

## هوش گیاهان: شواهد و دلایل دیدن گیاهان به عنوان موجودات هوشمند

حمید نظری<sup>۱</sup>، میترا زندی، فاطمه سیاح مفصلی، فاطمه عزیزی  
گروه زیست‌شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران  
h.nazari01@sci.basu.ac.ir  
نامه علوم پایه شماره ۱۳، بهار و تابستان ۱۴۰۳

### چکیده

برای قرن‌ها، گیاهان به عنوان موجوداتی غیر متحرک و ناآگاه در نظر گرفته می‌شدند که صرفاً در پاسخ به عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد مغذی واکنش نشان می‌دهند. اما پژوهش‌های اخیر، بر پایه‌ی بررسی مقالات متعدد علمی، نشان می‌دهند که گیاهان قادرند اطلاعات محیطی را پردازش کنند، یاد بگیرند، تصمیم بگیرند و حتی رفتار خود را بر اساس تجربیات گذشته تغییر دهند. از سیگنال‌های الکتروشیمیایی گرفته تا شبکه‌های زیرزمینی ارتباطی، گیاهان سیستم‌های پیچیده‌ای را مدیریت می‌کنند که در بسیاری از جنبه‌ها با پردازش اطلاعات در موجودات دارای سیستم عصبی شباهت دارد. گرچه دانشمندان و متخصصانی نیز با استفاده از اصطلاح هوش برای گیاهان مخالف هستند و دلایلی برای آن بیان می‌کنند. این مقاله با مرور و تحلیل تحقیقات علمی موافق و مخالف انتساب هوش به گیاهان، به بررسی شواهد هوش گیاهی، تفاوت آن با هوش جانوری، چالش‌های پذیرش این مفهوم در جامعه علمی و کاربردهای بالقوه آن در کشاورزی، بوم‌شناسی و زیست‌فناوری می‌پردازد. در نهایت، این پرسش مطرح می‌شود که آیا زمان آن رسیده است که تعریف خود از هوش را گسترش دهیم و نگاه جدیدی هم به توانایی‌های گیاهان داشته باشیم؟

**واژگان کلیدی:** حافظه گیاهی، رفتار تطبیقی، سیگنال‌های شیمیایی، شبکه‌های زیرزمینی، کشاورزی پایدار

برای مدتی طولانی، گیاهان به عنوان موجوداتی غیر متحرک و فاقد توانایی‌های شناختی در نظر گرفته می‌شدند که تنها به صورت مکانیکی به محرک‌های محیطی پاسخ می‌دهند. این دیدگاه سنتی، گیاهان را به عنوان موجوداتی با واکنش‌های ساده و از پیش تعیین شده معرفی می‌کرد که فاقد هرگونه توانایی پردازش اطلاعات یا تصمیم‌گیری هستند. اما در دهه‌های اخیر، پژوهش‌های علمی نشان داده‌اند که این نگرش نیازمند بازبینی است. شواهد متعددی حاکی از آن است که گیاهان دارای سیستم‌های پیچیده‌ای برای درک محیط، پردازش اطلاعات و حتی برقراری ارتباط با یکدیگر هستند. یکی از مفاهیم جدید در این زمینه، شناخت گیاهی است که به مطالعه توانایی‌های شناختی گیاهان، از جمله ادراک، یادگیری، حافظه و خودآگاهی می‌پردازد. این حوزه تحقیقاتی، مرزهای سنتی بین حیوانات و گیاهان را بازتعریف کرده، نشان می‌دهد که گیاهان نیز می‌توانند رفتارهای پیچیده‌ای از خود نشان دهند که پیش‌تر به موجودات دارای سیستم عصبی نسبت داده می‌شد [۱]. علم نوظهور عصب‌شناسی گیاهی<sup>۱</sup> نیز معتقد است که گیاه باید به عنوان یک موجود زنده در نظر گرفته شود که حساس و دارای درک است.

همچنین بر این باور است که گیاهان دارای یک سیستم مانیتورینگ قوی هستند و خود و غیر خود را می‌شناسند، قابلیت تجزیه و تحلیل و رفتار تطبیقی را دارند و اقداماتی را بر اساس آنها انجام می‌دهند [۲]. برخی زیست‌شناسان گیاهی پذیرفته‌اند که گیاهان قابلیت هوشیاری را نشان می‌دهند. با این حال، آنها در مورد سؤالات تفسیری، اخلاقی و نام‌گذاری ناشی از این یافته‌ها اختلاف نظر دارند: مسئله این است که چگونه موضوع را چارچوب‌بندی کنند و چگونه به پیامدهای آن دلالت کنند. «عصب‌شناسی گیاهی» که سیستم‌های ریشه گیاهان را شبیه به مغز حیوانات و سیستم‌های عصبی توصیف می‌کند، هوش گیاهی را برای ارتقای وضعیت گیاهان الزامی می‌داند. بعلاوه عصب‌شناسی گیاهی با انجام این کار، یک چارچوب توسعه‌گرای اخلاقی انسان محور را می‌پذیرد که از گیاهان می‌خواهد به طور انسانی استانداردهای حیوانی را رعایت کنند تا شایسته احترام اخلاقی باشند [۳].

هوش برای گیاهان وحشی تعریف شده و نقش آن در تناسب اندام مشخص شده است. رفتار هوشمند نشان داده شده توسط سلول‌های منفرد و شباهت سیستم بین اینتراکتوم<sup>۲</sup> و کانکتوم<sup>۳</sup>

## اصطلاحات و مفاهیم

**هوش گیاهی:** توانایی گیاهان برای دریافت اطلاعات از محیط، تصمیم‌گیری و واکنش نشان دادن به تغییرات، مانند رشد به سمت نور یا دفاع در برابر آفات. **حافظه گیاهی:** توانایی گیاهان برای به خاطر سپردن تجربیات گذشته و واکنش بهتر به شرایط مشابه در آینده، مانند مقاومت بیشتر به خشکی پس از یک دوره کم‌آبی.

**رفتار تطبیقی:** رفتارهای گیاهان که به آن‌ها کمک می‌کند خود را با شرایط محیطی جدید سازگار کنند، مثل تغییر جهت رشد ریشه‌ها در جستجوی آب. **سیگنال‌های شیمیایی:** موادی که گیاهان برای برقراری ارتباط با یکدیگر و با موجودات دیگر، مانند هشدار درباره حمله حشرات، آزاد می‌کنند. **شبکه‌های زیرزمینی:** ارتباط‌های پنهانی بین گیاهان، معمولاً از طریق ریشه‌ها و قارچ‌ها، که به تبادل مواد مغذی و اطلاعات کمک می‌کند. **کشاورزی پایدار:** روش‌هایی از کشاورزی که به حفظ سلامت خاک، کاهش مصرف آب و حفظ تنوع زیستی کمک می‌کند تا در بلندمدت به محیط‌زیست آسیب نرسد.

**نوروبیولوژی گیاهی:** شاخه‌ای از علم که بررسی می‌کند چگونه گیاهان اطلاعات محیط را پردازش و به آن واکنش نشان می‌دهند، مشابه عملکرد سیستم عصبی در حیوانات، ولی بدون داشتن مغز. **اینتراکتوم:** شبکه‌ای از ارتباطات درون یک گیاه که سیگنال‌ها را در داخل آن منتقل می‌کند تا قسمت‌های مختلف با هم هماهنگ شوند. **کانکتوم:** نقشه‌ای از تمام ارتباطات موجود در یک سیستم زنده، مانند نحوه تبادل اطلاعات در یک گیاه یا بین گیاهان یک اکوسیستم. **کامبیوم:** لایه‌ای نازک از بافت زنده است که بین بافت چوبی و بافت آبکش یک گیاه قرار دارد.

**انتوبیولوژی:** یک مطالعه علمی است که بر رابطه بین فرآیندهای زیست‌شناختی و اجتماعی تمرکز می‌کند زیرا آنها بر تنوع زیستی و عملکرد زیست‌بوم تأثیر می‌گذارند.

**هوش طبیعت‌گرا:** توانایی درک و تعامل با طبیعت، که در برخی افراد قوی‌تر است و آن‌ها را قادر می‌سازد رابطه عمیق‌تری با محیط‌زیست برقرار کنند. **هوش‌های چندگانه:** نظریه‌ای که می‌گوید هوش تنها به یک شکل وجود ندارد، بلکه انواع مختلفی دارد، مانند هوش زبانی، منطقی، حرکتی و طبیعت‌گرا. **غایت‌باوری:** دیدگاهی که معتقد است همه چیز در طبیعت هدفی خاص دارد، مثلاً گیاهان برای بقا و تکامل به‌گونه‌ای رشد و رفتار می‌کنند که به این هدف کمک کند.

**استراتژی بوم‌شناختی:** روش‌هایی که موجودات زنده، از جمله گیاهان، برای بقا و تولیدمثل در محیط‌های مختلف به کار می‌گیرند. **یادگیری بین‌نسلی:** فرآیندی که در آن اطلاعات و تجربیات از یک نسل به نسل بعد منتقل می‌شود، مانند نحوه سازگاری گیاهان با تغییرات محیطی. **شبکه‌های میکوریزی:** ارتباطات زیرزمینی بین گیاهان که توسط قارچ‌های ویژه‌ای ایجاد می‌شوند و به تبادل مواد مغذی و اطلاعات کمک می‌کنند. **قوم زیست‌شناسان:** افرادی که دانش بومی درباره گیاهان و طبیعت را از نسل‌های گذشته به ارث برده‌اند و در زندگی روزمره از آن استفاده می‌کنند. **غیرقوم زیست‌شناسان:** دانشمندانی که بدون تکیه بر دانش بومی، با روش‌های علمی مدرن، طبیعت و گیاهان را مطالعه می‌کنند.

نشان می‌دهد که سیستم‌های عصبی برای قابلیت‌های هوشمند ضروری نیستند. گیاهان بسیاری از سیگنال‌های محیطی را که برای بهینه‌سازی رقابتی دستیابی به منابع توزیع شده به صورت ناقص ارزیابی می‌شوند، حس می‌کنند و به آنها پاسخ می‌دهند. موقعیت‌های انتخابی باعث ایجاد حالت‌های انگیزشی در رفتار گیاهی هدفمند می‌شوند. تصمیمات هوشمندانه متعاقباً امکان به دست آوردن کارآمد انرژی نسبت به هزینه‌ها را فراهم می‌کند. مقایسه هوش و رفتار گیاه نشان می‌دهد که منشأ هوش گیاهی در ارتباطاتی پیچیده نهفته است و با کنترل کامبیایی<sup>۱</sup> عملکرد شاخه نشان داده می‌شود. تصحیح خطا در رفتارها، هم آگاهی و هم قصد را نشان می‌دهد و هم توانایی شمردن تا پنج را نشان می‌دهد. ترکیبات آلی فرار به عنوان سیگنال در فعل و انفعالات متعدد گیاهان استفاده می‌شود. از نظر ترکیب پیچیده و اغلب گونه‌ها و منحصر به فرد هستند، ممکن است زبان گیاهی را نشان دهند و تشخیص خود و بیگانه را بین گیاهان منفرد بیان کنند. نظریه بازی برای درک تعاملات رقابتی و مشارکتی بین گیاهان و میکروب‌ها استفاده شده است. برخی از رفتارهای غیرمنتظره همکاری بین افراد و بیگانگان بالقوه ظاهر شده است. رفتار سودمند از تجربه، یکی دیگر از تعریف‌های ساده هوش، هم به یادگیری و هم به حافظه نیاز دارد و در آغازگرهای گیاه‌خواری، بیماری‌ها و استرس‌های غیر زنده نشان داده می‌شود [۴].

رفتار هوشمند معمولاً زمانی تشخیص داده می‌شود که ارگانیسم‌های منفرد از جمله گیاهان، در مواجهه با شرایط رقابتی شدید یا نامطلوب در دنیای واقعی، رفتار خود را تغییر دهند تا احتمال بقای خود را افزایش دهند. رفتار هوشمند اغلب در تک سلولی و میکروب‌ها گزارش شده است. تنوع فردی ممکن است توسط یک مکانیسم یادگیری جدید با شرح جزئیات، پشتیبانی شود. سازگاری در توسعه محصول مهم است اما این اصطلاح ممکن است پیچیده باشد و ویژگی‌های رفتاری متعددی را در خود جای دهد. در نظر گرفتن گیاهان به عنوان هوشمند، هم از یک موضوع اساسی در درک حیات گیاهی، بلکه از ارائه یک جهت برای تحقیقات بنیادی آینده و در اصلاح محصولات، فواید زیست‌شناختی واقعی وجود دارد [۵]

هوش طبیعت‌گرا به عنوان یکی از انواع هوش‌های چندگانه معرفی شده است که به توانایی فرد در درک و طبقه‌بندی عناصر طبیعی اشاره دارد. افرادی که دارای هوش طبیعت‌گرای بالایی هستند، می‌توانند به راحتی بین موجودات زنده تمایز قائل شوند و ارتباط عمیقی با طبیعت برقرار کنند. این مفهوم نشان‌دهنده اهمیت تعامل انسان با محیط طبیعی و درک پیچیدگی‌های آن است. مفهوم هوش گیاهی، همان طور که توسط آنتونی ترواواس<sup>۲</sup> پیشنهاد شده است، بحث‌های قابل توجهی را ایجاد کرده است. با این

چالش‌های محیطی به طور موثر پاسخ دهند [۸].

یک تعریف خلاصه از حدود ۷۰ مورد از توصیف هوش، تعریفی را برای همه موجودات دیگر از جمله گیاهانی که بر تناسب اندام تاکید دارند، ارائه می‌دهد. باربارا مک کلینتاک<sup>۴</sup>، زیست‌شناس و ژنتیکدان گیاهی، مفهوم «سلول متفکر» را در سخنرانی جایزه نوبل خود مطرح کرد. ساختار سیستمی لازم برای یک سلول متفکر با مقایسه ایتراکتوم و کانکتوم آشکار می‌شود. کلاهی ریشه گیاه، گروهی متشکل از ۲۰۰ سلول است که به طور کلی در پاسخ به سیگنال‌های متعدد عمل می‌کنند، احتمالاً دارای ساختار سیستمی مشابهی است که با توصیف داروین در مورد عمل کردن مانند مغز یک موجود پایین‌تر مطابقت دارد. رفتار هوشمندانه مستلزم ارزیابی انتخاب‌های مختلف و اتخاذ گزینه سودمند است. برای بهینه‌سازی ویژگی‌های ظاهری (فنوتیپ) گیاه در محیط‌های متغیر، نیاز به تصمیم‌گیری مداوم است. کامبیوم نقش مهمی در این مورد ایفا می‌کند و می‌تواند منابع را از بخش‌های مختلف گیاه، مانند شاخه‌ها و ریشه‌ها، با تغییر در ساختار آوندی مدیریت کند. آگاهی محیطی احتمالاً نشان دهنده هوشیاری است. خودانگیختگی در رفتار گیاه، توانایی شمارش تا پنج و تصحیح خطا نشان دهنده قصد است. ترکیبات آلی فرار به عنوان سیگنال در فعل و انفعالات گیاهی استفاده می‌شوند و پیچیده بودن در ترکیب ممکن است معادل حسابداری زبان برای شناسایی خود و بیگانه توسط گیاهان منفرد باشد. تئوری بازی‌ها تعاملات رقابتی را توصیف می‌کند. نتایج تعاملی و هوشمندانه از کاربرد بازی‌های مختلف بین خود گیاهان و تعامل با میکروب‌ها پدید می‌آید. رفتار سودمند از تجربه، یکی دیگر از تعریف‌های ساده هوش، هم به یادگیری و هم به حافظه نیاز دارد و در آغازگرهای گیاهخواری، بیماری‌ها و استرس‌های غیر زنده نشان داده می‌شود [۹].

زیست‌شناسان پیشنهاد می‌کنند که هوش شامل ویژگی‌های ادراک حسی دقیق، پردازش اطلاعات، یادگیری، حافظه، انتخاب، بهینه‌سازی جداسازی منابع با حداقل هزینه، خودشناسی و آینده نگری با مدل سازی پیش بینی شده است. همه این ویژگی‌ها به ظرفیت حل مسئله در موقعیت‌های تکراری و جدید مربوط می‌شوند. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد گونه‌های گیاهی منفرد همه این قابلیت‌های رفتاری هوشمند را نشان می‌دهند، اما این کار را از طریق انعطاف‌پذیری فنوتیپی انجام می‌دهند، نه حرکت. علاوه بر این در جستجوی رقابتی برای منابع است که اکثر این ویژگی‌های هوشمند شناسایی شده‌اند. بنابراین گیاهان باید به عنوان موجودات هوشمند اولیه در نظر گرفته شوند، مفهومی که پیامدهای قابل توجهی برای تحقیقات ارتباطات کل گیاه، محاسبات و انتقال سیگنال دارد [۱۰].

حال، هوش گیاهی به طور ضعیف تعریف شده است. غالباً یا عملاً مترادف تناسب اندام داروینی تلقی می‌شود یا به استعاره‌ای تزئینی صرف تقلیل می‌یابد. می‌توان دیدگاه دقیق‌تری داشت و بر پیش نیازهای ضروری مانند حافظه و یادگیری تأکید کرد که نیازمند روشن شدن تعریف خود حافظه است. برای واجد شرایط شدن به عنوان خاطرات، ردپای رویدادهای گذشته نه تنها باید ذخیره شود، بلکه باید به طور فعال به آنها دسترسی پیدا کرد. یک رفتار «هوشمندانه» باید شامل مؤلفه‌ای باشد که می‌تواند با یک مدل الگوریتمی قابل قبول که شامل توسل به اطلاعات ذخیره‌شده در مورد وضعیت‌های گذشته فرد یا محیط اطرافش است، تقریب یا تقلیل؟ یابد. ارزیابی مجدد نمونه‌های ارائه شده قبلی از هوش گیاهی نشان می‌دهد که فقط برخی از آنها آزمون‌های مدل‌سازی الگوریتمی را قبول می‌کنند [۶].

پس از سال‌ها بحث در مورد احتمال اینکه گیاهان دارای هوش هستند، از یک طرف، دانشمندانی از طیف وسیعی از رشته‌ها از جمله فیزیولوژی گیاهی، فلسفه و روان‌شناسی وجود دارند که استدلال می‌کنند که پیچیدگی پاسخ‌های گیاه به یک محیط در حال تغییر نشان‌دهنده رفتار هوشمندانه است. از سوی دیگر، کارشناسانی به همان اندازه معتبر همچنان اصرار دارند که رفتار گیاه شرایط لازم را برای تعریف هوشمندانه ندارد. اما آیا می‌توان گفت گیاهان باهوش هستند؟ آیا کسی می‌تواند به طور منطقی پیچیدگی پاسخ گیاهان به محیطی که همیشه در حال تغییر است را زیر سوال ببرد؟ همان طور که اخیراً اشاره شده است، پاسخ دهی گیاه در تمام سطوح تحقیقات گیاهی از ژنتیکی تا فنوتیپی ظاهر می‌شود. تردید در هوش گیاهی به معنای به چالش کشیدن این مفهوم است که هوش خود یک مفهوم چند وجهی است، همچنین به عنوان یک پدیده زیست‌شناختی جهانی که تناسب فردی را ارتقا می‌دهد و برای تعاملات محیطی موثر ارگانیسم لازم است، تعریف می‌شود [۷].

ماری پلوت<sup>۱</sup> و پیر کانی<sup>۲</sup> در کتاب «زیباترین تاریخ گیاهان»<sup>۳</sup> به بررسی سازگاری قابل توجه گیاهان می‌پردازند و نشان می‌دهند که چگونه طبیعت ثابت آنها به استراتژی‌های بقای پیچیده‌ای منجر شده است. به عنوان مثال، گیاهانی که در زیر سایبان‌های جنگلی متراکم رشد می‌کنند، مکانیسم‌هایی را برای بهینه‌سازی فتوسنتز در شرایط کم نور ایجاد کرده‌اند، مانند تنظیم جهت‌گیری برگ و غلظت کلروفیل. برعکس، برخی گونه‌های مناطق گرمسیری روزنه‌های خود را در ساعات اوج نور خورشید می‌بندند تا آب را حفظ کنند و از آسیب نوری جلوگیری کنند. آنها پیشنهاد می‌کنند که چنین رفتارهای انطباقی را می‌توان به عنوان نوعی هوش در نظر گرفت که گیاهان را قادر می‌سازد علی‌رغم بی‌حرکتی خود به

1. Jean-Marie Pellet  
2. Jean-Pierre Cuny

3. Aventure des plantes La Prodigieuse  
4. Barbara McClintock

که با هوش گیاهی مخالف هستند و آن را محکوم می‌کنند نشان می‌دهد که آنها به دلیل حذف شواهد خلاف نظر خود، از برخی واقعات چشم‌پوشی کرده‌اند [۱۰]. برخی محققین در مقالات متعدد ادعای هوش گیاهی را رد کرده‌اند و معتقدند که هیچ مدرک محکمی برای وجود نورون، مغز، احساس درد یا حافظه در گیاهان وجود ندارد. به عقیده آنها استفاده از کلماتی مانند «هوشمند» گسترده و گمراه کننده است. «استراتژی بوم‌شناختی» نیز یک خلاصه غایت‌شناختی گمراه کننده برای رفتار تطبیقی تکامل یافته است. گیاهان «جانداران آگاه» نیستند که تصمیمات استراتژیک بگیرند. نقص مدل‌های اقلیمی ناشی از نادیده گرفتن «هوش گیاهی» نیست، بلکه به دلیل دانش ناکافی ما از واکنش‌های تطبیقی گیاهان است. انسانی‌سازی گیاهان تصویر تحریف شده‌ای از زندگی گیاهی ارائه می‌دهد. گرچه این متخصصان با اهمیت گیاهان در بیوسفر موافق‌اند، اما معتقدند که رویکرد عصب‌زیست‌شناسان گیاهی علاوه بر آنکه برای جامعه علوم گیاهی مفید نیست، برای عموم مردم هم گمراه کننده است [۱۲].

شواهد نشان می‌دهند که گیاهان دارای سیستم‌های پیچیده‌ای برای درک و تعامل با محیط خود هستند. در این مقاله، با مرور و تحلیل تحقیقات علمی متعدد، به بررسی شواهد هوش گیاهی، تفاوت آن با هوش حیوانی، چالش‌های پذیرش این مفهوم در جامعه علمی و کاربردهای بالقوه آن در کشاورزی، بوم‌شناسی و زیست‌فناوری می‌پردازیم. هدف ما این است که درک عمیق‌تری از توانایی‌های گیاهان به عنوان موجودات هوشمند ارائه دهیم و مرزهای تعریف شده هوش را بازتعریف کنیم.

## مباحث جاری

### ۱. شواهد زیستی و رفتاری هوش گیاهی

مطالعات علمی نشان داده‌اند که گیاهان برخلاف تصور رایج، موجوداتی فعال و پیچیده هستند که از قابلیت‌های پیشرفته‌ای برای پردازش اطلاعات محیطی، یادگیری، حافظه، و ارتباطات بین فردی برخوردارند. از طریق بررسی پاسخ‌های گیاهان به محرک‌های خارجی، می‌توان دریافت که آن‌ها قادر به اتخاذ تصمیمات پیچیده برای بهبود بقای خود هستند. روش‌های ارتباطی گیاهان، از جمله سیگنال‌های شیمیایی و شبکه‌های میکوریزی، نشان‌دهنده‌ی سطح بالایی از هوشمندی در گیاهان است که می‌تواند دیدگاه‌های ما را نسبت به دنیای گیاهان و تعامل آن‌ها با محیط تغییر دهد. این یافته‌ها نه تنها از نظر علمی و بوم‌شناختی مهم هستند، بلکه می‌توانند کاربردهای گسترده‌ای در کشاورزی، حفاظت از منابع

شواهد نشان می‌دهد که گیاهان می‌توانند با نمایش توانایی یادگیری، ایجاد ارتباط بین نشانه‌های محیطی، شرکت در تصمیم‌گیری‌های پیچیده درباره کسب منابع، به خاطر سپردن و سازگاری به روش‌های انعطاف‌پذیر، هوشمندانه رفتار کنند. با این حال، هوش گیاهی یک مفهوم مورد مناقشه در جامعه علمی است. دلایل عدم اجماع را می‌توان به تاریخ فلسفه غرب، تفسیر اصطلاحات و به دلیل گیاهان فاقد نورون و سیستم عصبی مرکزی جستجو کرد. بنابراین هوش گیاهی یک الگوی جدید در علوم گیاهی است. بنابراین، دیدگاه‌های دانشمندان در رشته‌های مرتبط با گیاه نیاز به بررسی دارد تا بینشی در مورد وضعیت فعلی و توسعه آینده این مفهوم به دست آید. در یک کار تحقیقاتی نظرات دانشمندان از رشته‌های مختلف مرتبط با گیاهان، از جمله اتنوبیولوژی<sup>۱</sup> و سایر علوم زیستی از طریق یک پرسشنامه آنلاین تجزیه و تحلیل شد. یافته‌ها نشان داد که سیستم‌های اعتقادی شخصی پاسخ‌دهندگان و فزونی در نظر گرفتن انواع دیگر دانش، مانند دانش سنتی، در زمینه(های) مطالعه خودشان، با نظرات آنها درباره هوش گیاهی مرتبط است. در همین حال، تخصص حرفه‌ای، پیشینه (رشته) یا آشنایی پاسخ‌دهندگان با شواهد ارائه شده در مورد هوش گیاهی بر نظرات آنها تأثیری نداشت. دو رویکرد می‌توانند درک بین رشته‌ای را در میان دانشمندان تسهیل کنند: (۱) ارتباط مؤثر طراحی شده برای ایجاد تغییر در توافق بر اساس اطلاعات ارائه شده؛ و (۲) ایجاد فضایی برای گفت‌وگوی میان رشته‌ای که در آن دانشمندان بتوانند ذهنیت‌های خود را بیان کنند و فرصت‌های جدیدی را برای همکاری باز کنند [۱۱].

با این حال، برخی محققان و دانشمندان فکر می‌کنند که گیاهان باهوش نیستند، اما به نظر می‌رسد از ادبیات گسترده در مورد هوش، حافظه، یادگیری و جای‌شناسی کروماتین<sup>۲</sup> در گیاهان بی‌اطلاع هستند. ادعای آنها مبنی بر نقل قول‌های بعضاً جعلی ناشی از استدلال نادرست و عدم درک زیست‌شناسی کارکردی<sup>۳</sup> است. استفاده آنها از رسانه‌های اجتماعی به عنوان شواهد علمی غیرقابل قبول است. دیدگاه‌های داروین در مورد هوش شرح داده می‌شود و ارتباط آنها با واکنش‌های تطبیقی گیاهان مورد بحث قرار می‌گیرد. توجیه نظراتی که در مورد مک کلینتاک و سلول «متفکر» او ارائه شده، نوشته‌های فون ساکس<sup>۴</sup> به عنوان نشان‌دهنده غایت باوری (تلئونومی<sup>۵</sup>) برای رفتار گیاه، اشارات ونت<sup>۶</sup> و تیمن<sup>۷</sup> به هوش گیاهی و میراث بوز<sup>۸</sup> به عنوان پدر الکتروفیزیولوژی گیاهی<sup>۹</sup> شرح داده شده‌اند. این دانشمندان معمولاً در زمینه دانش خود اولین بودند و در نتیجه درک آنها عمیق تر بود. تحلیل نظرات ۳۶ دانشمندی

1. Ethnobiology  
2. Chromatin topology  
3. Functional biology  
4. Julius von Sachs  
5. Teleonomy

6. Frits Warmolt Went  
7. Kenneth V. Thimann  
8. Jagdish Chandra Bose  
9. Plant electrophysiology

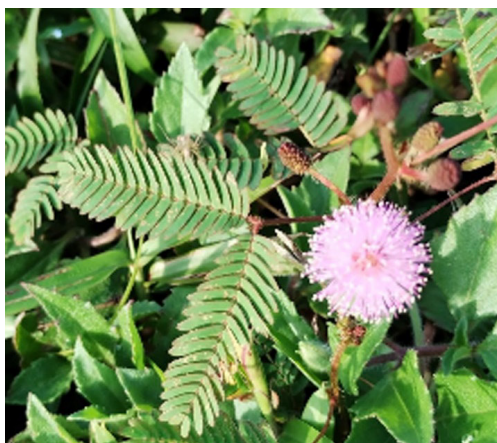
طبیعی، و بهینه‌سازی تولید محصولات زراعی داشته باشند.

#### الف) توانایی گیاهان در پردازش اطلاعات محیطی

گیاهان برخلاف تصور رایج، موجوداتی منفعل نیستند، بلکه به‌طور مداوم شرایط محیطی خود را بررسی کرده و بر اساس داده‌های دریافتی، تصمیمات مختلفی برای رشد، بقا و تولیدمثل اتخاذ می‌کنند. این تصمیم‌گیری بر اساس تحلیل محرک‌های محیطی، نظیر نور، دما، رطوبت، ترکیبات شیمیایی موجود در خاک، حضور رقیبان، و حتی سیگنال‌های بیوشیمیایی تولیدشده توسط سایر گیاهان یا میکروارگانیسم‌ها صورت می‌گیرد. به‌عنوان مثال، گیاهان در مواجهه با تنش‌های محیطی مانند کمبود آب یا حضور آفات، مسیرهای سیگنالینگ داخلی خود را فعال کرده و تغییراتی

در متابولیسم و بیان ژن‌های مرتبط با دفاع و رشد ایجاد می‌کنند.

یکی از نمونه‌های بارز در این زمینه، گیاه *Mimosa pudica* (شکل ۱) است که به لمس حساس بوده و برگ‌های خود را در واکنش به تحریک مکانیکی می‌بندد. مطالعات نشان داده‌اند که پس از چندین بار لمس شدن، این گیاه یاد می‌گیرد که تحریک غیرخطرناک را نادیده بگیرد، پدیده‌ای که نشان‌دهنده‌ی وجود نوعی حافظه در گیاهان است. این ویژگی به گیاه کمک می‌کند تا از بستن غیرضروری برگ‌های خود، که هزینه‌ی متابولیکی دارد، جلوگیری کند [۱۳]. این رفتار، نوعی پردازش اطلاعات محیطی است که موجب افزایش بازدهی گیاه در استفاده از منابع انرژی می‌شود.



شکل ۱: گیاه *Mimosa pudica* (گل قهر و آشتی) به لمس حساس است.

#### ب) مثال‌هایی از یادگیری و حافظه در گیاهان

گیاهان نه تنها قادرند اطلاعات محیطی را پردازش کنند، بلکه می‌توانند این اطلاعات را در ساختارهای خود حفظ کرده و در واکنش‌های آینده از آن‌ها بهره بگیرند. حافظه‌ی کوتاه‌مدت در گیاهان معمولاً شامل پاسخ‌های سریع به محرک‌های محیطی است که برای مدت کوتاهی حفظ می‌شوند. در مقابل، حافظه‌ی بلندمدت گیاهان می‌تواند هفته‌ها، ماه‌ها یا حتی سال‌ها دوام داشته باشد. به‌عنوان مثال، برخی گونه‌های گیاهی که در معرض تنش‌های محیطی مانند خشکی یا سرما قرار گرفته‌اند، در مواجهه‌ی مجدد با شرایط مشابه، پاسخ‌های سازگارانه‌ی بهتری از خود نشان می‌دهند. مطالعات نشان داده‌اند که گیاهان حتی پس از چند هفته، می‌توانند نسبت به شرایطی که قبلاً تجربه کرده‌اند، واکنش مناسب‌تری نشان دهند، که این نشان‌دهنده‌ی نوعی حافظه‌ی فیزیولوژیکی و مولکولی است [۴]. در این فرآیند، گیاهان از تغییرات در بیان ژن‌ها و مسیرهای بیوشیمیایی برای یادآوری و پاسخگویی به شرایط پیشین استفاده می‌کنند.

یک دوره‌ی خشکی، در مواجهه مجدد با این شرایط، روزه‌های خود را سریع‌تر و مؤثرتر می‌بندد تا از دست دادن آب را کاهش دهد. این رفتار نشان‌دهنده‌ی نوعی حافظه‌ی فیزیولوژیکی است که به گیاه کمک می‌کند با تنش‌های محیطی سازگار شود. برخی گیاهان مانند گندم (*Triticum aestivum*) و کلزا (*Brassica napus*) وقتی در معرض دماهای پایین قرار می‌گیرند، تغییراتی در بیان ژن‌های مرتبط با مقاومت به سرما ایجاد می‌کنند. این تغییرات باعث می‌شود که در مواجهه‌ی بعدی با سرما، گیاهان تحمل بیشتری نشان دهند، حتی اگر چندین هفته از تنش اولیه گذشته باشد. پژوهشی بر روی نخود فرنگی (*Pisum sativum*) نیز نشان داده است که اگر یک برگ به‌وسیله‌ی حشرات جویده شود، گیاه می‌تواند این اطلاعات را به خاطر بسپارد و در صورت حمله‌ی مجدد، ترکیبات شیمیایی دفاعی بیشتری تولید کند. این نشان می‌دهد که گیاه نه تنها اطلاعات را پردازش می‌کند، بلکه آن را برای استفاده‌ی آینده ذخیره می‌کند.

علاوه بر حافظه‌ی فردی، گیاهان می‌توانند تجربیات خود را به نسل‌های آینده نیز منتقل کنند. این فرآیند معمولاً از طریق

به عنوان مثال، گیاه *Arabidopsis thaliana* پس از تجربه‌ی

### ج) روش‌های ارتباطی گیاهان

گیاهان از راه‌های مختلفی برای ارتباط با محیط و سایر موجودات زنده استفاده می‌کنند. این روش‌های ارتباطی شامل انتشار سیگنال‌های شیمیایی، ارسال پالس‌های الکتریکی، و حتی بهره‌گیری از شبکه‌های زیرزمینی برای انتقال اطلاعات و مواد مغذی است. یکی از مهم‌ترین روش‌های ارتباطی در گیاهان، استفاده از سیگنال‌های شیمیایی است. بسیاری از گیاهان در هنگام حمله‌ی آفات یا بیماری‌ها، ترکیبات آلی فرار (Volatile Organic Compounds - VOCs) تولید کرده، آنها را در هوا منتشر می‌کنند. این ترکیبات می‌توانند گیاهان مجاور را از وجود خطر آگاه سازند، به‌طوری که گیاهان دریافت‌کننده‌ی این سیگنال‌ها، پیشاپیش سیستم‌های دفاعی خود را فعال کرده، مقاومت بیشتری در برابر آفات پیدا می‌کنند. به‌عنوان مثال، درختان بلوط و صنوبر در صورت مورد حمله قرار گرفتن توسط حشرات، ترکیباتی را آزاد می‌کنند که به سایر درختان کمک می‌کند تا مواد دفاعی خود را تولید کنند [۱۵]. برای این مورد مثال‌های فراوانی وجود دارد که به برخی از آنها اشاره می‌شود:

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که وقتی درختان بلوط (*Quercus spp.*) و صنوبر (*Picea spp.*) مورد حمله‌ی حشرات قرار می‌گیرند، ترکیبات آلی فرار (VOCs) مانند متیل جاسمونات<sup>۲</sup> آزاد می‌کنند. این ترکیبات به درختان مجاور هشدار می‌دهند تا مواد شیمیایی دفاعی مانند تانن‌ها را افزایش دهند که موجب تلخ شدن برگ‌ها و کاهش تغذیه‌ی حشرات می‌شود.

زمانی که ذرت (*Zea mays*) مورد حمله‌ی کرم برگ‌خوار قرار می‌گیرد، موادی آزاد می‌کند که زنبورهای انگلی (*Parasitoid wasps*) را جذب کرده و آنها را به سمت آفت‌ها هدایت می‌کند. این ارتباط شیمیایی یک راه طبیعی برای دفع آفات و حفاظت از گیاه است.

گیاهان گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) که در مجاورت گیاهان بیمار قرار دارند، حتی بدون تماس مستقیم، مکانیزم‌های دفاعی خود را فعال می‌کنند. این نشان می‌دهد که ترکیبات فرار آزادشده از گیاه آلوده، به سایر گیاهان هشدار داده و آنها را برای مقابله با بیماری آماده می‌کند. شکل ۳ تصویر طراحی شده توسط هوش مصنوعی است که انتشار این سیگنال‌ها را نشان می‌دهد.

علاوه بر ارتباط شیمیایی، بسیاری از گیاهان از طریق شبکه‌های زیرزمینی قارچی (شکل ۴) که به نام شبکه‌های میکوریزی شناخته می‌شوند، با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. این شبکه‌های گسترده که از همزیستی گیاهان با قارچ‌های میکوریز تشکیل شده‌اند،

تغییرات اپی‌ژنتیکی<sup>۱</sup> صورت می‌گیرد؛ تغییرات اپی ژنتیکی وراثتی تغییرات ژنتیکی - تغییر توالی DNA موسوم به جهش‌های ژنتیکی - هستند که بر بیان ژن‌ها تأثیر گذاشته، در برخی موارد تا چندین نسل بعد به ارث می‌رسند. به‌عنوان مثال، گیاهانی که در معرض تنش‌هایی مانند خشکی، دماهای شدید یا هجوم آفات قرار گرفته‌اند، می‌توانند تغییراتی در متیلاسیون DNA یا ساختار کروماتین خود ایجاد کنند که این تغییرات به بذره‌های نسل بعدی نیز منتقل می‌شود. شکل ۲ تصویر طراحی شده توسط هوش مصنوعی است که انتقال اطلاعات ژنتیکی در گیاهان را به نسل‌های بعدی شبیه‌سازی کرده است. این ویژگی که به‌عنوان «یادگیری بین‌نسلی» شناخته می‌شود، به گیاهان کمک می‌کند تا زاده‌های آنها را برای مقابله با شرایط سخت‌تر آمادگی بیشتری داشته باشند [۱۴].

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اگر گیاهان یک نسل از گیاه جو (*Hordeum vulgare*) در شرایط کم‌آبی رشد کنند، زاده‌های نسل بعدی این گیاه مقاومت بیشتری نسبت به خشکی نشان می‌دهند. این تغییر ناشی از تنظیمات اپی‌ژنتیکی مانند متیلاسیون DNA و تغییرات در بیان ژن‌های مرتبط با پاسخ به تنش آبی است. همچنین، محققان مشاهده کرده‌اند که اگر گیاه خردل وحشی (*Brassica rapa*) در یک نسل در معرض دماهای پایین قرار بگیرد، بذره‌های نسل بعدی تحمل بیشتری نسبت به سرما دارند، حتی اگر خودشان هرگز در معرض این دماها قرار نگرفته باشند. و یا اگر یک گیاه نخود فرنگی (*Pisum sativum*) در معرض حمله‌ی شته‌ها قرار بگیرد، نسل بعدی آن سریع‌تر ترکیبات دفاعی ترشح می‌کند، که نشان‌دهنده‌ی انتقال اطلاعات توانایی‌های دفاعی از یک نسل به نسل دیگر است.



شکل ۲: اطلاعات ژنتیکی گیاهان از طریق DNA به نسل بعدی منتقل می‌شود. طرح به کمک هوش مصنوعی (توسط نویسنده)

## ۲. مقایسه هوش گیاهی و هوش حیوانی

در حالی که هوش گیاهی و حیوانی دارای تفاوت‌های بنیادین هستند، هر دو سیستم برای درک و پردازش اطلاعات محیطی توسعه یافته‌اند. گیاهان برخلاف حیوانات نیازی به حرکت ندارند، اما با استفاده از مکانیسم‌های بیوشیمیایی و الکتریکی، شرایط محیط را ارزیابی کرده و رشد خود را بهینه می‌کنند. درک این تفاوت‌ها می‌تواند به ما کمک کند تا در حوزه‌هایی مانند کشاورزی، زیست‌شناسی تکاملی و حتی فناوری‌های زیستی، از ویژگی‌های منحصر به فرد گیاهان الهام بگیریم.

در حالی که حیوانات برای زنده ماندن به سیستم عصبی مرکزی، حرکت و واکنش‌های سریع متکی هستند، گیاهان استراتژی متفاوتی برای بقا و تعامل با محیط خود اتخاذ کرده‌اند. هوش گیاهی و هوش حیوانی از نظر مکانیسم‌های پردازش اطلاعات، تصمیم‌گیری و سازگاری با محیط تفاوت‌های اساسی دارند، اما هر دو سیستم توانایی درک، تحلیل و واکنش به تغییرات محیطی را دارا هستند.

### هوش حیوانی: پردازش سریع اطلاعات و پاسخ فوری

هوش حیوانی بر پایه‌ی پردازش عصبی، تصمیم‌گیری سریع و رفتارهای حرکتی برای فرار از خطرات و یافتن منابع استوار است. حیوانات دارای سیستم عصبی پیچیده‌ای هستند که امکان تحلیل داده‌های حسی، پردازش اطلاعات و تصمیم‌گیری آنی را فراهم می‌کند. این سیستم عصبی شامل مغز، نخاع و شبکه‌ای از اعصاب محیطی است که اطلاعات را با سرعت بالا انتقال می‌دهند. برخی ویژگی‌های کلیدی هوش حیوانی عبارت‌اند از:

– **یادگیری سریع و انعطاف‌پذیر:** حیوانات می‌توانند از طریق تجربه یاد بگیرند و رفتارهای خود را بر اساس شرایط جدید تنظیم کنند. به عنوان مثال، بسیاری از پستانداران توانایی حل مسائل و استفاده از ابزار را دارند.

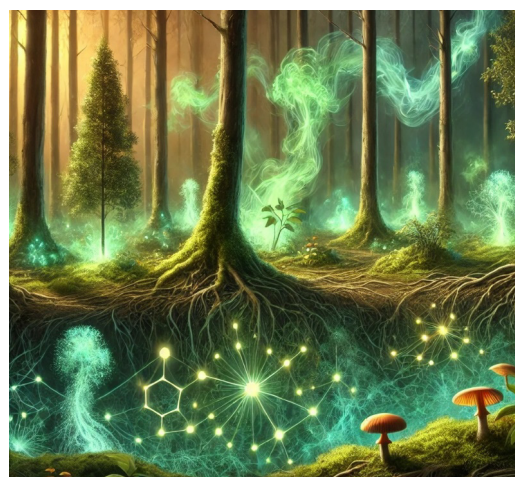
– **پاسخ‌های حرکتی به تهدیدات:** فرار، حمله، مخفی شدن و تقلید از محیط از جمله واکنش‌های حیوانات به شرایط خطرناک است.

– **حافظه و تصمیم‌گیری پیچیده:** برخی از حیوانات مانند فیل‌ها و دلفین‌ها دارای حافظه‌ی طولانی‌مدت هستند که به آن‌ها کمک می‌کند مسیرها، چهره‌ها و حتی وقایع گذشته را به خاطر بسپارند.

### هوش گیاهی: پردازش سیگنال‌های محیطی و سازگاری تدریجی

برخلاف حیوانات، گیاهان فاقد سیستم عصبی و مغز مرکزی هستند، اما این بدان معنا نیست که آن‌ها قادر به درک محیط خود نیستند. گیاهان از طریق شبکه‌ای از سیگنال‌های الکتروشیمیایی، هورمون‌ها و تعاملات مولکولی، اطلاعات محیطی را دریافت و

امکان انتقال مواد مغذی، آب، و حتی سیگنال‌های هشداردهنده را بین گیاهان فراهم می‌کنند. برخی مطالعات نشان داده‌اند که گیاهان سالم می‌توانند از طریق این شبکه‌ها، کربوهیدرات‌ها و مواد معدنی را به گیاهان آسیب‌دیده یا جوان منتقل کنند، پدیده‌ای که به نام «رفتار همکاری گیاهان» شناخته می‌شود [۱۶]. این شبکه‌های ارتباطی باعث افزایش کارایی استفاده از منابع در یک اکوسیستم گیاهی شده و به بقای گیاهان کمک می‌کنند. گیاهان علفی در برخی اکوسیستم‌های فقیر از نظر مواد مغذی، مانند علفزارهای آفریقا، از طریق این شبکه‌های قارچی به تبادل فسفر و نیتروژن می‌پردازند. این همکاری باعث رشد بهتر گیاهانی می‌شود که به تنهایی نمی‌توانند به مقدار کافی مواد مغذی جذب کنند. پژوهش‌ها نشان داده است که درختان کهن‌سال صنوبر و توسکا از طریق شبکه‌های میکوریزی، کربوهیدرات‌ها و مواد مغذی را به نهال‌های جوان منتقل می‌کنند و به رشد و بقای آن‌ها کمک می‌کنند. این درختان کهن‌سال، که به درختان مادر معروف‌اند، نقش حیاتی در حفظ تعادل جنگل دارند.



شکل ۳: برخی از گیاهان در هنگام حمله‌ی آفات یا بیماری‌ها سیگنال‌هایی شیمیایی را در هوا منتشر می‌کنند تا بقیه گیاهان از خطر مطلع شوند. طرح به کمک هوش مصنوعی (توسط نویسنده)

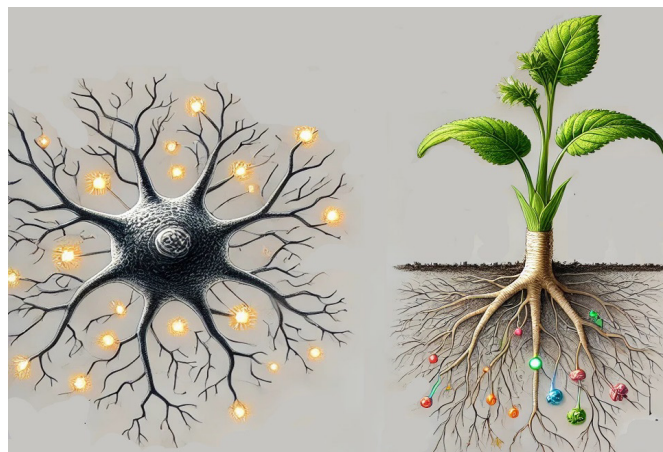


شکل ۴: شبکه میکوریزی قارچ‌های مایکوریزایی با ایفای نقش کلیدی در تبادل مواد مغذی بین گیاه و خاک و نیز ارتباط گیاهان، در محدوده ریشه اهمیت بسزایی دارد.

pudica پس از چندین بار لمس شدن یاد می‌گیرد که تحریک غیرخطرناک را نادیده بگیرد، که نشان‌دهنده وجود نوعی حافظه در گیاهان است [۱۳].

### ۳. عصب‌شناسی گیاهی و پردازش اطلاعات در گیاهان

مفهوم «عصب‌شناسی گیاهی» که توسط برخی دانشمندان مطرح شده، پیشنهاد می‌کند که سیستم ریشه‌ای گیاهان به عنوان نوعی مرکز پردازش اطلاعات عمل می‌کند. بر اساس این نظریه، ریشه‌ها از طریق شبکه‌های پیچیده‌ای از سلول‌های حساس به محرک‌های محیطی، عملکردی مشابه سیستم عصبی حیوانات دارند. برخی پژوهشگران حتی این ایده را مطرح کرده‌اند که گیاهان می‌توانند با «تصمیم‌گیری» رشد خود را بهینه کنند [۱۷]. با این حال، این نظریه همچنان بحث‌برانگیز است و بسیاری از دانشمندان معتقدند که پردازش اطلاعات در گیاهان تفاوت‌های اساسی با سیستم عصبی حیوانات دارد و نباید از اصطلاحات مربوط به علوم اعصاب برای توصیف آن استفاده شود. شکل ۵ دو سیستم در گیاهان و جانوران را مقایسه می‌کند.



شکل ۵: مولفه‌های تاثیرگذار بر دیدگاه محققین از هوش گیاهی.

بالاتری دارند می‌تواند منجر به تولید محصولات مقاوم‌تر در برابر تغییرات اقلیمی شود.

**بهینه‌سازی رشد گیاهان در سیستم‌های هیدروپونیک**  
استفاده از الگوهای رشد تطبیقی گیاهان می‌تواند بازدهی سیستم‌های کشت بدون خاک را افزایش دهد.

**زیست‌فناوری و روباتیک:** درک بهتر سیستم‌های سیگنال‌دهی گیاهان می‌تواند به توسعه حسگرهای زیستی و الگوریتم‌های هوش مصنوعی الهام گرفته از گیاهان کمک کند [۱۳].

### ۶. نتیجه‌گیری

دانشته‌های معرفی شده در این مقاله نشان می‌دهند که گیاهان از سیستم‌های پیچیده‌ای برای درک، پردازش و پاسخ به اطلاعات

پردازش می‌کنند. برخی از ویژگی‌های هوش گیاهی شامل موارد زیر است:

- **پردازش اطلاعات از طریق سیگنال‌های الکتروشیمیایی:** گیاهان از طریق انتقال سیگنال‌های الکتریکی درون بافت‌های خود می‌توانند شرایط محیطی مانند نور، رطوبت، مواد مغذی و تهدیدهای خارجی را شناسایی کنند. به عنوان مثال، در صورت حمله‌ی یک آفت، برخی گیاهان ترکیبات شیمیایی دفاعی تولید می‌کنند و این سیگنال را به گیاهان مجاور منتقل می‌کنند.

- **رشد تطبیقی و برنامه‌ریزی استراتژیک:** گیاهان رشد خود را بر اساس شرایط محیطی تنظیم می‌کنند. به عنوان مثال، ریشه‌های آن‌ها می‌توانند مسیر خود را برای یافتن منابع آبی و معدنی تغییر دهند، در حالی که برگ‌ها جهت‌گیری خود را بر اساس نور تنظیم می‌کنند.

- **حافظه‌ی گیاهی و یادگیری غیرمتمرکز:** برخی تحقیقات نشان داده‌اند که گیاهان می‌توانند اطلاعات محیطی را ذخیره کرده و در آینده از آن استفاده کنند. برای نمونه، گیاه Mimosa

### ۴. چالش‌های پذیرش مفهوم هوش گیاهی

پذیرش هوش گیاهی همچنان با چالش‌های فلسفی و علمی روبه‌رو است. بسیاری از دانشمندان استدلال می‌کنند که گیاهان فاقد نورون و مغز هستند، بنابراین نمی‌توان از اصطلاح «هوش» برای آن‌ها استفاده کرد [۱۸]. در مقابل، برخی معتقدند که هوش را نباید صرفاً به ساختارهای عصبی محدود کرد، بلکه باید آن را به عنوان توانایی حل مسئله در نظر گرفت [۱۹].

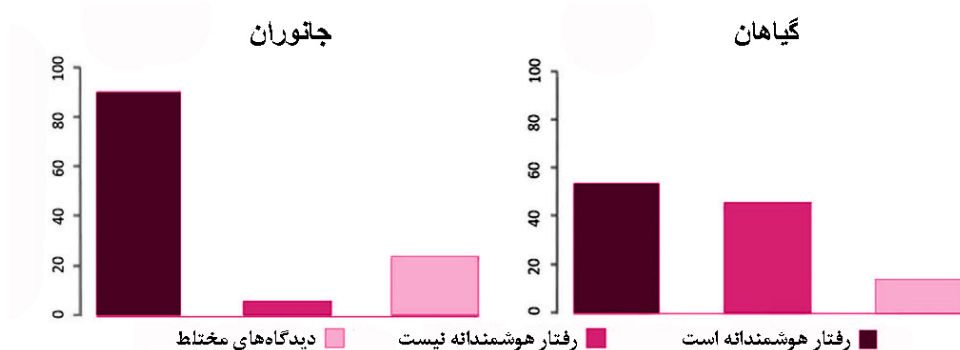
### ۵. کاربردهای عملی و آینده‌پژوهی

پژوهش درباره هوش گیاهی می‌تواند به نوآوری‌های قابل توجهی در کشاورزی، بوم‌شناسی و فناوری زیستی منجر شود:

**کشاورزی هوشمند:** انتخاب گیاهانی که توانایی تطبیق‌پذیری

برخی رفتارهای گیاهان را با رفتارهای جانوران مقایسه کرده است. تعداد شرکت کنندگانی که به دو مثال رفتاری حیوانی ترکیبی پاسخ دادند ( $n=118$ ) و نمونه‌های رفتاری گیاهی مشابه آنها ( $n=111$ )، نمونه‌های رفتاری حیوانات رفتار استتار Cephalopod و رفتار به دنبال علوفه گشتن Macaques بودند، در حالی که رفتارهای مشابه آن‌ها در گیاهان به ترتیب مربوط به Corydalis و Syngonium spp بود [۱۱].

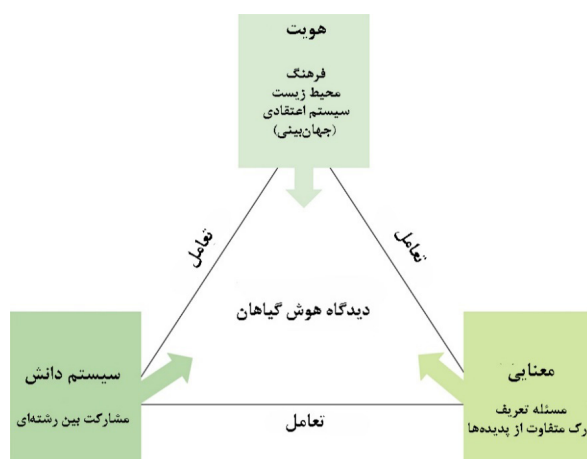
محیطی استفاده می‌کنند. اگرچه آن‌ها فاقد مغز هستند، اما از طریق مکانیزم‌های خاص خود، نوعی از «هوش» را نشان می‌دهند که در حال تغییر دیدگاه علمی درباره‌ی قابلیت‌های شناختی آن‌ها است. کاتر و همکاران آزمونی ترتیب دادند تا برخی حرکات و فعالیت‌ها را بین گیاهان و جانوران مقایسه کنند و میزان آگاهانه یا هوشمند بودن آن‌ها را از نظر زیست‌شناسان پاسخ دهنده به پرسشنامه بررسی کنند. شکل ۶ نمودار قسمتی از این پژوهش را نشان می‌دهد و



شکل ۶- پاسخ‌ها به نمونه‌های رفتاری مشابه در گیاهان، هفتاد و شش درصد از پاسخ‌دهندگان، نمونه‌های رفتاری حیوانی از استتار تا بالا رفتن از کوه را هوشمند ارزیابی کردند. دیگران یا نظرات متفاوتی داشتند (۲۰٪) (یعنی در یک مثال باهوش و در مثال دیگر باهوش نبودند)، یا این رفتارها را هوشمندانه نمی‌دانستند (۴٪). بیشتر پاسخ‌دهندگان رفتار استتار Corydalis و hemidicentra رفتار جستجوی غذا در گونه‌های Syngonium را به عنوان رفتاری غیر هوشمند در نظر گرفتند.

و تعاریف آنها است. بر اساس نتایج این مطالعه، یک چارچوب مفهومی در مورد مولفه‌هایی که می‌تواند دیدگاه محقق را از هوش گیاهی تحت تأثیر قرار دهد در شکل ۷ به تصویر کشیده شده است.

با توجه به اطلاعات و ادبیات موجود، می‌توان بحث بر سر پذیرش هوش گیاهان را نوع نگاه، و به عبارتی دیدگاه متخصصان و محققان نسبت به موضوع دانست که بیشتر اختلاف نظر در مفاهیم



شکل ۷: مولفه‌های تأثیرگذار بر دیدگاه محققین از هوش گیاهی.

تعاملات انسان و گیاه و خدمات اکوسیستم مرتبط است. نحوه درک ما از طبیعت را شکل می‌دهد و بر رابطه ما با آن از طریق مکان، ارزش‌ها و تجربه تأثیر می‌گذارد. فرهنگ و محیط در هم تنیده‌اند. سیستم‌های اعتقادی، مرتبط با هر دو، اقدامات محیطی را هدایت می‌کنند. این مطالعه به این واقعیت می‌رسد که باورها در مورد عاملیت گیاهی، مستقل از شواهد، بر دیدگاه دانشمندان در

همان طور که در شکل قابل مشاهده است، سه موضوع هویت، دانش و معناشناسی در اختلاف دیدگاه‌ها دخیل است.

### هویت

هویت یک فرد توسط فرهنگ، محیط و باورها شکل می‌گیرد. فرهنگ بر ارزش‌ها و تصمیم‌گیری تأثیر می‌گذارد که عمیقاً با

را تشدید می‌کند. چارچوب‌های نظری متفاوت و تعاریف در حال تکامل، حتی با تعاریف مشترک، درک را پیچیده‌تر می‌کند. تفاسیر ذهنی از رفتارهای گیاهی (مثلاً تصمیم‌گیری) همچنان ادامه دارد و مسائلی را در سایر علوم زیستی مانند تعریف «تهداجمات» منعکس می‌کند. بحث‌های آزاد برای ترویج بین‌الذهانی، هماهنگ کردن دیدگاه‌های مختلف، برای کاهش ذهنیت و بهبود ارتباطات ضروری است.

### افق‌های تحقیقات آینده

در راستای گسترش تحقیقات در زمینه هوش گیاهی، چنین به نظر می‌رسد که موضوع یادگیری و حافظه در گیاهان، با استفاده از روش‌های جدید، به بررسی‌های بیشتری نیاز دارد؛ به این منظور، می‌توان از مطالعات تاریخی و مشاهدات طولانی‌مدت برای شناسایی الگوهای یادگیری غیربهرینه، همچنین تکنیک‌های ژنتیکی و مولکولی برای شناسایی ژن‌های مرتبط و تغییرات بیان آن‌ها استفاده کرد و به کارگیری روش‌های نوین تصویربرداری پیشرفته و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری را مد نظر قرار داد. همچنین، تحلیل تأثیر سیگنال‌های الکتریکی در گیاهان با هدف درک بهتر سیستم‌های اطلاعاتی آن‌ها می‌تواند از طریق تحقیقات میان‌رشته‌ای بین علوم گیاهی و علوم اعصاب و توسعه مدل‌های بیوفیزیکی، به همراه طراحی حسگرهای الکتریکی برای اندازه‌گیری سیگنال‌ها در شرایط واقعی، انجام شود. در نهایت، استفاده از روش‌های زیست‌فناوری و هوش مصنوعی برای مدل‌سازی تصمیم‌گیری گیاهان، شامل به کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای تحلیل داده‌های تجربی و ایجاد مدل‌های چندعاملی برای بررسی عوامل اثرگذار بر رفتار گیاهان، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تحقیقات می‌توانند به درک عمیق‌تری از هوش گیاهی و نحوه تعامل گیاهان با محیط اطراف کمک کرده و بهبود استراتژی‌های کشاورزی، حفظ تنوع زیستی و ارتقاء پایداری اکوسیستم‌ها را ممکن سازند.

مورد هوش گیاهی تأثیر می‌گذارد و ادعاهای قبلی را تکرار می‌کند. در حالی که با اذعان به تازگی و پشتیبانی محدود هوش گیاهی، اختلاف نظرهای بیشتر از اعتقادات ناشی می‌شود تا علم. محیط و باورهای نهفته در فرهنگ، یک جهان‌بینی را شکل می‌دهد و بر هویت، دانش و تفسیر یک دانشمند گیاهی از پدیده‌های بوم‌شناختی تأثیر می‌گذارد. بنابراین، تفاسیر رفتار گیاه منعکس کننده نظرات ذهنی در مورد هوش گیاهی است.

### دانش

متخصصان مختلف، که اغلب با دانش سنتی (TK)<sup>۱</sup> درگیر نیستند، می‌توانند از بینش آن به ویژه در مدیریت منابع بهره ببرند. دانش سنتی و همکاری، درک علمی را به ویژه در مطالعات گیاهی تقویت می‌کند و دیدگاه‌های کل نگر را تقویت می‌کند. دانشمندان گیاهی با استفاده از TK نسبت به هوش گیاهی دیدگاه بازتری یافته‌اند. دانشمندان علوم اجتماعی اغلب از نظر جهان‌بینی خود جامع‌تر از دانشمندان علوم طبیعی هستند. حوزه‌های علمی مختلف، آگاهی متفاوتی از چگونگی شکل‌دهی جهان‌بینی فرهنگی به علم دارند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که قوم زیست‌شناسان و غیرقوم زیست‌شناسان دیدگاه‌های متفاوتی از طبیعت دارند که به TK مرتبط است. دانشمندانی که جامعه‌شناسی را ادغام می‌کنند و در رشته‌های مختلف با هم همکاری می‌کنند، دانش غیر غرب‌گرایانه را مطلوب‌تر می‌بینند و بر دیدگاه‌های آنها در مورد هوش گیاهی تأثیر می‌گذارند.

### معناشناسی

مسائل معنایی به طور قابل توجهی ارتباط در مورد هوش گیاهی را مختل می‌کند. اختلاف نظرهای اغلب از تفسیر اصطلاحاتی مانند «عصب‌شناسی گیاهی» و «هوش گیاهی» به معنای واقعی کلمه در مقابل استعاره ناشی می‌شود. فقدان تعریف اجماعی برای «هوش» و بحث بر سر چارچوب‌های یکپارچه در مقابل متنوع، این

### منابع

1. Baluska F., & Mancuso S. (2020). Plants, climate and humans: Plant intelligence changes everything. *Science & Society*. 21: e50109. <https://doi.org/10.15252/embr.202050109>
2. Struik P.C., Yin X., Meinke H. (2008). Plant neurobiology and green plant intelligence: science, metaphors and nonsense. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88(3),363-370. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3131>
3. Hendlin Y.H. (2022). Plant Philosophy and Interpretation: Making Sense of Contemporary Plant Intelligence Debates. *Environmental Values*. 125(1) <https://doi.org/10.3197/096327121X16141642287755>
4. Trewavas A. (2017). The foundations of plant intelligence. *Interface Focus*. 7:20160098. <http://doi.org/10.1098/rsfs.2016.0098>

5. Calvo P., Gagliano M., Souza G.M., & Trewavas A. (2020). Plants are intelligent, here's how. *Annals of Botany*, 125(1), 11-28. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz155>
6. Cvrckova F., Lipavska H., & Zarsky V. (2009). Plant intelligence: Why, why not or where?. *Plant Signaling & Behavior* 4(5), 394-399.
7. Castiello U. (2023). Plant Intelligence from a Comparative Psychology Perspective. *Biology*. 12 ,819. <https://doi.org/10.3390/biology12060819>
8. Pelt J.-M., & Cuny J.-P. (1981). *La Prodigieuse aventure des plantes*. Fayard. France.
9. Trewavas A (2016). Intelligence, Cognition, and Language of Green Plants. *Front. Psychol.* 7:588. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00588>
10. Trewavas A. (2025). Plant intelligence dux: a comprehensive rebuttal of Kingsland and Taiz. *Protoplasma* 262 ,255-266. <https://doi.org/10.1007/s00709-024-02005-1>
11. Khattar J., Calvo P., Vandeboek I., Pandolfi C., Dahdouh-Guebas F. (2022). Understanding interdisciplinary perspectives of plant intelligence: Is it a matter of science, language, or subjectivity? *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. ,41(18). <https://doi.org/10.1186/s13002-00539-022-3>
12. Robinson D.G., Draguhn A., Taiz L. (2020). Plant «intelligence» changes nothing. *EMBO Reports*. 21(5): e50395. <http://doi.org/10.15252/embr.202050395>
13. Gagliano, M., Renton, M., Depczynski, M., & Mancuso, S. (2014). Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters. *Oecologia*, 175 ,63-72.
14. Crisp, P. A., Ganguly, D., Eichten, S. R., Borevitz, J. O., & Pogson, B. J. (2016). Reconsidering plant memory: Intersections between stress recovery, RNA turnover, and epigenetics. *Science Advances*, ,2(2), e1501340.
15. Karban, R., Shiojiri, K., Huntzinger, M., & McCall, A. C. (2014). Damage-induced resistance in sagebrush: Volatiles are key to intra- and interplant communication. *Ecology Letters*, 7(3), 213-220.
16. Simard, S. W., Perry, D. A., Jones, M. D., Myrold, D. D., Durall, D. M., & Molina, R. (2015). Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. *Nature*, 388(6642), 579-582.
17. Baluska, F., Mancuso, S., Volkmann, D., & Barlow, P. W. (2006). The 'root-brain' hypothesis of Charles and Francis Darwin: Revival after more than 125 years. *Plant Signaling & Behavior*, 1(2), 116-123.
18. Calvo P., & Trewavas A. (2020). Physiological sentience? Why and how plants may count as cognitive agents. *Adaptive Behavior*, 28(5), 363-381.
19. Alpi A., Amrhein N., Bertl A., Blatt M.R., Blumwald E., Cervone F., Dainty J., De Michelis M.I., Epstein E., Galston A.W., Goldsmith M.H., Hawes C., Hell R., Hetherington A., Hofte H., Juergens G., Leaver C.J., Moroni A., Murphy A., Oparka K., Perata P., Quader H., Rausch T., Ritzenthaler C., Rivetta A., Robinson D.G., Sanders D., Scheres B., Schumacher K., Sentenac H., Slayman C.L., Soave C., Somerville C., Taiz L., Thiel G., Wagner R. (2007). Plant neurobiology: no brain, no gain? *Trends in Plant Science*, 12(41), 135-136.