دانشگاه فرهنگیان
فصل‌نامه پویش در آموزش علوم پایه
دوره ۷، شماره ۲۵، زمستان ۱۴۰۰

Farhangian University
Quarterly Journal of Education in Basic Sciences
Volum7, Issue25, Winter2022

تحول در آموزش زیست‌شناسی با استفاده از دوربین‌های مادون‌قرمز

فیروزه علویان[1]

دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۲۱

چکیده

تصویربرداری حرارتی فرصت‌های جدیدی برای مطالعه مفاهیم و فرایندهای زیست‌شناسی فراهم می‌کند. به‌عنوان‌مثال می‌توان به استفاده از دوربین‌های مادون‌قرمز (IR) در فعالیت‌های آموزشی برای کشف انتقال و تحول انرژی در فیزیولوژی انسان، تنظیم مجدد حرارت بدن حیوانات و متابولیسم گیاهان اشاره کرد. ماهیت کاربرپسند و بصری فناوری IR به دلیل چنین انتقال انرژی، برای مطالعه تغییر سریع دما در سطوح بیولوژیکی مناسب است؛ بنابراین دوربین‌های IR ابزارهای آموزشی بالقوه مفیدی برای نزدیک شدن به مفهوم تقاطع انرژی و ماده هستند. این دوربین نمایانگر نسل جدیدی از فن‌آوری تحقیق است که پتانسیل زیادی را در آموزش زیست‌شناسی نشان می‌دهد. در این مقاله مروری سعی در معرفی دوربین‌های IR برای مدارس و توانمندسازی دانش‌آموزان برای کشف علمی معتبر ارائه‌شده است. اطلاعات جمع‌آوری‌شده در این مقاله مربوط به مقالات سایت‌های گوگل، گوگل اسکولار، Scopus و Science Direct است. همچنین، مقالات بررسی‌شده در این تحقیق مربوط به سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۲۱ هستند. هدف این است که نشان دهیم چگونه فن‌آوری‌های پیشرفته توسعه‌یافته توسط صنعت می‌توانند به فناوری‌های یادگیری مؤثر برای حل مشکلات آموزشی تبدیل شوند.

کلیدواژه‌ها: IR، زیست‌شناسی، آموزش.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. استادیار، گروه علوم پایه دانشگاه فرهنگیان، تهران. ایران. نویسنده مسؤول: فیروزه علویان. رایانامه F.alavian.cfu.ac.ir

مقدمه

مدتی است که بخصوص پس از ظهور رایانه‌ها و اینترنت، نفوذ فناوری در فضای آموزشی در حال افزایش است. دسترسی به اینترنت به شما امکان می‌دهد کتابخانه‌ای جامع از منابع رایگان برای پشتیبانی از آموزش و یادگیری علوم در کلاس درس داشته باشید (Lee, Lee, & Kwon, ۲۰۱۱). درحالی‌که استفاده از فناوری‌های پشتیبانی شده توسط رایانه، تلفن هوشمند و اینترنت در آموزش زیست‌شناسی به‌خوبی موردبررسی قرارگرفته است (Alavian, 2017)؛ مطالعات زیادی درزمینه فناوری‌های مبتنی بر تجهیزات آموزش تصویری مانند دوربین‌های تصویربرداری IR برای آموزش و یادگیری زیست‌شناسی صورت نگرفته است. ضرب‌المثل «یک تصویر، هزار کلمه می‌ارزد» بر اهمیت یادگیری تصویری در آموزش تأکید می‌کند. همچنان که در سال ۱۹۸۵، پروفسور گالن اریکسون از دانشگاه بریتیش کلمبیا در صفحه ۵۹ در کتابی با عنوان ایده‌های کودکان در علوم نوشت: انتقال انرژی از بدن افراد به جسم قابل‌ردیابی و مشاهده عینی است (Erickson & Tiberghien, ۱۹۸۵). تصویربرداری IR اطلاعات بصری غنی در مورد یک روند در حال انجام را فراهم می‌کند که می‌تواند به‌سرعت قابل‌تشخیص باشد. تجسم‌های برجسته و بی‌درنگ IR از جریان‌های انرژی غیبی باعث می‌شود دانش‌آموزان برای کاوش عمیق‌تر تحریک شوند.

فناوری تصویربرداری حرارتی مبتنی بر این واقعیت است که همه اشیا تشعشع حرارتی منتشر می‌کنند. طول‌موج تابش به دمای جسم بستگی دارد؛ برای دماهای معمولی روی زمین، این امواج عمدتاً در محدوده مادون‌قرمز (IR) یا فروسرخ هستند. امواج IR، در علم فیزیک بخشی از طیف امواج الکترومغناطیس هستند که طول‌موج بلندتر از نور مرئی و کوتاه‌تر از امواج رادیویی دارند (طول‌موج‌های ۱۴۰۰۰-۷۵۰ نانومتر در برابر ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر). این امواج گروهی از پرتوهای نامرئی خورشیدی هستند که بعد از برخورد با جسم، سبب گرم شدن آن می‌شوند. درواقع، گرمای حس شده از یک محیط گرم یا خورشید، همان تشعشعات IR است و یک دوربین IR تشعشع ساطع‌شده از سطح جسم را تشخیص می‌دهد. با توجه به اینکه گرما نوعی انرژی است و به‌راحتی منتقل می‌شود؛ انسان درختان، آسمان، ابر و ... نور مادون‌قرمز را به‌صورت متفاوت از نور مرئی منعکس می‌کنند. مواردی مانند جانوران، گیاهان و

ابرها که نور مادون‌قرمز بیشتری را منعکس می‌کنند، روشن‌تر؛ و مواردی مانند آسمان‌های که منعکس‌کننده نور مادون‌قرمز نیستند، تیره‌تر به نظر می‌رسند. درواقع، در مواردی که سطوح گرم‌تر باشند، قرمز و سطوح سردتر به رنگ آبی درمی‌آیند (Vollmer & Möllmann, ۲۰۱۷).

دوربین‌های IR می‌توانند انرژی گرمایی اجسام را بدون نیاز به نزدیک شدن به نمونه‌ها تشخیص دهند. بیولوژی‌ست‌های حرفه‌ای با استفاده از فیلترهایی با قدرت رنگ متنوع برای دوربین‌های IR، تصاویری جذاب و دیدنی ایجاد کنند. همراه با فرضیات میزان انتشار پذیری سطح، می‌توان دمای جسم را به‌صورت عددی و در امتداد یک مقیاس رنگی انتخاب‌شده بر روی صفحه‌نمایش محاسبه و نمایش داد. در علوم پزشکی، کاربردهای IR شامل تشخیص افزایش دمای بدن به دلیل عفونت یا گردش خون ضعیف ناشی از دیابت و ... است (Lahiri, Bagavathiappan, Jayakumar, & Philip, ۲۰۱۲). جدای از مصارف صنعتی و پزشکی، تصویربرداری IR در نمایش رفتارهای شبانه حیوانات در فیلم‌های حیات وحش، محبوبیت فزاینده‌ای یافته است که می‌تواند در جذابیت مباحث رفتاری کتب زیست‌شناسی دبیرستان مؤثر باشد (Cilulko, Janiszewski, Bogdaszewski, & Szczygielska, 2013).

کار با این دوربین‌ها راحت و به‌صرفه است. نسخه‌های کم‌هزینه دوربین IR مانند FLIR ONE و Seek Thermal می‌توانند مستقیماً به یک تلفن هوشمند یا لپ‌تاپ متصل شوند. به دلیل کاربردی و جذاب بودن، دوربین‌های IR به‌عنوان ابزارهای آموزشی در تمام سطوح آموزش زیست‌شناسی و علوم در حال شتاب گرفتن هستند. این فناوری بیشتر در مباحث فیزیک و شیمی به کار گرفته‌شده‌اند (Vollmer, Möllmann, Pinno, & Karstädt, ۲۰۰۱)، اما در علم زیست‌شناسی، با این ابزار فرصت‌های جالبی برای یادگیری مفاهیم مختلف و اصول زیست‌شناسی می‌توان فراهم کرد. در این مقاله، طیف وسیعی از حوزه‌های مختلف علوم زیستی که استفاده از دوربین‌های IR می‌توان یادگیری زیست‌شناسی توسط دانش‌آموزان را افزایش داد، توصیف می‌شوند. همچنین، سعی شده است با معرفی مثال‌های منتخب زیست‌شناسی ثابت‌شود که چگونه این رویکرد جدید می‌تواند درک و قدرت مشاهده دانش‌آموزان از پدیده‌های زیستی را گسترش دهد. این مثال‌ها به تجزیه‌وتحلیل کمی احتیاج ندارند و

به‌راحتی این امکان را فراهم می‌کنند که هرکسی که دوربین IR دارد، سریع آن را امتحان کند. ما این مقاله را به شکلی نوشته‌ایم که از بیان مطالب صرفاً نظری بیش‌ازحد جلوگیری شود تا هرکسی که دارای سابقه علمی دبیرستان است بتواند پیامدهای علمی این آزمایش‌ها را درک کند. هر مثال با سؤالی هدایت می‌شود تا تحقیق بیشتر برای خواننده جالب باشد. درحالی‌که مطالعات تحقیقاتی متعددی در مورداستفاده از تصویربرداری IR در پزشکی و علوم دیگر وجود دارد، فقط به مقالات مربوط به استفاده از آن در آموزش زیست‌شناسی در مدرسه می‌پردازیم. اساس مطالعه ما، مقالات مبتنی بر کاربردهای این روش برای زیست‌شناسی جانوری، انسانی و گیاهی است.

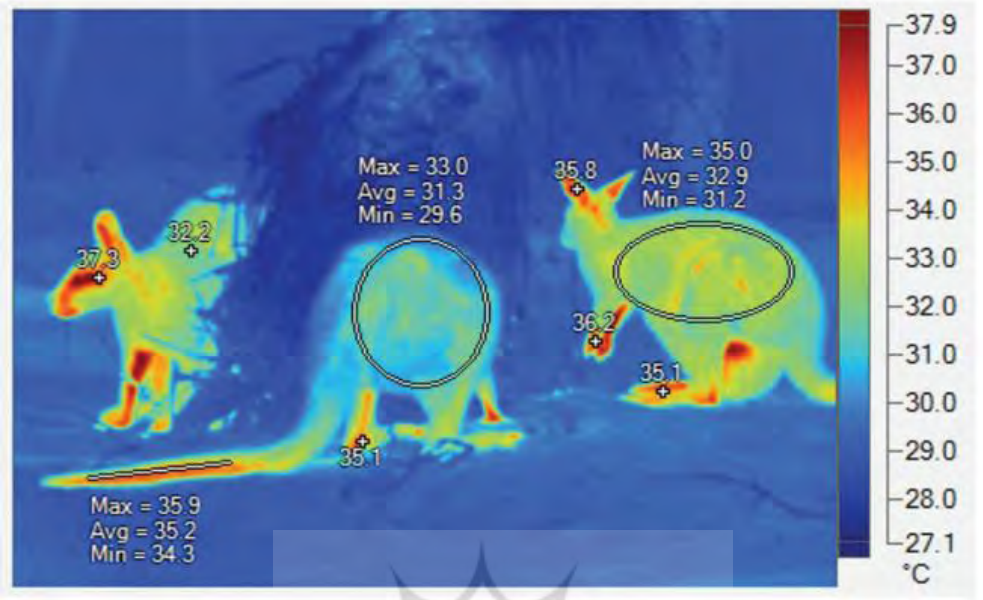
روش شناسی پژوهش

در این مقاله مروری سعی شده‌است دوربین‌های IR و اهمیت آن‌ها در آموزش مباحث زیست‌شناسی و توانمندسازی دانش‌آموزان برای کشف حقایق علمی معتبر ارائه‌شود. اطلاعات جمع‌آوری‌شده در این مقاله مربوط به مقالات سایت‌های گوگل، گوگل اسکولار، Scopus و Science Direct؛ در محدوده زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۲۱ است.

یافته‌های پژوهش

کاربردهای IR در بررسی عملکرد برخی از قسمت‌های بدن حیوانات

از تصویربرداری حرارتی مادون‌قرمز برای مطالعه حیوانات مختلف، چه در باغ‌وحش و چه در طبیعت استفاده‌شده است. تفسیر قابل‌توجه شکل ۱ این است که دمای تمام قسمت‌های بدن والابی (از انواع کیسه‌داران) یکنواخت نیست. به‌عنوان‌مثال، دمای نیمه پایینی دم والابی تقریباً ۴ درجه سانتیگراد بالاتر از قسمت عقب تنه آن است که با یک بیضی مشخص‌شده است. پنجه جلویی، ساق پای عقب و گوش، همانطور که مشخص‌شده است، به ترتیب تقریباً ۳، ۲ و ۳ درجه سانتیگراد گرم‌تر از تنه هستند. نواحی اطراف چشم گرم‌تر هستند؛ در حدود ۵ درجه سانتیگراد بالاتر از تنه (سمت چپ). بنابراین می‌توانیم



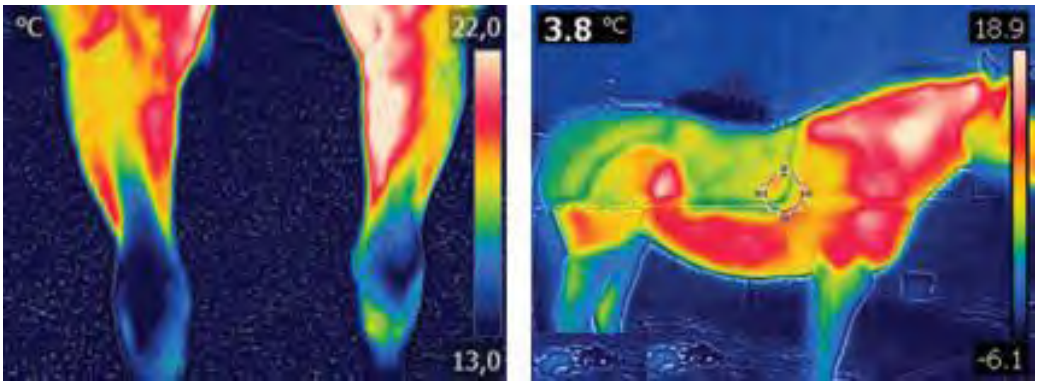
شکل ۱. تصویر حرارتی مادون قرمز از والابی (Macropus parma) در یک باغ وحش

استنباط کنیم که قسمت‌های مختلف بدن والابی، بر اساس واحد سطح، با اندازه‌های مختلف گرما را به اطراف پس می‌دهند. اندازه‌گیری دما به ضخامت پوشش مو در قسمت‌های مختلف بدن بستگی دارد. ضخامت این پوشش در نواحی اطراف چشم والابی نازک‌تر از پشت بدن آن است که احتمالاً تفاوت مشاهده‌شده را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین، در مناطقی که پوشش اسب کوتاه‌تر است، دما بالاتر است (Haglund & Schönborn, ۲۰۱۹). در مورد حیواناتی مانند سگ نیز بیشترین دما در بخش‌های لخت بدن آن‌ها ثبت‌شده است. لازم به ذکر است در مورد حیوانات فوق با استفاده از یک دماسنج معمولی نمی‌توانیم توزیع دما در سطح بدن آن‌ها را مطالعه کنیم. حتی اگر چندین دماسنج در مناطق مختلف پوست حیوان قرار داده شود، مقادیر به دست آمده دارای عدم دقت ذاتی است زیرا دمای اندازه‌گیری شده تحت اثر دمای محیط پیچیده‌تر می‌شود. علاوه بر این، اگر پروب های دمایی مستقیماً بر روی سطح پوست آن‌ها قرار گیرد، ممکن است حیوانات تحت‌فشار قرار بگیرند و این می‌تواند

تفسیرهای خوانده‌شده را بیشتر پیچیده کند؛ بنابراین، تصویربرداری حرارتی IR راهی زیبا برای ثبت مشخصات توزیع دمای بدن حیوانات فراهم می‌کند(Wong & Subramaniam, ۲۰۲۰).

معلمان و دانش‌آموزان باید توجه داشته باشند که مطالعه حیوانات آبزی با استفاده از تصویربرداری IR امکان‌پذیر نیست، زیرا آب، اشعه مادون‌قرمز ساطع‌شده توسط آبزیان را جذب می‌کند. آنچه توسط دوربین مادون‌قرمز ثبت خواهد شد، درجه حرارت آب است، نه دمای حیوان مورد نظر در زیر سطح آب. همچنین، اگر حیوان در پشت دیواره شیشه‌ای باشد (به‌عنوان‌مثال در نمایشگاه باغ‌وحش)، نمی‌توان از تصویربرداری IR برای مطالعه حیوان استفاده کرد، زیرا اشعه مادون‌قرمز حیوان نمی‌تواند از شیشه عبور کند (Ohtsu & Uye, 2011; Wong & Subramaniam, 2020).

با یک دوربین IR، دانش‌آموزان می‌توانند درجه حرارت و مشخصات حرارتی پای ملتهب اسب را با پای سالم آن مقایسه کنند (شکل ۲، سمت چپ). علاوه بر این، در سازگاری با آب‌وهوای سرد، نژادهای مختلف اسب در زمستان پوشش ضخیمی ایجاد می‌کنند که همچنین منجر به افزایش تعریق در هنگام فعالیت آن‌ها می‌شود. برخی از صاحبان اسب‌ها برای جلوگیری از این امر، پوشش اسبهای خود را کوتاه می‌کنند، اما پس‌ازآن مجبورند اسب‌ها را در حالت استراحت بپوشانند تا بدنشان یخ نکند. در این راستا، دوربین IR به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا جنبه‌های مختلف تنظیم حرارت بدن اسب را در شرایط مختلف دما و وضعیت فعالیت بدنی مطالعه کنند. به روشی مشابه، امکان تشخیص عملکرد پشم و مو به‌عنوان عایق در حیوانات برجسته می‌شود که به تأکید انرژی به‌عنوان یک مفهوم مقطعی در فیزیک و زیست‌شناسی کمک می‌کند (Mccafferty, ۲۰۰۷).

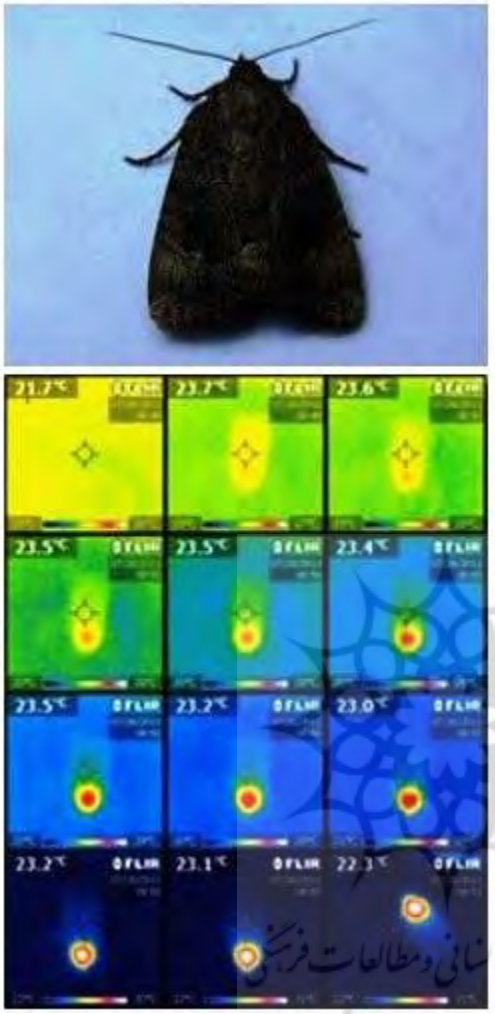


شکل ۲. چپ) درجه حرارت پای عقب سمت راست اسب به دلیل التهاب بالاتر (بخش با درجه حرارت بالاتر، روشن‌تر است) از دمای پای عقب چپ است. راست) تصویر حرارتی از بدن اسب که در دمای ٦ درجه سانتیگراد زمستان و در فضای باز گرفته‌شده است. شکم و شانه‌ها که دارای درجه حرارت بالاتری نسبت به پشت و انتهای بدن هستند، در برابر سرما عایق هستند. به دمای پایین پاها توجه کنید، هر دو تصویر IR توسط دانش آموزان دبیرستان Lillerudsgymnasiet در سوئد با دوربین FLIR C3 گرفته‌شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مثال دیگر، تغییر درجه حرات بدن حشرات در زمان پرواز است. شکل ۳ نشان می‌دهد که چگونه بدن پروانه هنگام آماده شدن برای پرواز گرم می‌شود.

تصویربرداری حرارتی IR نشان می‌دهد هنگامی که پروانه در حال استراحت است، دمای بدن آن با دمای محیط مطابقت دارد. این بدان معناست که هنگام خواب گرما به محیط پس داده نمی‌شود؛ درواقع، با دید IR، دانش‌آموزان متوجه نوعی استراتژی هوشمندانه برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی و محافظت در برابر شکارچیان می‌شوند. برای دیدن پروانه، مقداری هوای گرم به سمت آن دمیده می‌شود تا امکان دیدن شکل بدن آن از طریق دوربین IR فراهم شود. ترموگرام نشان می‌دهد که برای انجام حرکت، پروانه باید عضلات پرواز خود را تا بالای ۳۰ درجه سانتیگراد گرم کند. در این مشاهده، روند گرم شدن ۱-۲ دقیقه طول کشید. آخرین تصویر نشان می‌دهد که دما برای پرواز مناسب است و پروانه شروع به حرکت می‌کند. با استفاده از دوربین IR غیر لمسی، دانش‌آموزان می‌توانند حرارت زایی مشابهی را در سایر حشرات پرنده مانند زنبورها و سنجاقک‌ها کشف کنند بدون اینکه مزاحمتی برای آن‌ها ایجاد شود و یا توسط آن‌ها نیش‌زده شوند (Xie, ۲۰۱۲).

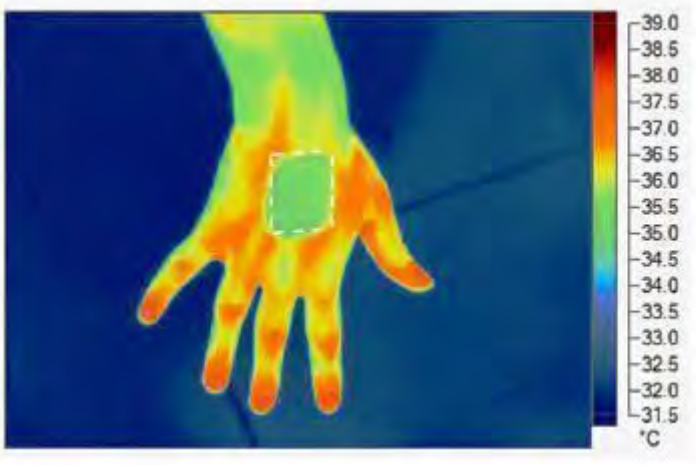


شکل ۳. تصاویر IR نشان دهنده گرمازایی در قفسه سینه پروانه. توجه داشته باشید که برای افزایش کنتراست این تصاویر از بازسازی خودکار رنگ استفاده‌شده است.

انسان

دمای پوست انسان با شرایط خارجی (مانند دما و رطوبت محیط و همچنین لباس و جواهرات) و شرایط داخلی (مانند خون و وجود بیماری) متفاوت است. بسیاری از مطالعات IR بر روی پوست انسان برای اهداف پزشکی است (EF Ring, 2000). به‌عنوان‌مثال می‌توان به استفاده از تصویربرداری IR برای تشخیص و نظارت بر درد، تشخیص سرطان و غربالگری تب در سندرم تنفسی حاد (SARS) اشاره کرد(ALKAN; Castro et al., 2021; EFJ Ring & Ammer, 2012) ازآنجاکه تصویربرداری IR یک روش غیر تماسی و غیرتهاجمی برای اندازه‌گیری دما است ، برای انسان کاملاً بی خطر است. علاوه بر کاربردهای پزشکی ، استفاده از دوربین IR برای مطالعه دمای پوست انسان در آموزش زیست‌شناسی، ارزش زیادی دارد. در اینجا ، به چند آزمایش ساده که به‌راحتی توسط دانش‌آموزان این گروه سنی قابل انجام است، اشاره می‌شود .

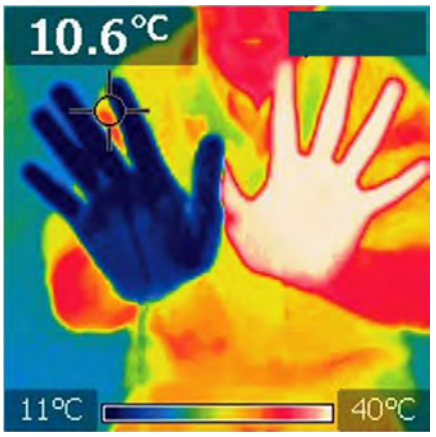
همه ما تجربه تزریق در بیمارستان یا کلینیک را داشته‌ایم. قبل از تزریق، پوست با پد الکل تمیز و ضدعفونی می‌شود و بلافاصله در آن ناحیه احساس خنکی می‌کنیم. این تجربه را در این آزمایش ساده بررسی می‌کنیم. ناحیه‌ای از پشت دست یک انسان با یک پد الکل ایزوپروپیل ۷۰٪ سواپ داده می‌شود و بلافاصله از آن تصویر IR گرفته می‌شود. دمای ناحیه‌ای که با الکل سواپ می‌شود تقریباً ۱ درجه سانتیگراد کمتر از پوست اطراف و خنک‌تر است. آنچه باید توجه داشته باشیم این است که در پروفایل حرارتی دست (شکل ۴)، تغییر رنگ بین دو منطقه که به‌عنوان شاخصی از تفاوت دما در نظر گرفته می‌شود، به وضوح مشخص است. توجیه این موضوع این است که ایزوپروپیل الکل دارای نقطه‌جوش کم ۸۲,۵ درجه سانتی گراد است، فرار است و در دمای اتاق به‌سرعت تبخیر می‌شود. تبخیر، گرما را از پوست دور می‌کند، درنتیجه آن قسمت از پوست خنک می‌شود (Erickson & Tiberghien, 1985). همچنین، در تحقیقی دیگر، نحوه ظاهر شدن صورت، گردن و دستهای انسان در یک تصویر حرارتی IR بررسی شد. درحالی‌که دمای داخلی بدن انسان به طور کلی پایدار است، دمای پوست



شکل ٤. پشت دست با ۷۰٪ الکل ایزوپروپیل سواپ می‌شود. به تفاوت رنگ نقاط دقت کنید.

می‌تواند تحت اثر عوامل مختلف بسیار متفاوت باشد. همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود، گونه‌ها و بینی خنک‌ترین بخش‌های صورت هستند. پشت دست نیز از کف دست خنک‌تر است. دانش‌آموزان اغلب در مدرسه می‌آموزند که دمای بدن انسان حدود ۳۷ درجه سانتی گراد است. معلمان می‌توانند با استفاده از تصویربرداری حرارتی IR تأکید کنند که آنچه آن‌ها می‌آموزند درواقع درجه حرارت داخلی بدن است تا درجه حرارت سطح بدن و برخی تغییرات در درجه حرارت سطحی بدن وجود دارد (Samuelsson, Elmgren, Xie, & Haglund, 2019).

شکل ۵. تصویر حرارتی IR انسان



شکل ٦. تصویر IR به دنبال غوطه‌ور شدن دستان در آب سرد (چپ) و گرم (راست) گرفته می‌شود.

در تحقیقی دیگر، Kubsch و همکاران (۲۰۱۷) آزمایشی را در آموزش مباحث فیزیولوژی انسان توصیف کردند که در آن دانش‌آموزان می‌توانستند به کمک دوربین IR، افزایش دمای موضعی بافت عضلانی هنگام ورزش را مشاهده کنند. با مقایسه وضعیت دمای سطح پاهای دانش‌آموزان در هنگام نشستن بر روی صندلی با زمانی که پاهای آن‌ها عمود بر دیوار قرارگرفته باشد، افزایش دما پس از ۴۰-۵۰ ثانیه قابل مشاهده است. در آزمایش‌های دیگر در مورد سیستمهای حسی انسان، یک دوربین IR می‌تواند به دانش‌آموزان کمک کند تا نحوه ارتباط حس لامسه با اندازه‌گیری دما را کشف کنند. به‌عنوان‌مثال ، در دمای اتاق ، به دلیل تفاوت در هدایت حرارتی مواد مختلف ، فلز نسبت به چوب یا پلاستیک زودتر خنک می‌شود (Haglund, Jeppsson, Hedberg, & Schönborn, ۲۰۱۵). چرا هنگام مواجهه با جسم سرد احساس سرما می‌کنیم؟ همانطور که تشعشع حرارتی بین دو جسم به دو طرف پیش می‌رود ، انتقال گرمای تابشی نیز جریان خالص انرژی تابشی از یکی به دیگری است. دلیل اینکه در هنگام مواجهه با یک جسم سرد احساس سرما می‌کنیم این است که بدن ما انرژی بیشتری نسبت به جسم سرد به جسم سرد می‌تاباند. به طور مشابه، دستی که از آب سرد به داخل آب ولرم منتقل می‌شود، احساس گرما می‌کند؛ اما دستی که از آب گرم به همان آب ولرم منتقل می‌شود، احساس سرما می‌کند (شکل ۶). این تمرین نشان می‌دهد که حس لامسه دماسنج قابل اعتمادی نیست (Jeppsson, Frejd, & Lundmark, ۲۰۱۷) و نیاز به ابزار دقیقی است که معرف این تغییرات باشد تا ذهن دانش‌آموز را به چالش بکشد. می‌توان تجربیات زندگی دانش‌آموزان را با دروس علوم ارتباط داد. مثلاً، هنگام بیرون آمدن از زیر دوش، پوست فرد احساس خنکی می‌کند. با استفاده از دوربین IR می‌توان مشاهده کرد که احساس خنک شدن ناشی از کاهش

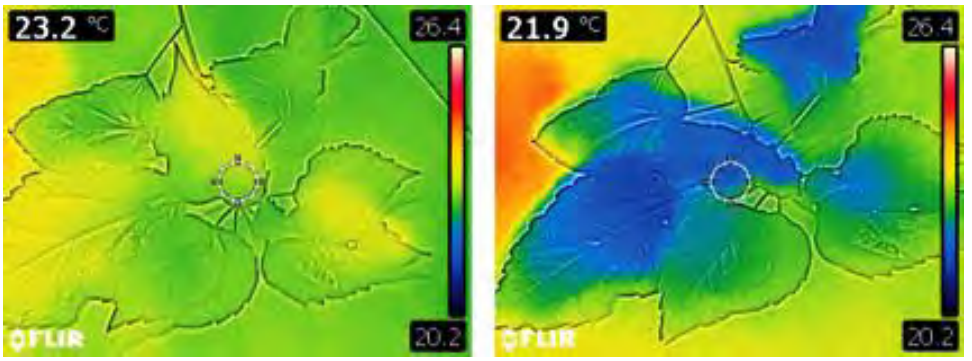
دما در اثر تبخیر آب از پوست است (Vollmer & Möllmann, ۲۰۱۷) که همچنین به‌عنوان مکانیسم اصلی تنظیم مجدد دما از طریق تعریق عمل می‌کند.

تصویربرداری حرارتی IR در مطالعه گیاهان

تصویربرداری حرارتی IR چندین کاربرد در مطالعه گیاهان دارد. به‌عنوان‌مثال، از تصویربرداری حرارتی IR برای بررسی فعل‌وانفعالات محیط گیاه از طریق هدایت روزنه‌ای (Costa, Grant, & Chaves, 2013)، فعل‌وانفعالات گیاه-پاتوژن (Chaerle & Van Der Straeten, 2001)، دست‌کاری ژنتیکی (Costa et al., 2013)، تکثیر گیاهان (Wisniewski, Lindow, & Ashworth, 1997)، ترموژنز در گیاهان (Lamprecht, Schmolz, Blanco, & Romero, 2002) و جذب نور خورشید و گرم شدن شکوفه‌ها (Lamprecht, Maierhofer, & Röllig, 2006)، مطالعه واکنش محصولات به خشکسالی و کودها (Costa et al., 2013) استفاده می‌شود. گیاهان ترموژنیک گروه خاصی از گیاهان هستند که قادر به تولید مقدار قابل‌توجهی گرما هستند. دلایل گرم شدن می‌تواند بخار رایحه‌ها برای جذب گرده‌افشان‌ها، ایجاد پاداش حرارتی برای گرده‌افشان‌ها و یا برای محافظت از قسمت‌های حساس گل باشد (Lamprecht et al., 2002).

در یک تحقیق و به‌عنوان بخشی از آموزش مبحث گیاهی درزمینه جنبه‌های مربوط به انرژی فرآیندهای فتوسنتز و تنفس سلولی، دانش‌آموزان را با تصاویر IR گل بدبوی تیتان آروم[1] آشنا کرده‌اند که دمای بالاتری نسبت به محیط اطراف خود دارد. با افزایش متابولیسم گیاه، بوهای بدی شبیه به بوی گوشت فاسد ایجاد می‌شود. بوی نامطبوع این گیاه حشرات گرده‌افشان را جذب می‌کند (Donovan et al., ۲۰۱۳).

[1] titan arum



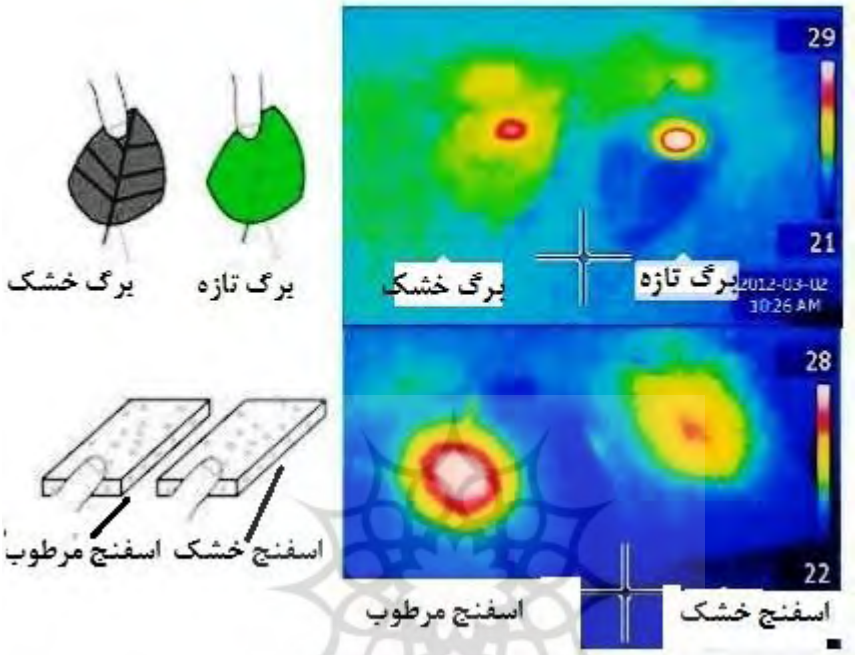
شکل ۷. تصاویر حرارتی با دوربین FLIRC2 از سطح برگ یک دقیقه (چپ) و ۲۵ دقیقه (راست) پس از قطع شدن برگ از گیاه. تصویر سمت راست کاهش دما به دلیل باز شدن سریع روزنه (در نتیجه افزایش تعرق) را به عنوان یک واکنش استرس فیزیولوژیکی به کمبود آب نشان می‌دهد.

استفاده از دوربین‌های دستی IR برای آموزش زیست‌شناسی، نشان داده است که برگ‌های گیاهان که خوب آبیاری شده‌اند، می‌توانند دمای بسیار کمتری از محیط اطراف را نشان دهند (,Xie۲۰۱۲). علاوه بر این، در فرایندی که به‌عنوان اثر ایوانف شناخته می‌شود (,Jones۲۰۰۴)، قطع برگ یک گیاه باعث خنک شدن سطح برگ می‌شود؛ زیرا روزنه‌ها در ابتدا به دلیل کمبود آب به‌سرعت باز می‌شوند (شکل ۷).

چرا برگ‌های واقعی نسبت به برگ‌های خشک یا جعلی خنک‌تر به نظر می‌رسند؟

یکی از راه‌های تشخیص اینکه آیا یک گیاه خانگی تقلبی پلاستیکی است یا واقعی، دست زدن به سطح برگ‌های آن است. آیا از خود پرسیده‌اید که چرا با لمس‌کردن برگ‌های واقعی احساس خنکی می‌کنیم؟ اگر از طریق دوربین IR به برگ‌های جعلی یا واقعی نگاه کنید، چیزی نمی‌بینید زیرا هر دو در دمای محیط قرارگرفته‌اند. نکته اصلی این موضوع، ظرفیت گرمایی اضافی حاصل از آب موجود در برگ‌های واقعی است. اولین آزمایش (تصاویر فوقانی شکل ۷) ترموگرام یک برگ تازه و یک برگ خشک را پس از گرم شدن توسط انگشتان نشان می‌دهد. واضح است که دلیلی که باعث سردتر شدن برگ‌های واقعی این است که برگ تازه قادر به جذب گرمای بیشتری از انگشتان است. این اختلاف مربوط به آب ذخیره‌شده در لایه اسفنجی برگ تازه است که برگ خشک آن را ازدست‌داده است.

برای تأیید این نظریه، آزمایش دیگری را با استفاده از اسفنج مرطوب برای شبیه‌سازی یک برگ تازه و اسفنج خشک برای شبیه‌سازی یک برگ خشک انجام‌شده است (تصاویر پایین در شکل ۸).



شکل ۸. در این دو آزمایش انتقال گرما از انگشتان به یک برگ خشک و یک برگ تازه (بالا) و یک اسفنج مرطوب و یک اسفنج خشک (پایین) مقایسه شده است. نشان داده شد که گرمای بیشتری به یک برگ تازه منتقل می‌شود تا به یک اسفنج خشک و یک اسفنج مرطوب نسبت به یک اسفنج خشک، این نشان‌دهنده نقش محتوای آب در ذخیره انرژی گرمایی است.

آیا یون‌های نمک می‌توانند از طریق دیواره آوندهای گیاهان عبور کنند؟

گیاهان آب را همراه با مواد معدنی محلول از زمین را از طریق عملکرد موئینگی در مجاری آوند انتقال می‌دهند. آزمایش شکل ۹ این مکانیسم را با استفاده از دو نوار باریک کاغذی که به ترتیب بالای یک فنجان آب شیرین و یک فنجان آب‌شور آویزان شده‌اند، برای مقایسه افزایش نفوذپذیری با و بدون یون‌های نمک شبیه‌سازی می‌کند.

آب در هر دو نوار به سطح بالاتری پراکنده می‌شود؛ اما به نظر می‌رسد رنگ تصویر حرارتی IR نوار بالای آب‌شور کمتر آبی باشد و این نشان می‌دهد که تبخیر آب در آن ضعیف‌تر است. اگر اثر کاهش

فشار بخار را به خاطر داشته باشید، این تفاوت گواه انتشار یون‌ها از آب‌شور به ورقه کاغذی است. ساعاتی بعد، یون‌های نمکی که به‌صورت پراکنده پخش‌شده‌اند، به‌اندازه کافی جمع و متبلور شده و مسیر مویرگی را مسدود می‌کنند. درنتیجه قسمت فوقانی کاملاً خشک می‌شود. این می‌تواند دلیلی باشد که آب‌نمک، برخی گیاهان را از بین می‌برد (Xie, ۲۰۱۲). در توجیه می‌توان گفته که جریان همرفت در محیط آب‌شور بسیار کمتر بوده که باعث کند شدن تبادل حرارتی شده است.

شکل ۹. اقدامات مویرگی آب شیرین و آب شور در دو نوار کاغذی گرفته‌شده توسط دوربین IR پس از گذشت ۱۸ ساعت.

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از فناوری در آموزش و یادگیری زیست‌شناسی در فضای آموزشی امروزی امری عادی است. بااین‌حال، آنچه باید توجه داشته باشیم این است که این فناوری بیشتر مربوط به استفاده از رایانه و اینترنت و همچنین اخیراً تا حدی تلفن‌های هوشمند است. استفاده از سایر فناوری‌های پیشرفته مبتنی بر تجهیزاتی مانند دوربین‌های عکس‌برداری حرارتی IR در کلاس درس است. تصویربرداری IR رویکرد جدید آموزشی ایجاد کرده‌اند که نویددهنده انتقال سریع مفاهیم به دانش‌آموزان است (Xie & Hazzard, ۲۰۱۱). این ظرفیت

اجازه می‌دهد بسیاری از فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی نامرئی که گرما را جذب یا آزاد می‌کنند، تجسم، کشف و بررسی شوند. به‌نوعی، این فناوری فرصت‌های فراوانی برای دانش‌آموزان ایجاد می‌کند که قبلاً هرگز در کلاس تجربه نکرده‌اند. این فناوری به‌خوبی برای شناسایی و تجسم تفاوت‌ها و تغییرات دمای سطوح مناسب است که انجام آن با استفاده از دماسنج‌های معمولی کلاس و آزمایشگاه دشوار است. بنابراین، رویه‌های خسته‌کننده‌ای که در آزمایشگاه‌های زیست‌شناسی فعلی در مدارس معمول است، مقصر احتمالی در از بین بردن هیجان و سرگرمی علمی است. آنچه یک دوربین مادون‌قرمز می‌تواند بلافاصله نشان دهد و بگوید، ساعت‌ها طول می‌کشد تا دانش‌آموزان با استفاده از دماسنج یا حس‌گر به دست آورند. دانش‌آموزان می‌توانند مستقیماً بر روی مفاهیم علمی متمرکز شود و به‌سرعت می‌توان آن‌ها را به ماجراجویی علمی هدایت کرد. تردیدی نداریم که دوربین‌های IR این قابلیت را دارند که یک ابزار یادگیری بسیار جذاب باشند. دقیقاً مانند میکروسکوپ‌ها و تلسکوپ‌ها، دوربین‌های مادون‌قرمز ارزان‌قیمت نیز باید به آزمایشگاه‌های علوم مدارس اضافه شوند تا انقلابی در آموزش علوم ایجاد شود.

آزمایش‌های IR شرح داده‌شده در این مقاله نشان می‌دهد که تصویربرداری IR پتانسیل زیادی برای بهبود یادگیری و آموزش زیست دارد. دوربین‌های IR به یک فناوری آموزشی جذاب برای آموزش علوم تبدیل شده‌اند، که مکمل روش‌های اندازه‌گیری دماسنج سنتی است. اگرچه نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فراگیران می‌توانند از طریق تصویربرداری IR مفاهیم حرارتی را توسعه دهند، دانش آموزان هنوز باید با مدل‌های علمی متناسب با پدیده‌های مورد مطالعه درگیر و آشنا شوند.

منابع

Alavian, Dr. Firoozeh. (2017). Utilizing the sensory-empirical approach in the learning process. *3*(8), 1-13 .

ALKAN, Samet. THE IMPORTANCE OF USING THERMAL CAMERAS IN MEDICINE. *HEALTH & SCIENCE*, 347 .

Castro, Renata Rodrigues Teixeira de, Neto, João Giffoni da Silveira, Alves, Leonardo de Souza Moreira, Moreno, Adalgiza Mafra, Orsini, Marco, & Castro, Roberta Rodrigues Teixeira de. (2021). Infrared thermography for risk reduction of nosocomial cross infections during the COVID-19 pandemic. *Millenium*(14 ,۱۹-۱۱ ((

Chaerle, Laury, & Van Der Straeten, Dominique. (2001). Seeing is believing: imaging techniques to monitor plant health. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Structure and Expression, 1519*(3), 153-166 .

Cilulko, Justyna, Janiszewski, Paweł, Bogdaszewski, Marek, & Szczygielska, Eliza. (2013). Infrared thermal imaging in studies of wild animals. *European Journal of Wildlife Research, 59*(1), 17-23 .

Costa, J Miguel, Grant, Olga M, & Chaves, M Manuela. (2013). Thermography to explore plant–environment interactions. *Journal of experimental botany, 64*(13), 3937-3949 .

Donovan, Deborah A, Atkins, LJ, Salter, IY, Gallagher, DJ, Kratz, RF, Rousseau, JV, & Nelson, GD. (2013). Advantages and challenges of using physics curricula as a model for reforming an undergraduate biology course. *CBE—Life Sciences Education, 12*(2), 215-229 .

Erickson, Gaalen, & Tiberghien, Andrée. (1985). Heat and temperature. *Cii ldeen'iiissss i cci(((e*, 52-84)

Haglund, Jesper, Jeppsson, Fredrik, Hedberg, David, & Schönborn, Konrad J. (2015). Thermal cameras in school laboratory activities. *Physics Education, 50*(4), 424 .

Haglund, Jesper, & Schönborn, Konrad J. (2019). The pedagogical potential of infrared cameras in biology education. *The American Biology Teacher, 81*(7), 520-523 .

Jeppsson, Fredrik, Frejd, Johanna, & Lundmark, Frida. (2017). "Wow, It Turned Out Red! First, a Little Yellow, and Then Red!" 1st-Graders' Work With an Infrared Camera. *Journal of Research in Childhood Education, 31*(4), 581-596 .

Jones, Hamlyn G. (2004 ((Application of thermal imaging and infrared sensing in plant physiology and ecophysiology. *Advances in botanical research, 41*, 107-163 .

Lahiri, BB, Bagavathiappan, S, Jayakumar, T, & Philip, John. (2012). Medical applications of infrared thermography :a review. *Infrared Physics & Technology, 55*(4), 221-235 .

Lamprecht, I, Maierhofer, Christiane, & Röllig, Mathias. (2006). A thermographic promenade through the Berlin Botanic Garden. *Thermochimica acta, 446*(1-2), 4-10 .

Lamprecht, I, Schmolz, E, Blanco ,L, & Romero, CM. (2002). Flower ovens: thermal investigations on heat producing plants. *Thermochimica Acta, 391*(1-2), 107-118 .

Lee, Jun-Ki, Lee, Il-Sun, & Kwon, Yong-Ju. (2011). Scan & learn! Use of quick response codes & smartphones in a biology field study. *The American Biology Teacher, 73*(8), 485-492 .

Mccafferty, Dominic J. (2007). The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mammal Review, 37*(3), 207-223 .

Ohtsu, Kohzoh, & Uye, Shin-Ichi ((۲۰۱۱) .Anomalous infrared taxis of an aquatic animal, the giant jellyfish Nemopilema nomurai (Scyphozoa, Rhizostomeae). *The Biological Bulletin, 221*(3), 243-247 .

Ring, EF. (2000). J, Ammer K. *The technique of infrared imaging in medicine. Thermology international, 10*, 7-14 .

Ring, EFJ, & Ammer, Kurt. (2012). Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological measurement, 33*(3), R33 .

Samuelsson, Christopher Robin, Elmgren, Maja, Xie, Charles, & Haglund, Jesper. (2019). Going through a phase: Infrared cameras in a teaching sequence on evaporation and condensation. *American Journal of Physics, 87*(7), 577-582 .

Vollmer, Michael, & Möllmann, Klaus-Peter. (2017). *Infrared thermal imaging: fundamentals, research and applications*: John Wiley & Sons.

Vollmer, Michael, Möllmann, Klaus-Peter, Pinno, Frank, & Karstädt, Detlef. (2001). There is more to see than eyes can detect. *The Physics Teacher, 39*(6), 371-376 .

Wisniewski, Michael, Lindow, Steven E, & Ashworth, Edward N. (1997). Observations of ice nucleation and propagation in plants using infrared video thermography. *Plant Physiology, 113*(2), 327-334 .

Wong, Choun Pei, & Subramaniam, R. (2020). Use of technology in biology education–case of infrared thermal imaging. *Journal of Biological Education*, 1-13 .

Xie ,Charles. (2012). Transforming science education with IR imaging. *InfraMation 2012 Proceedings*, 1-9 .

Xie, Charles, & Hazzard, Edmund. (2011). Infrared imaging for inquiry-based learning. *The Physics Teacher, 49*(6), 368-372 .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی