

گامی نزدیک‌تر به دیجیتالی کردن حس بویایی: مدل کامپیوتری بوها را بهتر از اعضای پنل انسانی

توصیف می‌کند

یکی از مسائل اصلی علم اعصاب این است که بتوانیم درک کنیم چگونه حواس ما نور را به بینایی، صدا را به شنوایی، غذا را به طعم و بافت اشیا را به لمس تبدیل می‌کند. بویایی جایی است که این روابط حسی پیچیده تر و گیج کننده تر می‌شوند.

برای پاسخ به این سوال، یک تیم تحقیقاتی با هدایت مشترک مرکز حواس شیمیایی مونل و استارت‌آپ Osmo، یک شرکت مستقر در کمبریج (برآمده از شرکت Deep Mind که سابقاً به عنوان Google Brain شناخته می‌شد)، در حال بررسی چگونگی ارتباط مواد شیمیایی موجود در هوا با درک بو در مغز هستند. یک مدل یادگیری ماشینی طراحی شده توسط این گروه به مهارتی در سطح انسانی در توصیف چگونگی بوی مواد شیمیایی با کلمات دست یافته است. نتیجه این تحقیق در شماره ۱ سپتامبر مجله Science منتشر شده است.

دکتر جوئل مینلند، یکی از نویسندگان اصلی این تحقیق و عضو مرکز مونل، گفت: «این مدل به شکاف‌های قدیمی در درک علمی حس بویایی می‌پردازد. این همکاری جهان را به ثبت و بازتولید بوهای دیجیتالی شده نزدیک‌تر می‌کند. این تحقیق همچنین ممکن است بوهای جدیدی را برای صنعت عطر و طعم شناسایی کند. این امر نه تنها می‌تواند وابستگی به گیاهان در معرض خطر انقراض را کاهش دهد، بلکه می‌تواند عطرهای کاربردی جدیدی را برای استفاده‌هایی مانند دفع پشه‌ها یا پوشاندن بوی بد شناسایی کند.

انسان‌ها حدود ۴۰۰ گیرنده بویایی عملکردی دارند. اینها پروتئین‌هایی در انتهای اعصاب بویایی هستند که به مولکول‌های موجود در هوا متصل می‌شوند و سیگنال‌هایی را به پیاز بویایی مخابره می‌کنند. تعداد گیرنده‌های بویایی بسیار بیشتر از آن چیزی است که ما برای دید رنگی (چهار)، یا حتی طعم (حدود ۴۰) استفاده می‌کنیم.

یکی دیگر از محققان به نام مینلند می‌گوید: «اما در تحقیقات بویایی، این سؤال که چه ویژگی‌های فیزیکی باعث می‌شود مولکول‌های موجود در هوا بویی که مغز حس می‌کند ایجاد کنند، یک معما باقی مانده است.» اما اگر یک کامپیوتر بتواند رابطه بین شکل مولکول‌ها و نحوه درک ما از بوی آنها را تشخیص دهد، دانشمندان می‌توانند از این دانش برای پیشرفت درک نحوه کار مغز و بینی استفاده کنند.

برای رسیدگی به این موضوع، دکتر الکس ویلتشکو، مدیرعامل Osmo و تیمش مدلی را ایجاد کردند که یاد گرفت چگونه توصیفات لغوی بوی یک مولکول را با ساختار مولکولی بو تطبیق دهد. نقشه حاصل از این فعل و انفعالات اساساً گروه‌بندی‌هایی از بوهای مشابه، مانند بوی floral sweet و بوی candy sweet است. ویلتشکو می‌گوید: «کامپیوترها توانسته‌اند بینایی و شنوایی را دیجیتالی کنند، اما در مورد بویایی که عمیق‌ترین و قدیمی‌ترین حس ماست، موفق نبوده‌اند.» "این مطالعه یک نقشه جدید مبتنی بر داده از بویایی انسان را پیشنهاد و تایید می‌کند که ساختار شیمیایی را با درک بو مطابقت می‌دهد."

بوی سیر یا ازن چیست؟

این مدل با استفاده از مجموعه داده‌های صنعتی که شامل ساختارهای مولکولی و کیفیت بوی ۵۰۰۰ ماده بودارشناخته شده بود، آموزش داده شد. داده ورودی شکل یک مولکول است و خروجی پیش‌بینی است که کلمات به بهترین وجه بوی آن را توصیف می‌کنند.

برای اطمینان از اثربخشی این مدل، محققان در Monell یک عملیات اعتبارسنجی کور انجام دادند که در آن گروهی از شرکت‌کنندگان آموزش دیده، مولکول‌های جدید را توصیف کردند و سپس پاسخ‌های آنها را با توضیحات مدل مقایسه کردند. به پانزده شرکت کننده هر کدام ۴۰۰ ماده بودار داده شد و همچنین آنها برای استفاده از مجموعه ای متشکل از ۵۵ کلمه - از نعناعی (mint) تا کپکی (musty) - برای توصیف هر مولکول آموزش دیدند.

دکتر امیلی میهيو، نویسنده اول مقاله که این تحقیق را در زمانی که دانشجوی فوق دکتری مونل بود هدایت کرد، گفت: «اعتماد ما به این مدل فقط می‌تواند به اندازه اعتماد ما به داده‌هایی باشد که برای آزمایش آن استفاده می‌کنیم.» او اکنون استادیار دانشگاه ایالتی میشیگان است. دکتر برایان کی لی، از تیم تحقیقات گوگل، تیم Brain، کمبریج، ماساچوست، دیگر نویسنده اول این مقاله است.

تیم Monell کیت‌های مرجع بوی طراحی شده در آزمایشگاه را به اعضای پنل ارائه کرد تا به آنها یاد دهد چگونه بوها را تشخیص دهند و مناسب‌ترین کلمات را برای توصیف درک خود انتخاب کنند. برای جلوگیری از مشکلات مشابه مطالعات گذشته مانند اشتباه پنلیست‌ها در اشتباه گرفتن لغت های musty (بوی یک زیر زمین مرطوب) و musky (بوی یک نوع عطر)، جلسات آموزشی و کیت‌های مرجع بو طراحی شده در آزمایشگاه برای آموزش پنلیست‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

از اعضای پنل خواسته شد تا انتخاب کنند که کدام یک از ۵۵ کلمه توصیف کننده و تا چه میزان (در مقیاس ۱ تا ۵) برای هر یک از ۴۰۰ بو مناسب است. به عنوان مثال، یکی از اعضای پنل، بوی ۳،۲-دی هیدروبنزوفوران-۵-کربوکسالدئید که قبلاً مشخص نشده بود را بسیار پودری (powdery) (۵) و تا حدودی شیرین (sweet) (۳) ارزیابی کرد.

کنترل کیفیت نیز در مقایسه نهایی بوکننده های انسانی با مدل کامپیوتری مهم است. در اینجاست که یکی از نویسندگان مقاله یعنی دکتر جین پارکر، پروفیسور شیمی طعم، دانشگاه ری‌دینگ، بریتانیا وارد می‌شود. «من سال‌ها روی بو کار کرده‌ام، و عمدتاً برای توصیف عطرها به بینی خودم متکی بودم.» تیم او خلوص نمونه های مورد استفاده برای آزمایش پیش بینی مدل را تأیید کرد. آنها ابتدا از کروماتوگرافی گازی برای جدا کردن نمونه ها از ناخالصی ها استفاده کردند. در مرحله بعد، پارکر و تیمش هر ترکیب جدا شده را بو کردند تا مشخص کنند که آیا ناخالصی بر بوی شناخته شده مولکول هدف غالب است یا خیر.

پارکر گفت: «ما در میان ۵۰ نمونه آزمایش شده، چند نمونه با ناخالصی قابل توجه پیدا کردیم. در یک مورد، ناخالصی ناشی از معرف مورد استفاده در سنتز مولکول هدف بود و به نمونه، بوی کره ای متمایزی داد که بر بوی مورد نظر غلبه کرده بود. در این مورد ما توانستیم توضیح دهیم که چرا پنل بو را متفاوت از پیش‌بینی هوش مصنوعی توصیف کرده است.

بهتر از انسان؟

در مقایسه عملکرد مدل با عملکرد اعضای پنل، مدل پیش‌بینی‌های بهتری از میانگین رتبه‌بندی بوها (بدون در نظر گرفتن ناخالصی‌ها) نسبت به هر شرکت کننده منفرد در مطالعه داشت. مدل به ویژه برای ۵۳ درصد از مولکول‌های آزمایش‌شده، بهتر از میانگین پنلیست‌ها عمل کرد.

مینلند گفت: «با این حال شگفت‌انگیزترین نتیجه این است که این مدل در کارهای بویایی که برای انجام آن آموزش ندیده بود موفق شد. نکته جالب این بود که ما هرگز آن را برای یادگیری قدرت بو آموزش ندادیم، اما با این وجود می‌توانست پیش‌بینی‌های دقیقی انجام دهد.

این مدل توانست ده‌ها جفت مولکول با ساختار غیرمشابه را شناسایی کند که بوهای مشابهی داشتند و طیف گسترده‌ای از خواص بو مانند قدرت بو را برای ۵۰۰۰۰۰ مولکول عطر بالقوه مشخص کند. مینلند گفت: «امیدواریم این نقشه برای محققان شیمی، علوم اعصاب بویایی و روان فیزیک به عنوان ابزاری جدید برای بررسی ماهیت حس بویایی مفید باشد.»

گام بعدی چیست؟ این تیم حدس می‌زند که نقشه مدل ممکن است بر اساس متابولیسم سازماندهی شده باشد، که می‌تواند یک تغییر اساسی در نحوه تفکر دانشمندان در مورد بوها باشد. به عبارت دیگر، بوهایی که در نقشه به یکدیگر نزدیک هستند یا از نظر ادراکی مشابه هستند، احتمالاً از نظر متابولیکی نیز مرتبط هستند. دانشمندان حسی در حال حاضر مولکول‌ها را به روشی یک شیمیدان سازماندهی می‌کنند: مثلاً می‌پرسند که آیا یک مولکول حلقه استر یا آروماتیک دارد؟

مینلند گفت: "مغز ما بوها را به این شکل سازماندهی نمی‌کند." در عوض، این نقشه نشان می‌دهد که مغز ما ممکن است بوها را بر اساس مواد مغذی که از آن مشتق می‌شود سازماندهی کند.

<https://www.sciencedaily.com/releases/2023/08/230831142801.htm>