



طراحی پوستی مصنوعی که رنگ و بافت خود را تغییر می‌دهد

پژوهشگران دانشگاه استنفورد موفق به ساخت ماده‌ای انعطاف‌پذیر شده‌اند که می‌تواند تنها در چند ثانیه، هم رنگ و هم بافت سطح خود را تغییر دهد.

پژوهشگران دانشگاه استنفورد موفق به ساخت ماده‌ای انعطاف‌پذیر شده‌اند که می‌تواند تنها در چند ثانیه، هم رنگ و هم بافت سطح خود را تغییر دهد.

به گزارش خبرگزاری مهر به نقل از ستاد نانو، دانشمندان دانشگاه استنفورد ماده‌ای نوآورانه توسعه داده‌اند که توانایی تغییر هم زمان رنگ و بافت سطحی را دارد؛ رفتاری که تاکنون بیشتر در موجوداتی مانند اختاپوس و سپیداج مشاهده شده است. این دستاورد که در نشریه معتبر «نیچر» منتشر شده، گامی بزرگ در تقلید قابلیت‌های پیچیده طبیعت با استفاده از مواد مصنوعی به شمار می‌رود.

اختاپوس‌ها و سپیداج‌ها استادان بی‌رقیب استتار هستند. آن‌ها می‌توانند در کسری از ثانیه، رنگ پوست و حتی زبری یا نرمی سطح بدن خود را تغییر دهند تا با محیط اطراف یکی شوند. دانشمندان سال‌ها تلاش کرده‌اند چنین توانایی‌ای را در مواد مصنوعی بازآفرینی کنند و اکنون تیمی از استنفورد به پیشرفتی چشمگیر در این مسیر دست یافته است.

به گفته «سیدارت دُشی»، دانشجوی دکتری مهندسی مواد و نویسنده نخست این مقاله، بافت‌ها نقش اساسی در نحوه درک ما از اشیاء دارند؛ هم از نظر دیداری و هم از نظر لمسی. او توضیح می‌دهد که جانورانی مانند اختاپوس قادرند بدن خود را در مقیاسی نزدیک به یک میکرون تغییر دهند و اکنون پژوهشگران توانسته‌اند توپوگرافی یک ماده مصنوعی و ویژگی‌های بصری وابسته به آن را در همین مقیاس، به صورت پویا کنترل کنند.

این ماده جدید می‌تواند کاربردهای گسترده‌ای داشته باشد؛ از استتار پویا برای انسان و ربات‌ها گرفته تا نمایشگرهای انعطاف‌پذیر با قابلیت تغییر رنگ برای فناوری‌های پوشیدنی. افزون بر این، پژوهشگران معتقدند این دستاورد فرصت‌های تازه‌ای در حوزه نانوفوتونیک فراهم می‌کند؛ شاخه‌ای از علم که با کنترل دقیق نور، به توسعه فناوری‌هایی در الکترونیک، رمزنگاری و زیست‌شناسی کمک می‌کند.

«نیکلاس ملوش»، استاد مهندسی مواد و از نویسندگان ارشد مقاله، می‌گوید: «سامانه دیگری وجود ندارد که هم تا این اندازه نرم و متورم شونده باشد و هم بتوان آن را در مقیاس نانو الگودهی کرد. همین ویژگی، دامنه‌ای وسیع از کاربردهای بالقوه را پیش روی ما می‌گذارد.»

برای ایجاد بافت‌های پویا در این ماده انعطاف‌پذیر، پژوهشگران از ترکیب یک روش پیشرفته الگودهی به نام لیتوگرافی با پرتوی الکترونی و یک فیلم پلیمری متورم شونده استفاده کردند. این پلیمر هنگام جذب آب متورم می‌شود و با تابش کنترل شده الکترون‌ها، میزان جذب آب در نواحی مختلف آن تغییر می‌کند. نتیجه این فرایند، شکل‌گیری الگوهای بسیار ظریفی است که تنها در حالت مرطوب نمایان می‌شوند.

جالب آن که کشف تأثیر پرتوی الکترونی بر جذب‌پذیری پلیمر تا حدی اتفاقی بوده است. دُشی در پروژه‌ای پیشین از میکروسکوپ الکترونی روبشی برای بررسی نانوساختارها استفاده کرده بود. برخلاف روال معمول، او تصمیم گرفت نمونه‌ها را دور نیندازد. در آزمایش‌های بعدی مشخص شد بخش‌هایی از فیلم که در معرض پرتوی الکترونی قرار گرفته بودند، رفتاری متفاوت از خود نشان داده و رنگشان تغییر کرده است.

این دقت بالا به پژوهشگران اجازه داد حتی نمونه‌ای نانومقیاس از صخره معروف «ال کاپیتان» در پارک ملی یوسمیتی را بازسازی کنند. فیلم در حالت خشک کاملاً صاف است، اما با افزودن آب، شکل صخره به صورت برجسته از سطح بیرون می‌آید.

همچنین با طراحی بافت‌هایی در مقیاس بسیار ریز، تیم تحقیقاتی توانست نحوه پراکندگی نور را کنترل کند. این ویژگی امکان ایجاد سطوحی از براق تا مات را فراهم می‌کند؛ ظاهری که بسیار طبیعی‌تر از نمایشگرهای دیجیتال امروزی به نظر می‌رسد. نکته مهم آن است که با افزودن یک حلال الکلی برای خارج کردن آب، همه این فیلم‌ها به راحتی به حالت صاف اولیه بازمی‌گردند.

پژوهشگران علاوه بر بافت، موفق شدند الگوهای رنگی پیچیده و قابل سوئیچ ایجاد کنند. آن ها با قرار دادن لایه های نازک فلزی در دو سوی فیلم پلیمری، ساختاری موسوم به تشدیدگر فابری–پرو ساختند که طول موج های خاصی از نور را جدا می کند. با تغییر ضخامت فیلم در اثر تورم، رنگ های متفاوتی پدیدار می شود و یک ورق تک رنگ می تواند به مجموعه ای از لکه ها و نقش های رنگارنگ تبدیل شود.

به گفته «مارک برونگرسم»؛ استاد مهندسی مواد و نویسنده ارشد مقاله، کنترل پویا بر ضخامت و توپوگرافی یک فیلم پلیمری امکان دستیابی به طیف گسترده ای از رنگ ها و بافت های چشم نواز را فراهم می کند و مواد نرم متغیر، ابزارهای کاملاً جدیدی به دنیای اپتیک معرفی می کنند.

در گام بعدی، تیم پژوهشی با ترکیب چند فیلم در یک ساختار چندلایه توانست به طور مستقل رنگ و بافت را هم زمان کنترل کند. این سامانه توانست تا حد زیادی با الگوهای پس زمینه هماهنگ شود؛ قابلیتی شبیه به استتار اختاپوس، هرچند هنوز نیازمند تنظیمات دستی است.

پژوهشگران امیدوارند در آینده با افزودن سامانه بینایی ماشین و الگوریتم های هوش مصنوعی، این فرایند کاملاً خودکار شود. در چنین حالتی، «پوست» مصنوعی می تواند محیط اطراف را تحلیل کرده و در زمان واقعی، بدون دخالت انسان، رنگ و بافت خود را برای هماهنگی کامل تغییر دهد.

کاربردهای این فناوری تنها به استتار بصری محدود نمی شود. تغییرات ظریف در بافت می تواند میزان اصطکاک را کم یا زیاد کند؛ قابلیتی که برای ربات های کوچک در چسبیدن به سطوح یا لغزش کنترل شده بسیار ارزشمند است. همچنین نانوساختارها می توانند بر رفتار سلول ها اثر بگذارند و راه را برای کاربردهای زیست مهندسی هموار کنند. حتی هنرمندان استنفورد نیز در حال همکاری با این تیم برای خلق آثار هنری با استفاده از این ماده هستند.