیسم بینایی در آن به روش تصاویر کنار هم (Apposition)، ناحیه حاد در جلوی چشم مرکب اندازه بزرگتری داشته که باعث ایجاد سطح بالایی از وضوح است. قدرت تشخیص سایه و روشن

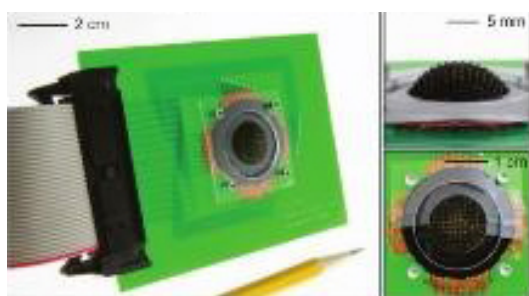
بنابراین ویژگی تصویر در چشم مرکب زنبور، گستردگی زاویه دید نسبت به انسان و داری وضوح بالا ولی کم نور نسبت به حشرات دیگر است. همچنین این حشره قادر به دیدن سطوح رنگی و به خصوص طیف رنگی نزدیک به ماوراءبنفش را دارد اما قادر به دیدن رنگ قرمز نیست و آن را به رنگ سیاه می‌بیند (جدول ۱ و نمودار ۱).

آثار و ادوات ثبت تصویر بر اساس ویژگی‌های بینایی مگس و زنبور طبیعت همواره الهام‌بخش دانشمندان و هنرمندان

بوده است. اگرچه هر دو علاقه‌مند به تشریح طبیعت هستند، هر کدام در بیان رویکردهای متفاوتی دارند. هنرمند جهان را دیداری و ذهنی تفسیر می‌کند در حالی که دانشمند در شرح چرایی و چگونگی پدیده‌ها می‌کوشد. در این میان شهود، الهام و تخیل نقش مهمی دارند. علم به عنوان یک فعالیت انسانی خلاق، بیشتر الهام‌بخش مسیری هنرمندانه است تا صرفاً پردازشگر داده‌ها. در طول تاریخ شواهد زیادی بر تناظر و هم‌سویی دیدگاه‌های دانشمندان و هنرمندان وجود داشته است که در آن هنرمندان گاه کشفیات دانشمندان را پیش آگهی داده‌اند (آتالای، ۱۳۸۹، ۳۰-۲۷).



این زمینه برای خلق تصویر با سوژه‌های علمی، علمی - تخیلی و تخیلی یاری رسان باشد (تصویر ۱). هر چند ساخت این دوربین با تعبیه شماری از میکرولنزها و با الهام از شیوه قرارگیری چشم‌های مرکب مگس ساخته شده ولی در عمل تنها بخشی از توانایی‌های شناخته شده این گونه بینایی به دست آمده تا تصویری مشابه شیوه‌ی دید این حشره ثبت شود. البته باید در نظر داشت هنوز حاصل پردازش کامل آنچه چشم‌های مرکب مگس می‌بینند روشن نیست. از اینرو این دستاورد به مراتب بر اساس دانسته‌های ساختاری و شکلی چشم حشره ساخته شده و کار می‌کند.



تصویر شماره ۱- اجزای سازنده دوربین دیجیتال (منبع: nature, 2013)

دوربین فضایی با اقتباس از کارکرد بینایی چشم مگس

این دوربین با استفاده از کارکرد چشم مگس طراحی شده است. کارکرد دوربین چشم مگس دارای وضوح تصویربرداری محدود و پوشش گسترده فضایی است. دوربین چشم مگس اجازه می‌دهد مطالعه محدوده وسیعی از حوزه رویدادهای نجومی ناشناخته امکان‌پذیر شود (András Pál, 2013).

در تصویر بدست آمده از این دوربین تنها مؤلفه زاویه دید گسترده در بینایی مگس مشاهده می‌شود. در این مورد هم بیشتر به کارآیی وسعت میدان دید در تولید این دوربین توجه شده که از دید همه سونگر چشم

گاه علم برای نمایش و آموزش دستاوردهای خود باعث تفکر و تخیلی هنری می‌شود و گاهی تخیل هنری پیش برد علمی دارد. تخیل هنرمند آزادانه به نمایاندن ناممکن‌ها می‌پردازد و دانشمند با تعریف و توضیح ممکن‌ها این تخیل را به دستاوردی ممکن تبدیل می‌کند. با بررسی نمونه‌ها از آثار و دستاوردهایی که با تأثیر از ویژگی‌های بینایی مگس و زنبور خلق شده‌اند مشخص می‌شود چگونه دانشمندان و هنرمندان با الهام از کارکرد بینایی حشرات به خلق و تولید آثار مختلفی دست زده‌اند. این بررسی در سه بخش علمی، تخیلی و علمی - تخیلی انجام گرفته است.

بخش اول، دستاوردهای علمی

ساختار بینایی حشرات از جمله پدیده‌های ناشناخته طبیعی بوده که دانشمندان برای بررسی و کشف چگونگی کارکرد آن تلاش کرده‌اند. با آشکار شدن بخشهایی از ویژگیهای ساختاری و کارآیی چشمهای مرکب، آنان به ساخت ابزار و تجهیزات ثبت تصویر روی آورده‌اند تا چگونگی دید حشره را شبیه سازی کنند. این یافته‌ها می‌تواند مبنا و استناد علمی برای تصویرسازی محیط پیرامون از چشم حشرات باشد. منتخبی از آنها بدین شرح است.

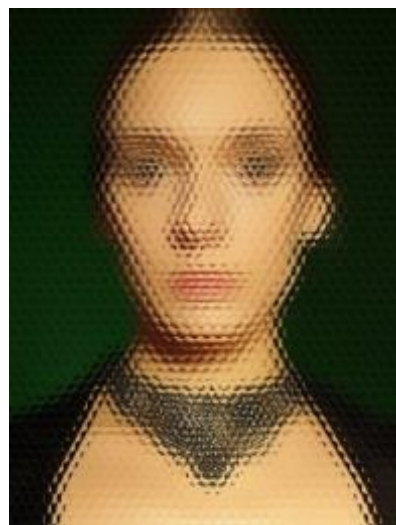
ثبت تصویر بر اساس بینایی چشم مگس

در سال ۲۰۱۳ در آمریکا دوربین جدیدی بر اساس سازوکار چشم مگس ساخته شد. این دوربین با تعداد زیادی میکرولنز شبیه ساختار اماتیدی چشم مگس توانایی ثبت تصویر با زاویه ۱۸۰ درجه را داراست (Song, 2013). تصویر ثبت شده توسط این دوربین از نظر عمق میدان وضوح تصویر بسیار شبیه به چشم حشرات بوده اما از نظر میدان دید نزدیک به ۳۶۰ درجه را پوشش می‌دهد. همچنین قابلیت ثبت طیف رنگی مطابق با چشم حشرات را ندارد. این دوربین ابزاری برای ایجاد تصویر (تصویرسازی) از دید حشرات به حساب آمده که می‌تواند به تصویرگر در

مگس ملهم است. در عین حال تداعی گر این نکته نیز هست که جنبش و جابجایی در ژرفا و محدوده‌ای گسترده از دید این دوربین مخفی نمی‌ماند، همانگونه که بینایی مگس از جهات مختلف حرکت و جنبش اطرافش را تشخیص می‌دهد.

لنز چشم مگس، در چاپ انتگرال سه بعدی
به دلیل استفاده از آرایش عدسی‌های چشم مگس، حالت منحنی و لانه زنبوری عدسی‌ها، این لنز چشم مگس نامیده شده است. ساخت نمونه‌های اولیه در سال ۱۸۰۰ میلادی با استفاده از سطوح منحنی برای شناخت بینایی مگس انجام گرفته

می‌دهد تا تصویری از عناصر محیط پیرامون شکل گیرد، با این حال این نکته وجود دارد که گویی هر کدام از چشم‌ها مطابق چشم معمولی جانداران دیگر عمل می‌کنند. بازنمایی تصویر از دید حشرات بدین صورت هم توسط دانشمندان و هم هنرمندان به عنوان فرض اصلی چگونگی ادراک بینایی آنها در نظر گرفته می‌شود. از اینرو هر دو گروه در ادوات و آثارشان به گونه‌ای این ویژگی بینایی حشرات را نشان می‌دهند، در حالیکه امکان دارد تصویر با ساختار و جزئیات متفاوت دیگری در ذهن هر کدام از این دو حشره بوجود آید.



تصویر شماره ۲- (forward, 2013)

ساخت چشم مرکب مصنوعی مگس
این ربات با الهام از چشم مگس، به روی سطح منحنی با تعداد ۳۶۰ اماتیدیوم یا گیرنده نوری ساخته شده است. این چشم مصنوعی بسیاری از خواص چشم مرکب از جمله دریافت طیف گسترده نور محیط و خاصیت انطباق پذیری و شفافیت را داراست (Franceschini, 2014, 773-775). درک تصویر این ربات با استفاده از ویژگی تشخیص نور پلاریزه برای تعیین جهت را می‌توان بخشی از بازنمایی تصویر چشم مرکب مگس دانست. این دستاورد افزون بر قابلیت

است. اولین عکس انتگرال در سال ۱۹۰۸ به ثبت رسیده است. اما در روش جدید با استفاده از اشعه ماوراءبنفش قطرات کوچک رزین را به صورت واضح و شفاف روی سطح پلاستیکی با نظمی معین چینش می‌کنند (تصویر ۲). در این تصویر ویژگی دید مشبکی، اماتیدی‌ها و وضوح کمتر تصویر نسبت به وضوح دید انسان را می‌توان بازنمایی از چشم مرکب مگس دانست. طراحی و تولید این لنز بر اساس پرشمار بودن چشمان مرکب حشرات مورد بحث است. هر کدام از لنزها تصویر خود را به مغز انتقال

گستره میدان دید، ساختار چشم مرکب و حساسیت به میزان نور محیط می تواند به پرواز درآید و در جهات مختلف مانند حشره حرکت کند. بنابراین تصاویر ثبت شده می توانند تأثیر حرکت را در تصویر نمایان کنند. از اینرو تصاویری اینچنین در شرایطی بدست می آید که شبیه دید حشره در حال پرواز است.



تصویر شماره ۳- میکرو هلیکوپتر ۱۰۰ گرمی (Franceschini, 2014, 768)

از جمله این آثار در زمینه حجم و مجسمه سازی می توان از اثر گراهام کالدول^{۱۳} با عنوان «چشم مرکب»^{۱۴} نام برد. او در این اثر مفهومی با ترکیب آینه ها تداعی حس نگرانی از دیده شدن در مقابل دوربین های امنیتی در دنیای امروز همچنین تداخل فضاها در یک زمان را به نمایش گذاشته است (arsenalmontreal, 2008) (تصویر ۴).

کریستین برگ^{۱۵} هنرمند دیگری است که با استفاده از مفهوم و ساختار چشم مرکب اثر حجمی منحصر به فردی با عنوان «من / چشم مرکب»^{۱۶} خلق کرده است. این اثر با استفاده از آینه های متعدد در ابعاد بزرگ، تداعی کننده چشم حشره ای غول پیکر است که مخاطب خود را در آن می بیند (berg, 2016) (تصویر ۵).



تصویر شماره ۵- چشم مرکب / من (kirstenberg, 2016)

همچنین لی سانجیو^{۱۷} با تأثیر از چشم مرکب، در نمایشگاه خود حجم اثری با عنوان «عینک چشم مرکب»^{۱۸} خلق کرد. او در طراحی این عینک بزرگ، به جای سطح شیشه ای عینک از قطعات کوچک شش ضلعی عدسی برای تداعی نوع بینایی متفاوت حشرات استفاده کرد (artlaneprivatesalon, 2010) (تصویر ۶).

در زمینه عکاسی نیز می توان از اثر النا کالیکوا^{۱۹} با عنوان «چشم مرکب، تکثیر زیبایی را می بیند»^{۲۰} و «چشمان پروانه»^{۲۱} نام برد (artlaneprivatesalon, 2010) (تصویر ۷-۸).



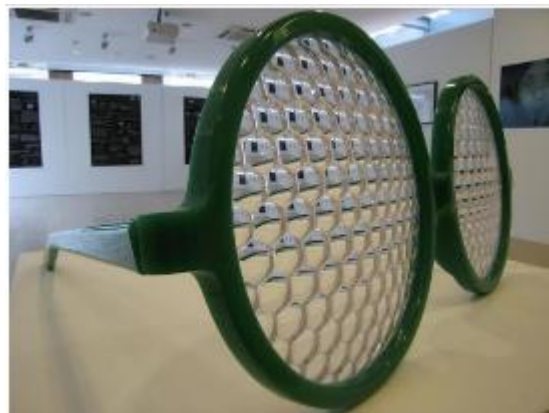
تصویر شماره ۴- چشم مرکب (arsenalmontreal, 2008)

بخش دوم، تخیلی

بینایی حشرات و چگونگی کارکرد آنها از نظر هنرمندان هنرهای تجسمی دور نمانده است. بینایی متفاوت حشرات به واسطه داشتن ساختاری متفاوت با بینایی انسان همواره الهام بخش هنرمندان این شاخه از هنر بوده و آثار مفهومی مختلفی با تکیه بر این سازوکار خلق شده است.

و دانش زیست‌شناسی از بینایی حشرات همچنین تخیل و ذوق هنری درباره آنچه حشرات می‌بینند مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

فیلم کوتاه چگونه حشرات دنیا را می‌بینند؟ (۲۰۱۴)
این فیلم به کارگردانی تونی نورد^{۲۴} در سال ۲۰۱۴ و با زمان نمایش ۱۳،۰۳ ساخته شده است که توانایی بینایی زنبور و سنجاقک را از نظر وضوح، مطالعه و مقایسه کرده است. به علت ابعاد بزرگتر چشم سنجاقک نسبت به زنبور شمار زیادی‌تری اماتیدی‌ها ساختار آنها را تشکیل می‌دهند و تصویر پیرامون با بینایی سنجاقک دارای وضوح بیشتری است. این فیلم به ویژگی‌های دیگر بینایی زنبور از جمله قدرت تشخیص رنگ، زاویه دید و قدرت تشخیص شکل‌ها پرداخته است.



تصویر شماره ۶- عینک چشم مرکب (artlaneprivatesalon, 2010)

همچنین در زمینه نقاشی می‌توان به اثر بورلی راینر^{۲۲} با تکنیک کولاژ که با الهام از بینایی حشرات با عنوان «چشم مرکب»^{۲۳} خلق شده است اشاره کرد (beverlyr, 2007) (تصویر ۹).



تصویر شماره ۸- چشم مرکب، تکثیر زیبایی را می‌بیند (society6, 2017)



تصویر شماره ۷- چشمان پروانه (society6, 2017)

در نتیجه تصاویر خلق شده فیلم به طور کامل آنگونه که این حشرات می‌بینند نمایش نمی‌دهد (تصویر ۱۰).

بخش سوم، علمی تخیلی
در این بخش آثار تولید شده با ترکیب شناخت علمی

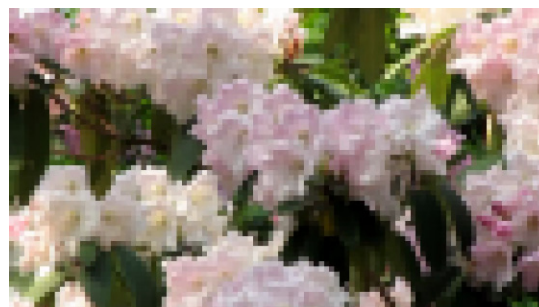
مقایسه کرده است. این فیلم از نظر بررسی تشخیص طیف رنگ از دید زنبور موفق بوده است؛ اما به دلیل لحاظ نشدن بقیه ویژگی‌های بینایی از دید زنبور نمی‌تواند تصویر کامل و دقیقی باشد (تصویر ۱۱).

فیلم انیمیشن آموزشی بینایی حشرات (۲۰۱۱)
این فیلم به کارگردانی لری کلی^{۲۶} سال ۲۰۱۱، تهیه‌کننده PhysioViva و با زمان نمایش ۳۳،۰۳ ساخته شده است. این انیمیشن آموزشی برای ساختار چشم مرکب می‌باشد که به طور کلی به بررسی قرارگیری اماتیدی‌ها و تشکیل تصویر به شکل موزاییکی در بینایی چشم حشرات تاکید دارد که تداعی‌کننده تشکیل تصویر به روش تصاویر کنار هم است (تصویر ۱۲).

انیمیشن علمی تخیلی زنبور عسل^{۲۷} (۲۰۰۷)
این فیلم به کارگردانی سیمون جی. اسمیت^{۲۸} و استیو هیکنر^{۲۹}، تولید شده در سال ۲۰۰۷، به سازندگی شرکت DreamWorks Animatio آمریکا، به مدت ۹۱،۰۰ ساخته شده است که در این فیلم انیمیشن، زندگی زنبور عسل و تأثیر آن در چرخه طبیعت را به نمایش می‌گذارد. ترکیب علم و تخیل در این فیلم به خوبی دیده می‌شود. ولی با اینکه شخصیت‌های داستان زنبورهای عسل هستند نماهای زاویه دید آنها مطابق با ویژگی‌های واقعی بینایی زنبور نیست. تنها در نمای مشاهده گل‌ها به تشخیص رنگ در بینایی این حشره اشاره می‌شود؛ در حالیکه همچنان ویژگی‌های وضوح،



تصویر شماره ۹- چشم مرکب (Raynebeverlyr, 2010)



تصویر شماره ۱۰- نمایش تصویر از دید زنبور در فیلم مستند آموزشی «چگونه حشرات دنیا را می‌بینند؟» (youtube, 2014)

فیلم کوتاه درک طیف رنگی در بینایی حشرات (۲۰۱۳)
این فیلم به کارگردانی دکتر کلاوس اشمیت^{۲۵}، در سال ۲۰۱۳، به سفارش نمایشگاه فتوستنز هلند، با زمان نمایش ۴۵،۰۲ ساخته شده است. دکتر اشمیت در این فیلم با استفاده از عکاسی فرابنفش، تشخیص طیف رنگی در بینایی انسان، پروانه و زنبور را به دقت



تصویر شماره ۱۱- نمایش رنگ‌ها از دید زنبور در فیلم کوتاه «درک طیف رنگی در بینایی حشرات» (youtube, 2013)



فیلم سینمایی ایگا^{۳۰} (۲۰۱۲)

این فیلم به کارگردانی راجاماولی^{۳۱} در سال ۲۰۱۲، و تهیه‌کنندگی Varahi Chalana Chitram هندوستان با زمان نمایش ۱۳۴ دقیقه ساخته شده است. این فیلم ماجرای فردی است که به مگس تبدیل شده و از دید این حشره داستان بیان می‌شود. جلوه تصویر با بافت مشبک و مقداری تغییر زاویه دید مشابه بینایی چشم مگس است (تصویر ۱۵).

هنر دیجیتال با استفاده از واقعیت مجازی

این پروژه به نام «نمای چشم مگس» به منظور افزایش شناخت عمومی نسبت به همبستگی علم و هنر است که با معرفی واقعیت مجازی و استفاده از هنر دیجیتال برای آموزش کودک و نوجوان ۷ تا ۱۱ سال انجام شده است. در این پروژه با استفاده از سازه‌ای شبیه مگس، تجربه پرواز و نمایش تصویر از زاویه دید این حشره را با استفاده از ترکیب فناوری واقعیت مجازی و هنر دیجیتال برای کاربران ممکن کرد. این آغازی برای یک سری اکتشافات با استفاده از هنر دیجیتال برای رسیدن به تحول در شیوه آموزش و تحریک تفکر خلاق در افراد شرکت‌کننده در این دوره بود (smith, 2002, 124-132) (تصویر ۱۶).

تصویرسازی علمی در کتاب اکتشافات حشرات

در این کتاب مصور که نشر اول آن در بریتانیا و در سال ۲۰۰۵ انجام شده است، به طور کلی زندگی

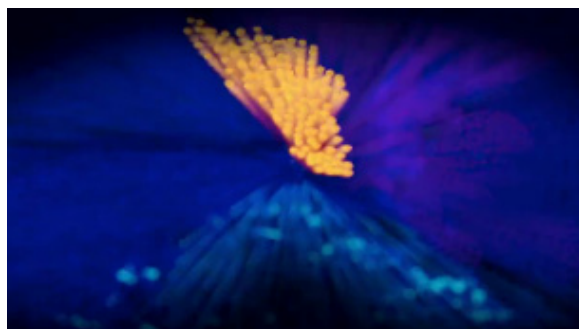
ادراک شکل و زاویه دید دقیقاً آنگونه نیست که زنبور می‌بیند. در بقیه نماهای زاویه دید، موضوع بر اساس بینایی انسان تصویرسازی شده است (تصویر ۱۳).



تصویر شماره ۱۲- نمایش چگونگی دیدن حشرات در فیلم مستند آموزشی «بینایی حشرات» (physio viva, 2011)

فیلم سینمایی مگس (۱۹۵۸)

این فیلم به کارگردانی کورت نویمان در سال ۱۹۵۸ با زمان نمایش ۹۴ دقیقه ساخته شده است. یکی از سکانس‌های تأثیرگذار این فیلم، نمای زاویه دید شخصیت اصلی داستان است که به مگس تبدیل شده است. اما تصویر ساخته شده از زاویه دید مگس، فقط حالت موزائیکی را نمایش می‌دهد که بیانگر کارکرد بینایی چشم مرکب مگس به روش تصاویر کنار هم می‌باشد و فاقد ویژگی‌های بینایی دیگر از زاویه دید مگس از جمله وضوح تصویر، میدان دید و تشخیص رنگ می‌باشد (تصویر ۱۴).



تصویر شماره ۱۳- نمای زاویه دید زنبور عسل، انیمیشن «زنبور عسل» (۷۰۰۲)



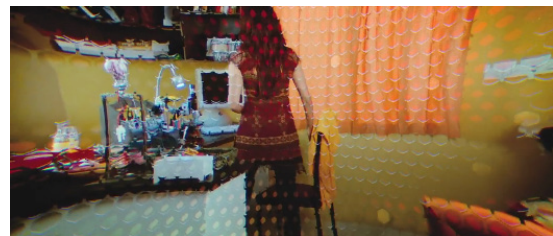
تصویر شماره ۱۴- نمای نقطه نظر از دید مگس، فیلم مگس (۱۹۵۸)

دایره‌المعارف‌های علمی به شمار می‌رود اما تصویر ارائه شده از چشم حشره فاقد تمامی ویژگی‌های شناخته شده از بینایی آنها می‌باشد. در این تصویر فقط نمایش بینایی به روش تصاویر کنار قابل مشاهده است (تصویر ۱۷).

طراحی ایستگاه اتوبوس

این سازه محیطی، با استفاده از پلاستیک و صدها لنز، شبیه‌ساز چشم حشرات است که در باغ وحش حشرات ویکتوریا در آمریکا نصب شده است. این اثر مفهومی و کاربردی بازدیدکنندگان از باغ وحش را تحت تأثیر قرار می‌دهد و آنها در مواجهه با آن می‌توانند تصویر خود را از زاویه دید حشرات تصور کنند. اما در این تصویر فقط می‌توان روش تشکیل تصویر در چشم حشرات به روش تصاویر کنار هم را بازسازی کرده و تصویر فاقد نمایش دیگر ویژگی‌های بینایی حشرات می‌باشد (تصویر ۱۸).

حشرات، شناخت ساختار اندام‌های درونی و بیرونی، اعصاب و اعضای دیگر آنها را مورد مطالعه قرار داده‌است. در قسمت معرفی اندام حس بینایی



تصویر شماره ۱۵- نمای نقطه نظر از دید مگس در فیلم ایگا (۲۰۱۲)

برای درک بهتر مطلب، تصویری ساخته شده از دید چشم مرکب حشره قرار دارد که با زاویه دید انسان مقایسه شده‌است. با وجودی که این کتاب در زمره

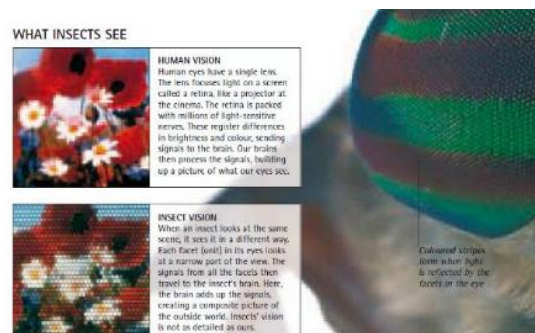


تصویر شماره ۱۶- پروژه معرفی هنر دیجیتال با استفاده از واقعیت مجازی و هنر دیجیتال به نوجوانان (smith, 2002, 124-132)

زندگی مگس برای مخاطب شبیه‌سازی می‌شود. با این وجود نمی‌توان شاخصه‌های علمی از نگاه یک مگس را در تصویرسازی‌های این بازی مشاهده کرد (تصویر ۲۰).

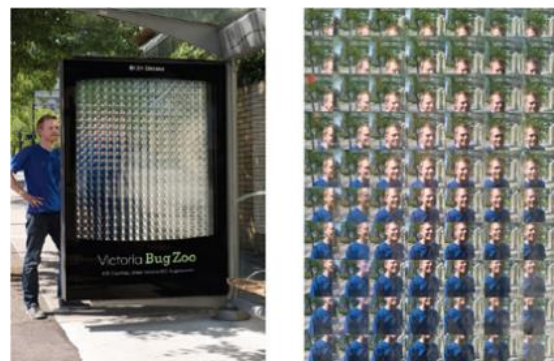


تصویر شماره ۱۹- تصویر ثبت شده به وسیله تلفن همراه با استفاده از اپلیکیشن fly eye



تصویر شماره ۱۷- کتاب اکتشافات حشرات (Lister, 2005, 18)

طراحی اپلیکیشن Fly eye برای تلفن همراه این اپلیکیشن برای سیستم عامل‌های Android و ios طراحی شده است. با نصب این برنامه بر روی گوشی و تبلت می‌توان با شبیه‌سازی از بینایی در چشم مرکب حشرات عکس ثبت کرد. این نرم افزار با استفاده از قابلیت چشم‌های مرکب به روش تصاویر کنار هم طراحی شده است. اما سایر ویژگی‌های بینایی از جمله تشخیص طیف رنگی، میزان وضوح و زاویه دید در این برنامه وجود ندارند (تصویر ۱۹)



تصویر شماره ۱۸- ایستگاه اتوبوس باغ وحش، آمریکا



تصویر شماره ۲۰- تصویر نمایی در بازی insectflylifesurvivalsimulator

ساخت بازی رایانه‌ای Insect Fly Life Survival Simulator

این بازی برای سیستم عامل‌های Android و ios طراحی شده است. در این بازی کاربر به جای مگس قرار می‌گیرد و با نوع پرواز، غذا و خطراتی که جان مگس را تهدید می‌کند آشنا می‌شود. به این ترتیب

بررسی و نتیجه‌گیری

بطور کلی تحلیل دستاوردها در سه گروه علمی، علمی - تخیلی و تخیلی نشان می‌دهد، در زمینه دستاوردهای علمی استفاده از ویژگی‌های اختصاصی چشم مرکب مگس و زنبور همواره مورد توجه بوده بطوری‌که بازنمایی پیرامون از چشم آنها بر این موارد تأکید دارد، همه دستاوردها از شواهد و یافته‌های علمی در این زمینه به صورت مستقیم پیروی می‌کنند. این پیروی درباره دستاوردهای علمی پذیرفتنی است، ولی در مورد دستاوردهای علمی - تخیلی به نظر می‌رسد پدیدآورندگان بیشتر براساس یافته‌های علمی آثار خود را بوجود آورده و از اصول علمی کمتر فاصله گرفته‌اند.

ابزار ثبت تصویر در زمینه‌های مختلف علمی - کاربردی، مانند دوربین‌های هوا و فضا، دوربین عکاسی و چاپگرهای سه بعدی با استفاده از دانش و آگاهی نسبت به کارکرد بینایی مگس و زنبور ساخته شده‌اند، اما تصویر بدست‌آمده از این ابزار را نمی‌توان بازنمایی همان تصویری دانست که آنها می‌بینند.

در بخش علمی - تخیلی تحلیل دستاوردها حاکی از آن است که پیوند مطلوب میان اطلاعات علمی و تخیل هنری در زمینه بازنمایی تصویر از چشم مگس و زنبور منجر به خلق آثار بسیاری شده است. همچنین در تولید کتاب‌ها و فیلم‌های آموزشی، فیلم‌های سینمایی زنده و انیمیشن و مانند آنها یافته‌ها و اصول علمی مورد توجه بوده است. در این تصاویر ویژگی‌های بینایی از دید این دو حشره وجود دارد اما این تصاویر را نمی‌توان بازنمایی دقیق تصویر برابر با دید مگس و زنبور محسوب نمود.

در بخش تخیلی بررسی آثار هنری نشان از این دارد که نوع بینایی متفاوت مگس و زنبور از نظر هنرمندان دور نمانده است. چشم مرکب این حشرات و کارکرد آن در زمینه‌های مختلف هنری از جمله عکاسی، مجسمه‌سازی، نقاشی و هنر مفهومی الهام‌بخش این هنرمندان بوده است. اما در آثار هر یک از آنان می‌توان

تنها بخشی از شاخصه‌های بازنمایی تصویر از دید مگس و زنبور را دید و نمایش خلاقانه، تخیلی و زیبایی‌شناسانه اهمیت بیشتری دارد. همچنین در ایجاد آثار تخیلی نیز با احتیاط اغراق شده است. بنابراین می‌توان گفت شبیه‌سازی واقعیت شناخته‌شده منطبق با دید این دو حشره در ادوات ثبت تصویر رعایت شده است. در گروه علمی - تخیلی آثار با مقداری تغییر و تعبیر واقعیت منعکس می‌شود و در گروه سوم هنرمندان با افزایش اغراق و خیال‌پردازی به خلق اثر پرداخته‌اند.

بدین ترتیب نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهد در زمینه بینایی زنبور و مگس هنوز یافته‌های علمی کامل نیست. به‌طوری‌که پژوهش‌های صورت گرفته تاکنون تنها اسراری از چگونگی سازوکار این بینایی را کشف کرده‌اند. بنابراین تلاش‌ها برای تولید تصویر از ثبت بوسیله دوربین ویژه گرفته تا لنز و مجموعه لنزها برای شبیه‌سازی دید این دو حشره و موارد یاد شده دیگر فقط بر مبنای این دانسته‌ها بوده است. تصاویر علمی تهیه شده بیشتر بر چگونگی شکل، نور، رنگ عناصر و فضای پیرامون از دید این حشرات دلالت دارند. در حالی‌که هنوز برای تصویرسازی سوژه از دید این دو حشره می‌تواند سوالاتی از این قبیل برای تصویرگر مطرح شود، حشره در حالی که بی‌حرکت است چگونه عناصر ثابت پیرامون خود را می‌بیند؟ در همان حال چگونه عناصر متحرک را می‌بیند؟ اگر در حال پرواز باشد عناصر ثابت چگونه دیده می‌شوند؟ در پرواز عناصر متحرک چگونه دیده می‌شوند؟ آیا حشره پرسپکتیو پیرامون را همانند انسان می‌بیند؟ این‌ها از مواردی است که تصویرگران علمی، معیار علمی برای به تصویر کشیدن آنها ندارند. در مقابل تصویرگران علمی - تخیلی تا جایی که با استناد علمی امکان‌پذیر شده تصاویری ارائه کرده‌اند، پس از آن به صورت تخیلی آنها را پاسخ داده و تصاویر خیالی تولید کرده‌اند. بی‌تردید چگونگی دید چشم مرکب در مگس و زنبور کماکان از جمله اسراری است که برای

بی نوشت:

- 1-Arthur Upham Pope
- 2- Leonardo da Vinci
- 3-Galileo Galilei
- 4- Maria Sibylla Merian
- 5-Pierre-Joseph Redouté
- 6-Franz Andreas Bauer
- 7-John James Audubon
- 8-Marian Ellis Rowan
- 9-Helen Beatrix Potter
- 10-Ommatidie
- 11-Superposition
- 12-Apposition
- 13-Graham Caldwell
- 14-Compound Eye
- 15-Kirsten Berg
- 16-Compound Eye / I
- 17-Li Songhua
- 18-Compound Eye Glasses
- 19-Elena Kulikova
- 20-Compound Eyes See her Beauty Multiply
- 21-Butterfly Eyes
- 22-Beverly Rayner
- 23-Compound Eye
- 24-Tony North
- 25-Dr Klaus Schmitt
- 26-Larry keeley
- 27-Bee Movie
- 28-Simon J. Smith
- 29-Steve Hickner
- 30-Eega
- 31-S. S. Rajamouli

هنرمندان و دانشمندان کنجکاوی برانگیز است. در این راستا چه بسا پژوهش‌هایی با تکیه بر فناوری پیشرفته به طور غیر رسمی و به صورت محرمانه انجام شده و یا در دست انجام می‌باشد که نتایج بدست‌آمده با توجه به اهداف و ملاحظات نظامی، امنیتی و حتی اقتصادی منتشر نخواهند شد، از این رو تا هنگامی که این اسرار آشکار شوند، تصویرسازی‌های تخیلی می‌توانند منابع غنی محرک ایده و طرح سؤال برای رسیدن به نوآوری‌های علمی باشند، جایی که تخیل هنری منجر به جرقه‌ای از ایده شود، اندیشه را از بن‌بستی برهاند و توجه دانشمندان را به مسیرهای جدیدی برای جستجو جلب کند.

در تصویرسازی علمی، بازنمایی تصویر از دید حشرات به ویژه مورد مطالعه این پژوهش، بینایی مگس و زنبور، همچنان یکی از موضوعاتی بکر و ناشناخته است که تصویرگران علمی می‌توانند با تمرکز بر آن آثار تازه‌ای خلق کنند و در عین حال الهام‌بخش تدابیر و راهبردهای موثرتر در آزمایش‌ها و اکتشافات علمی باشند.

فهرست منابع

- آتالاری، بولنت (۱۳۸۹)، ریاضیات و مونا لیزا، مترجم فیروز مقدم، نشر مازیار، تهران
- احمدی، بابک (۱۳۹۳)، حقیقت و زیبایی، نشر مرکز، تهران
- ارنان، کالین (۱۳۶۶)، تاریخ علم کمبریج، ترجمه حسن افشار، نشر مرکز، تهران
- ال. نیشن، جیمز (۱۳۸۹)، فیزیولوژی و بیوشیمی حشرات، مترجم محسن یزدانیان، انتشارات مختومقلی فراغی، گرگان
- باقری زنوز، ابراهیم (۱۳۷۲)، اصول مرفولوژی و فیزیولوژی حشرات، انتشارات دانشگاه تهران، تهران
- پاکباز، رویین (۱۳۹۰)، دایره المعارف هنر، فرهنگ معاصر، تهران
- چاپمن، اراف (۱۳۹۱)، حشرات، ساختمان و عمل، مترجم جلال جلالی سندی و همکاران، انتشارات دانشگاه گیلان، رشت
- حجت، مریم (۱۳۸۷)، تصویرسازی و مدلسازی علمی، مدرسه، تهران
- دفتر انتشارات کمک آموزشی (۱۳۸۳)، ویژگی ها و اصول تصویرگری کتاب آموزشی، سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی، تهران
- کلودن، مارک جی. (۱۳۹۰)، سامانه های فیزیولوژیک در حشرات، مترجم محسن یزدانیان، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان
- مجتهدزاده، کمال (۱۳۸۰)، مرفولوژی و آناتومی حشرات، انتشارات جهان کده، تهران
- مهردادفر، مریم (۱۳۹۰)، تصویرسازی، انتشارات مارلیک، تهران
- میرمویدی، علی نقی (۱۳۸۵)، اصول رده بندی حشرات، انتشارات دانشگاه رازی، کرمانشاه
- وارد، پل (۱۳۹۱)، مستند حواشی واقعیت، مترجم حمیدرضا احمدی لاری، نشر ساق، تهران
- هاشمی، مسعود (۱۳۸۰)، راهنمای کامل پرورش زنبور عسل، انتشارات فرهنگ جامع، تهران

منابع انگلیسی:

- P. Hickman(2008), Cleveland, Integra ted Pr inciples of Zoology, McGraw-Hill, New York
- Brian J. Ford(1993) Images of science, a history of scientific illustration, Oxford University Press, New York
- F.Land, Michael, 1997, visual acuity in insects, annualreviews, 42, 147-77
- Neumann, Titus R., 2002, Modeling Insect Compound Eyes, Space-Variant Spherical Vision ,Berlin, Proceedings of the 2nd International Workshop on Biologically Motivated Computer Vision (BMCV 2002), Springer-Verlag, p360-367
- Franceschini, Nicolas; 2014; Small Brains, SmartMachines, From Fly Vision to Robot Vision and Back Again; Hungarian Academy of Sciences; Proceedings of the IEE; 102(5), p. 751-781.
- Song, Xie, Malyarchuk, Xiao, Jung, Choi, Liu, Park, Lu, Kim, Crozier, Huang & Rogers. 2013. Digital cameras with designs inspired by the arthropod eye. Nature <http://dx.doi.org/10.1038/nature12083>
- California State University;2017; Graduate Gallery; <https://csumb.edu/scienceillustration/graduate-gallery>
- András Pál; Krisztián Vida, Zsolt Regály, László Mészáros, Gergely Csépany, Katalin Oláh, Csaba Kiss, László Döbrenstei and György Mez; 2013; Design concepts of the Fly's Eye all-sky camera system; Hungarian Academy of Sciences; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asna.201211962/full>
- Forward optics; 2013; MicroLux™ – Fly's-Eye Lens Array; Forward Optics; <http://forward-optics.com/microlux-fly-eye-lens-sheets/>
- Berg; Kirsten;2016; Compound eye/I; kirstenberg; <http://www.kirstenberg.com/blog/2016/10/22/5jlj5pdcl3wnoyktou2e2iy00mv8i2>
- Songhua, Li; 2010; Compound Eye Glasses; art lane private salon; <http://www.artlaneprivatesalon.com/index.php?section=artistpage&id=65&lang=en>
- Caldwell, Graham; 2008; Compound Eye; <http://www.arsenalmontreal.com/en/artworks/compound-eye-2/>

-Society6; 2017; Compound Eyes See her Beauty Multiply; Society6; https://society6.com/product/compound-eyes-see-her-beauty-multiply_print#s6-588211p4a1v45

-Society6; 2017; Butterfly Eyes ; Society6; https://society6.com/product/butterfly-eyes-fwf_stretched-canvas#s6-4482218p16a6v28

-Rayne,beverlyr; 2007; Compound Eye; Beverly Rayner; http://beverlyrayner.com/artwork/511631_Compound_Eye.html

-Phys ;2012; Fly eye mystery· Research provides insight into why flies have fastest vision in animal kingdom; University of Cambridge; <https://phys.org/news/2012-10-eye-mystery-insight-flies-fastest.html>

منابع تصویری:

-Franceschini, N. (2014). The 100-g microhelicopter [Photograph]. In Small Brains, SmartMachines· From Fly Vision to Robot Vision and Back Again, 102(5), p. 768.

-Burnie, David. (2005). WHAT INSECTS SEE [Illustration]. In e.explore Insect, p.18

-Berg; Kirsten;(2016); Compound eye/I [Sculpture]. Retrieved from <http://www.kirstenberg.com/blog/2016/10/22/5jlj5pdcl3wnoyktou2e2iy00mv8i2>

-Songhua, Li;(2010); Compound Eye Glasses [Sculpture]. Retrieved from <http://www.artlaneprivatesalon.com/index.php?section=artistpage&id=65&lang=en>

Caldwell, Graham;(2008); Compound Eye [Sculpture]. Retrieved from <http://www.arsenalmontreal.com/en/artworks/compound-eye-2/>

-Society6;(2017); Compound Eyes See her Beauty Multiply [Photograph]. Retrieved from https://society6.com/product/compound-eyes-see-her-beauty-multiply_print#s6-588211p4a1v45

-Society6;(2017); Butterfly Eyes [Photograph]. Retrieved from https://society6.com/product/butterfly-eyes-fwf_stretched-canvas#s6-4482218p16a6v28

-3dflyseye;(???); Integral 3D image [Print]. Retrieved from <http://3dflyseye.com/wp-content/uploads/2014/12/INtegral-detail-2.jpg>

-Rayne,beverlyr;(2007); Compound Eye [Photographs, Lenses, Metal, Glass, Wood]. Retrieved from <http://beverlyrayner.com/zoom/984x588/511631.html>

-DeMilked;(2010-2017); Victoria Bug Zoo [Photograph]. Retrieved from <https://www.demilked.com/creative-bus-stop-advertisements/>

منابع ویدئویی:

-Eega, 2012. [DVD] S. S. Rajamouli, India· Varahi Chalana Chitram.

-The fly, 1958. [DVD] Kurt Neumann, United States· 20th Century Fox.

-youtube. (2014). How insects see the world. [Online Video]. 8 June 2014. Available from· <https://www.youtube.com/watch?v=JGWxNTCU3-8&feature=youtu.be>. [Accessed· 8 June 2014].

-youtube. (2013). Insectra Spectra. [Online Video]. 21 July 2013. Available from· <https://www.youtube.com/watch?v=JGWxNTCU3-8&feature=youtu.be>. [Accessed· 21 July 2013].

-youtube. (2011). Mosaic vision. [Online Video]. 21 July 2013. Available from· <https://www.youtube.com/watch?v=F0MqmNUz6WI>. [Accessed· 18 September 2011].

-Bee Movie, 2007. [DVD] Simon J. Smith Steve Hickner, United States· DreamWorks ,Animation.