دوماهنامه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر
شماره ۹۰ . سال نوزدهم . مهر و آبان ۱۴۰۱

پرتوبصیر

مرکز تحقیقات
سلامت چشم بصیر

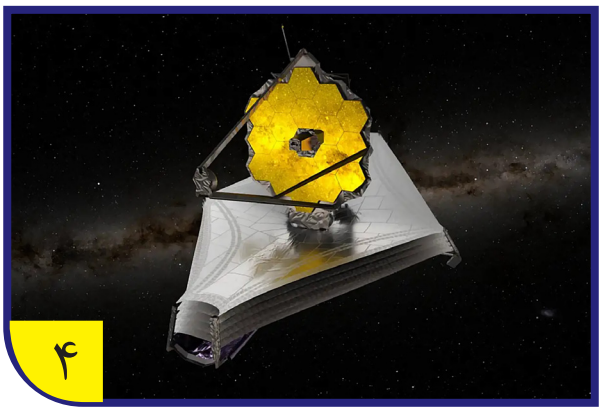
- عصر نوین نجوم
- دکتر سیدهاشم خویی مدیر عامل مرکز فوق تخصصی چشم پزشکی بصیر؛ راز موفقیت مجموعه چشم‌پزشکی «بصیر» مردم‌داری است
- سازوکار اپتیکی تصویربرداری به روش OCT
- مطالعات مؤسسه پزشکی پن نشان می دهد؛ ژن‌درمانی دید در شبِ بزرگسالان مبتلا به نابینایی مادرزادی را بهبود می‌بخشد
- سلولاریس؛ دستگاهی جدید برای تشخیص زودهنگام اختلالات دژنراتیو چشم
- فن آوری جدید هوش مصنوعی در خدمت چشم و قلب

شناسنامه

مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر
دو ماهنامه تخصصی چشم‌پزشکی بصیر
سال نوزدهم، شماره ۹۰، مهر و آبان ۱۴۰۱
صاحب امتیاز: مرکز چشم‌پزشکی بصیر
مدیر مسئول: دکتر احمد شجاعی باغینی
سردبیر: دکتر محمد حافظ نوروزی‌زاده
ویراستار ادبی: جهانگیر میرشاه ولد
شورای دبیران: دکتر امین ا... نیک اقبالی، دکتر احمد شجاعی باغینی، دکتر گیتا غیاثی، دکتر حسین محمد ربیع، دکتر بهرام عین اللهی، دکتر عباس ابوالحسنی، دکتر خسرو جدیدی، دکتر ساسان وجودی، دکتر محسن رمضان‌زاده، دکتر سید محمدعلی معلم، دکتر اردشیر پاپی، دکتر محسن رحمتی کامل، دکتر امیر خبری، دکتر سید جلیل نقیب، دکتر سید محمد مسعود شوشتریان، دکتر کوروش شیبانی، دکتر فرساد نوری‌زاده، دکتر محمد حافظ نوروزی‌زاده، دکتر حمیدرضا صفابخش، فرهاد صحرایی، علی مرادی، ایمان رستگار، عطیه حشمتی، جواد محمدنژاد، سمیه مسگرها، حمیده صباغی، علیرضا جعفری، راحله مروج
همکاران این شماره (به ترتیب الفبا)
دکتر فاطمه جعفری، پریسا ساسانی (روزنامه نگار)، دکتر محمد شجاعی، جهانگیر میرشاه‌ولد، دکتر حسین لنجانیان، دکتر علی نظری نائینی، دکتر محمد حافظ نوروزی‌زاده، مهندس فاطمه وفایی
تلفن : ۶۶۹۴۰۴۰۴ (۰۲۱)
پست الکترونیکی: info@behrc.ir
طراح و صفحه‌آرا: منصور عیوضی اینانلو
چاپخانه: چاپ دیجیتال ایران کهن
نشانی: تهران، بلوار کشاورز، خیابان جمالزاده شمالی، کوچه شیبانی، پلاک۳، طبقه۴

فهرست مطالب

سخن سردبیر ۳
عصر نوین نجوم ۴
دکتر سیدهاشم خویی مدیر عامل مرکز فوق تخصصی چشم پزشکی بصیر؛ راز موفقیت مجموعه چشم‌پزشکی «بصیر» مردم‌داری است ۱۵
سازوکار اپتیکی تصویربرداری به روش OCT ۲۱
مطالعات مؤسسه پزشکی پن نشان می دهد؛ ژن‌درمانی دید در شبِ بزرگسالان مبتلا به نابینایی مادرزادی را بهبود می‌بخشد ۲۵
سلولاریس؛ دستگاهی جدید برای تشخیص زودهنگام اختلالات دژنراتیو چشم ۲۸
فن آوری جدید هوش مصنوعی در خدمت چشم و قلب ۳۱



سخن سردبیر

دکتر محمدحافظ نوروزی‌زاده

امروزه تیم‌های تحقیقاتی عمدتاً از متخصصین رشته‌های مختلف تشکیل شده و شناخت ویژگی‌های سایر علوم و فنون، به امری حیاتی برای هر پژوهشگری بدل شده است. گویی چرخهٔ علم دوباره چرخیده و چرخیده و مانند چند صد سال پیش، به دانشمندانی جامع‌الاطراف نیاز داریم که شناختی مفهومی از چند رشته مرتبط با یکدیگر داشته باشند تا امکان همکاری‌های بین‌رشته‌ای فراهم شود.

چندی پیش آقای دکتر ابوالحسنی، همکار ارجمند در یکی از نشست‌های ماهیانه مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر، مطالبی نو در مورد تلسکوپ فضایی جیمز وب ارائه دادند. تلسکوپی که اخیراً توسط ناسا به آسمان پرتاب و در محل از پیش تعیین‌شدهٔ خود مستقر شده است. شباهت بسیار ساختار تلسکوپ با عدسی چشم و دستگاه‌های چشم‌پزشکی و ماهیت لنزهای این تلسکوب و استقبال حاضرین در جلسه، هیات تحریریه را بر آن داشت تا از متخصصین حوزه کیهان‌شناسی بخواهد که در مورد تلسکوپ فوق، مطلبی جامع به رشته تحریر در آورند. مطلب اول این شماره پرتو بصیر، توسط سرکار خانم دکتر فاضله خواجه‌نبی دانشیار گروه فیزیک دانشگاه گرگان نگاشته شده است.

ساختار فیزیکی دستگاه های چشم‌پزشکی نیز یکی از مطالب جذاب این شماره است و آقای دکتر محسن شادمهری، نحوه کار دستگاه OCT را به تفصیل و با نگارشی شیوا توصیف کرده‌اند.

پیشرفت‌های چشم‌گیر نوروساینس و ژن‌درمانی و ارتباط تنگاتنگ این دو رشته با چشم‌پزشکی، سبب شده است که مباحث بین‌رشته‌ای زیادی ایجاد شود و متخصصین این رشته‌ها در پژوهش‌های مختلف، به همکاری یکدیگر روی آورند. همانطور که بیان شد، این تحقیقات هر روز به انتشار مقالات و نتایج شگرف بیش‌تری منجر می‌شود. کاربرد نوروساینس و ژن‌درمانی در چشم‌پزشکی نیز در بخش اخبار این شماره پیگیری شده است.

اگر چه نگاه بشر به آسمان با ابزارهایی مانند تلسکوپ هابل و جیمز وب، هیچ‌گاه کهنه نمی‌شود، اما چشم آدمی بعد از میان‌سالی اغلب به تغییری مبتلا می‌شود که پیرچشمی نام دارد و تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است. در شماره بعدی مجله پرتو بصیر به این موضوع بیش‌تر خواهیم پرداخت.

تا درودی دیگر بدرود
دکتر محمدحافظ نوروزی‌زاده
سردبیر

عصر نوین نجوم

دکتر فاضله خواجه‌نبی
دانشیار گروه فیزیک دانشگاه گلستان

مقدمه

از آموزش‌های مقدماتی فیزیک و علوم زیستی می‌دانیم که عدسی یا لنز از ابزارهای نوری است که نور در اثر عبور از آن می‌شکند و همگرا یا واگرا می‌شود. عدسی‌ها از ماده‌های شفاف مانند شیشه و پلاستیک ساخته می‌شوند. عینک طبی و ذره‌بین و لنز دوربین‌های عکاسی و دوربین دوچشمی، همه با عدسی ساخته شده‌اند. عدسی‌ها از نظر شیوه شکست نور به دو دسته همگرا (محدب یا کوژ) و واگرا (مقعر یا کاو) تقسیم می‌شوند.

کاربرد عدسی تنها به امواج نوری محدود نمی‌شود، هر ابزاری که سایر امواج الکترومغناطیسی در اثر عبور از آن بشکند نیز عدسی خوانده می‌شود. مثلاً برای امواج ماکروویو، از لنز پارافین استفاده می‌شود.

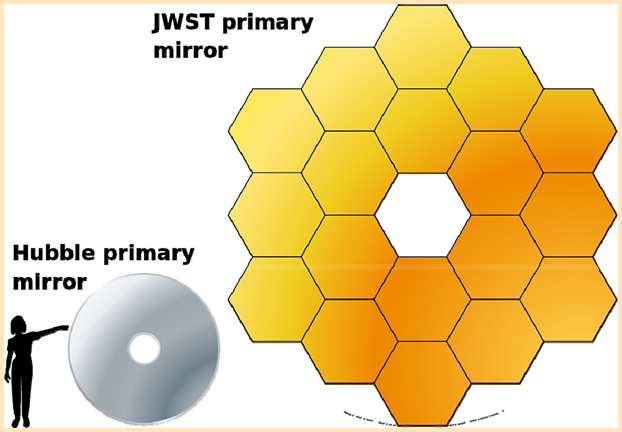
عدسی چشم، یک عدسی همگرای دو کوژ بزرگ است که از ماده‌ای ژله مانند، انعطاف‌پذیر و شفاف (عمدتاً آب و پروتئین) ساخته شده است. ضریب شکست عدسی چشم تقریباً ۱/۴۱۳ است. این عدسی با خم کردن پرتوهای نور، آن‌ها را در پشت چشم متمرکز می‌کند. ماهیچه‌های چشم هنگامی که اجسام دور را می‌بینیم، عدسی‌ها را می‌کِشند و تخت‌تر (نازک‌تر) می‌کنند. هنگام دیدن اجسام نزدیک هم، عدسی‌ها را ضخیم‌تر می‌کنند.

عدسی‌ها در پیشبرد علوم مختلف از جمله نجوم و ستاره‌شناسی نقش مهمی ایفا می‌کنند. بزرگنمایی این عناصر اپتیکی سبب شده است که اینک ما نسبت به جزئیات اجرام آسمانی دور به درک بهتری برسیم.

استفاده از عدسی‌ها گستره عظیمی دارد. عدسی به عنوان چشم کمکی انسان، در تمام ابزارهایی به کار رفته است که به نوعی با «دیدن» سروکار دارند. از ابزارها و تجهیزات اُفتالمولوژی با اهداف اندازه‌گیری، تشخیصی و درمانی گرفته تا دستگاه‌های مورد استفاده در نجوم و آسترونومی، همگی در داشتن لنز مشترکند. از این‌رو شاید پربیراه نباشد اگر بگوییم چشم‌پزشکی و اخترفیزیک، از حیث استفاده از انواع لنز، برادران دوقلوی علمی هستند که اساس هردوی آنها «دیدن» است و هر دو علم می‌کوشند شرایطی فراهم کنند که هر چیزی در هستی «بهتر» دیده شود. به همین دلیل شاید بد نباشد متخصصان چشم‌پزشکی، برای لحظاتی چشم از آفتالموسکوپ و رتینوسکوپ بردارند و از دریچه تلسکوپ به آسمان و عظمت بی‌انتهایش نگاهی بیندازند. در این نوشتار سعی کرده‌ام تلسکوپ فضایی جیمز وب را به‌عنوان قوی‌ترین چشم بشر بر کیهان، معرفی کنم.

خیره به آسمان

حدود چهار صد سال پیش، گالیله ابزاری را برای مشاهده اجرام سماوی به کار برد که تلسکوپ نام گرفت. گالیله برای نخستین بار از دریچه تلسکوپش اجرامی را دید که پیش از او هیچ انسانی ندیده بود؛ از چهار قمر سیّاره مشتری گرفته تا لکه‌هایی در سطح خورشید. گالیله بود که دریافت زمین مرکز عالم نیست و هم او بود که به نوعی علم تجربی نوین را پایه‌گذاری کرد. اما طی چهار قرن اخیر ابزارهای رصدی برای کاوش عالم هستی به طرز حیرت‌آوری تحوّل یافته است. امروزه تلسکوپ‌های غول‌پیکری ساخته شده است. این ساخته‌های عظیم بشری حتی در مدارهای پیرامونِ زمین، در خارج جوّ قرار می‌گیرند. کار این تلسکوپ‌ها صرفاً دریافت تابش‌های نور مرئی نیست، بلکه می‌توانند دریافت‌کننده سایر تابش‌های طیف الکترومغناطیسی نیز باشند؛ از تابش‌های فروسرخ و فرابنفش گرفته تا پرتوهای ایکس و گاما و حتی امواج رادیویی. اکنون دریافت نور مرئی اجرام سماوی تنها منبع اطلاعات ما از گیتی نیست. در واقع، گستره وسیعی از پدیده‌های مختلف در کیهان رخ می‌دهد که نتیجه‌اش



تصویر ۱. مقایسه قطر عدسی تلسکوپ‌های جیمز وب و هابل در قیاس با قد یک انسان معمولی- منبع: ناسا

گسیل انواع تابش الکترومغناطیسی است. اخترشناسان در تلاشند با دریافت و آشکارسازی چنین تابش‌هایی، اسرار کائنات را بر ملا سازند.

بـا این حال یکی از اهداف مهم اخترشناسـان، دریافت نور مرئی اجرام دوردسـت کیهانی اسـت. از این رو هر چه تلسکوپ‌ها بزرگتر باشـند، احتمال رصـد دقیق‌تر اجرام نجومی بالاتـر می‌رود. یکی از این تلسـکوپ‌های مهم که بدون تردید نگرش آدمی نسـبت به عالم را دگرگون سـاخت، تلسـکوپ فضایی هابل بود. این تلسـکوپ که حدود سـه دهه پیش در مداری پیرامون زمین قرار گرفت، تصاویری شگفت‌انگیز از پدیده‌ها و اجرام کیهانی در برابر دیدگان بشر قرار داد.

از آنجا که این تلسـکوپ در خارج جوّ زمیـن قرار دارد، کیفیت تصاویر و جزئیات قابل مطالعه بسـیار شگفت‌انگیز است. اما تقریباً از همان زمانی که هابل شـروع به کار کرد، ایده سـاخت یک تلسکوپ مداری بزرگتر مطرح شـد. این ایده پیگیری شد و در نهایت منجر به ساخت تلسکوپی شد که جیمز وب[1] نام گرفت.

اکنون تلسـکوپ جیمز وب در مداری پیرامون زمین مستقر شده است. محل اسـتقرار آن نقطه لاگرانژی نامیده می‌شود و جایی است که برآیند نیروهای گرانشی ناشی از زمین، خورشید و ماه صفر است. فاصلـه آن از زمین ۱/۵ میلیون کیلومتر اسـت کـه با فاصله حدود ۴۰۰ کیلومتری محل استقرار تلسکوپ هابل، به هیچ‌وجه قابل قیاس نیست.

آینه اولیهٔ تلسـکوپ فضایی جیمز وب از ۱۸ آینهٔ شش‌ضلعی از جنس بریلیم با روکش طلا تشـکیل شده است که در مجموع آینه‌ای به قطر ۶/۵ متر (در مقایسـه با ۲/۴ متر هابل) ایجاد می‌کند (تصویر ۱). در واقـع پرتاب یک آینه یکپارچه با این اندازه عملی نیسـت. به همیـن دلیل، آینه اصلی جیمز وب به صورت مجموعه‌ای از آینه‌های کوچکتر طراحی و سـاخته شد. آینه‌های کوچکتر جمع شده بودند و پس از رسـیدن جیمز وب به محل استقرار نهایی باز شده و در کنار یکدیگر قرار گرفتند. این فرایند از نظر مهندسـی بسـیار پیچیده و حساس بود.

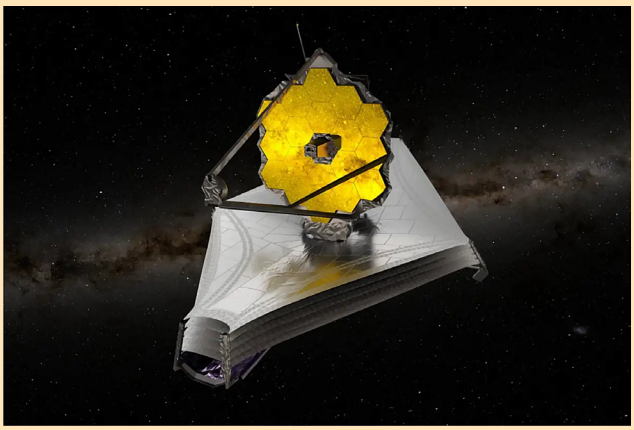
بعد از باز شـدن آینه‌های کوچکتر و در کنار یکدیگر قرار گرفتن آنها، فرایند کانونی کردن آغاز شـد. یعنی باید این آینه‌های کوچکتر، چنـان با دقت در کنـار یکدیگر قرار می‌گرفتند کـه کل پیکره آنها همانند یک آینه یکپارچه عمل کند.

تلسـکوپ جیمز وب در طول موج‌های فرو سرخ کار می‌کند. این تلسکوپ به نور مرئی حساس نیسـت. در نتیجه کوچکترین اختلال حرارتی باعث اختلال در عملکرد این تلسـکوپ می‌شـود. به همین دلیل بخش‌های اصلی این تلسکوپ باید سرد نگه داشته شود و برای اینکار به یک سپر خورشیدی نیاز است. برای رصد در طیف فروسرخ، تلسـکوپ باید بسیار سـرد (زیر ۲۲۰- درجه سانتی‌گراد) نگه داشته شـود؛ در غیر این صورت تابش فروسـرخ، اجزای تلسکوپ را در هم می‌شـکند. به همین دلیل، از یک سـپر نوری بزرگ برای جلوگیری از نور و حرارتِ خورشـید، زمین و ماه استفاده می‌شود و موقعیت آن در نزدیکی نقطه لاگرانژی خورشـید تمام این سـه جسم (خورشید، زمین و ماه) در یک طرف فضاپیما اسـت. سپر خورشیدی دارای پنج لایه اسـت که از یک لایهٔ نازک از جنس پلی‌امید ساخته شده‌است. یک‌سـمت آن اندودِ آلومینیم و طرف دیگر سپر، یک لایه سیلیکون دارد (تصویر ۲).

مجموع این لایه‌ها وظیفه حفاظت از تلسکوپ جیمز وب در برابر

تصویر ۲. واحد آزمایش سپر خورشیدی در تاسیسات Northrop Grumman در کالیفرنیا، ۲۰۱۴.

۱ این تلسکوپ به افتخار جیمز ای وب (James E. Webb)، که از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۶۸ و در طول برنامه‌های مرکوری، جمینی و آپولو مدیر ناسا بود، نامگذاری شده است.



تصویر ۳. طرحی شـــماتیک از تلسکوپ جیمز وب در آسمان- منبع: نیوساینتیست.

پرتوهای خورشـــید را بر عهده دارند. فرایند ســـرمایش تلسکوپ وب چند ماه طول کشید و البته در نهایت موفقیت‌آمیز بود.

اکنون تلســـکوپ جیمز وب شـــروع به کار کرده اســـت (تصویر ۳). تصاویر و اطلاعات به دســـت آمده نویدبخـــش دوران جدیدی از اکتشافات فضایی اســـت. از این تلسکوپ برای مطالعه اجرام منظومه شمسی، ســـیّارات فراخورشیدی، ماده تاریک، عالم آغازین و بسیاری عرصه‌های هیجان‌انگیز دیگر استفاده خواهد شد. البته تلسکوپ‌های دیگر هم در راهند که تصاویر و داده‌های آنها می‌تواند مکمل یافته‌های جیمز وب باشـــد. تلسکوپ‌های ورا روبین و یا ماژلان در آینده شروع به کار خواهند کرد.

تلسکوپ فضایی جیمز وب چه اهدافی را دنبال می‌کند؟

تلســـکوپ فضایی جیمز وب، یک آشکارساز عظیم تابش‌های فرو سرخ است. اجرام و پدیده‌های مختلفی می‌توانند گسیلنده تابش فرو سرخ باشند. از این رو دریافت و ثبت چنین تابش‌هایی می‌تواند برای اخترشناســـان منبع غنی اطلاعات باشد. اما چه عرصه‌هایی بیشتر در کانون توجه اخترشناسان قرار دارد و اهمیت آنها در چیست؟

آغاز عالم

بـــدون تردید یکی از دســـتاوردهای بزرگ قرن اخیر، گســـترش کیهان‌شناسی اســـت. پرسش‌های بنیادی بشـــر درباره سرآغاز عالم و سرشت آن در کیهان‌شناسی بررســـی می‌شود. «نظریه مهبانگ»[1] به طـــور خاص یکی از مقبول‌ترین نظریه‌هـــا در زمینه توصیف نحوه پیدایش و تحول عالم اســـت. شواهد جدی مختلف این نظریه را تأیید می‌کند. طبق نظریه مهبانگ، عالم حدود ۱۳/۸ میلیارد سال پیش به دنبال یک انفجار بزرگ پا به عرصه وجود گذاشـــته است. البته این انفجار با آن چه که ممکن اســـت از چنین فرایندی در ذهن داشـــته باشـــیم، متفاوت اســـت. در واقع بعد از مهبانگ، فضا و زمان به وجود آمد. در ابتدا فقط تابش وجود داشت. بتدریج این تابش به ماده تبدیل شد و ساده‌ترین هسته یعنی هسته اتم هیدروژن شکل گرفت.

طبق محاســـبات نظری، حدود ۳۸۰ هزار ســـال بعد از مهبانگ، دمـــا به‌قدر کافی کم شـــد تا اتم هیدروژن به وجـــود آید. این فرایند منجر به گسیل تابشـــی به نام «تابش زمینه کیهانی» شد که در کل پیکره عالم هســـتی وجود دارد. امروزه اخترشناســـان با آشکارسازی و مطالعه تابش زمینه کیهانی به اطلاعات بســـیار ارزشـــمندی درباره مراحل آغازین پیدایش عالم دســـت می‌یابند. اما بعد از نشـــر تابش زمینـــه کیهانی، دوره‌ای از تحول عالم آغاز شـــد کـــه به عنوان عصر تاریکی شـــناخته می‌شـــود. از این دوره هیچ تابشی گسیل نمی‌شود. اما ســـاختارهایی نظیر کهکشان‌ها و یا ســـتاره‌ها بعد از عصر تاریکی کیهانی به وجود آمده‌اند. پرسش کلیدی این است که چگونه؟ در واقع با ظهور نخستین ساختارهای کیهانی و پرتوافشانی آنها، عصر تاریکی به پایان رسید. اما چگونه می‌توان این «طلوع کیهانی» را رصد کرد؟

برای کشف نخستین ســـتاره‌ها و یا کهکشان‌هایی که در عالم به وجـــود آمدند، ناگزیریم هر چقدر دورتر کـــه می‌توانیم را رصد کنیم. به نظر می‌رســـد تلســـکوپ فضایی جیمز وب این قابلیت را دارد که فاصله‌های بســـیار دور را رصـــد کند و همین یکـــی از اهداف اصلی تلســـکوپ فضایی جیمز وب است. اخترشناســـان امیدوارند به کمک تلســـکوپ وب بتوانند نخستین ســـتاره‌ها و یا کهکشان‌هایی را رصد کننـــد که در عالم به وجود آمده‌اند. آیا این ســـتاره‌های عالم آغازین همانند ســـتاره‌های امروزی هستند؟ کهکشان‌ها چطور؟ به طور کلی ســـاز و کار پیدایش ســـاختارهای عظیمی همانند کهکشان‌ها چگونه است؟ شاید تلســـکوپ جیمز وب بتواند به چنین پرسش‌هایی پاسخ دهد.

وجود حیات در سیّارات دیگر

یکی دیگر از موضوعات بســـیار هیجان‌انگیز که تلســـکوپ وب به دنبال آن اســـت، رصد ســـیّارات فراخورشیدی اســـت. تا کمتر از سه دهه پیش هیچ ســـیّاره‌ای در خارج منظومه شمسی کشف نشده بود. در آن روزگار بتدریـــج این باور شـــکل می‌گرفت کـــه گویی منظومه شمسی تنها سامانه سیّاره‌ای گیتی است! اما در سال ۱۹۹۵ میلادی، برای نخستین بار، یک ســـیّاره در خارج منظومه شمسی کشف شد. این کشـــف، نقطه عطفی در علم نجوم بود. در حال حاضر بیش از ۵ هزار ســـیّاره فراخورشیدی کشف شـــده‌اند و البته بر اساس مطالعات بیشـــتر تقریباً وجود همین تعداد باید تأیید شود. کشف این سیّارات فراخورشیدی عمدتاً بر اســـاس روش‌های غیر مستقیم است. زیرا به دلیل فاصله‌های بســـیار زیـــاد و تلألو نور ســـتاره‌های میزبان، امکان تصویربرداری مســـتقیم از سیّارات فراخورشـــیدی وجود ندارد. با این

1 Big Bang Theory

حال اخترشناسان به کمک روش‌های پیشرفته اپتیکی موفق شدند از تعداد محدودی سیّارات فراخورشیدی به طور مستقیم تصویربرداری کنند.

سیّارات فراخورشـــیدی به لحاظ ساختار، اندازه و یا جرم، گسترهٔ وسیعی دارند. اما پرسش اصلی اینجاست که در سطح چنین سیّاراتی چه خبر اســـت؟ آیا ممکن است میزبان حیات باشند؟ حتی تلسکوپ جیمز وب هم نمی‌تواند سطح این سیّارات را رصد کند. در این صورت، اخترشناســـان برای مطالعه سیّارات فراخورشیدی از این تلسکوپ چه استفاده‌ای خواهند کرد؟ پاسخ به این سوال نیاز به کمی توضیح دارد.

ســـیّاره‌ای را تصور کنید که پیرامون ستاره‌ای در گردش مداری باشد (مثل زمین به دور خورشید): این سیّاره در برخی از موقعیت‌ها، دقیقاً در مقابل ســـتاره میزبانش قرار می‌گیرد و در برخی وضعیت‌ها می‌تواند پشـــت ســـتاره باشد. زمانی که ســـیّاره در مقابل ستاره قرار دارد، طبیعتاً جلوی بخشـــی از تابش نور ستاره را می‌گیرد. اگر چنین ســـیّاره‌ای دارای جوّ باشد، نور ستاره می‌تواند از میان جوّ سیّاره عبور کند و بعد به ما برسد. در نتیجه، با دریافت تابش عبوری از جوّ سیّاره، می‌توان طیف آن را به دست آورد. این طیف جذبی می‌تواند ترکیبات شـــیمیایی جوّ سیّاره را مشخص کند. این دقیقاً همان کاری است که تلسکوپ جیمز وب می‌تواند با دقت زیاد انجام دهد. با مشخص شدن ترکیبات جوّ یک ســـیّاره می‌توان دید که آیا مولکول‌های مشـــخصه حیات در آن ســـیّاره وجود دارند یا نه. البته این امکان هم هست که ســـیّاره‌ای میزبان حیات باشـــد ولی در جوّ آن هیچ مولکولی متناظر با حیات وجود نداشـــته باشـــد. این امکان هم هست که مولکول‌های مشـــخصه حیات به دنبال فرایندهای طبیعی به وجود آمده باشند و نه الزاماً گونه‌ای از حیات. در واقع ســـاختار به وجود آمدن حیات در آن ســـیّاره با نوع زمینی آن متفاوت باشـــد. ولی به هر حال مطالعات تلسکوپ جیمز وب در مورد سیّارات فراخورشیدی به تعیین ترکیبات شیمیایی جوّ آنها اختصاص خواهد داشت.

ماده تاریک

ماده تاریک یکی دیگر از معماهایی اســـت که یافته‌های تلسکوپ وب می‌تواند به حل آن کمک کند. شـــواهد متعدد رصدی حکایت از آن دارد که بخش عمده ماده موجود در گیتی «دیده» نمی‌شود. این ماده ناپیدا می‌تواند نیروی گرانش اعمال کند؛ ولی هیچ نشانِ دیگری از آن در دست نیست و شگفتا که مقدار آن بسیار بیشتر از مادهٔ قابل رؤیت است. درباره سرشت و ماهیت ماده تاریک تحقیقات گسترده‌ای در جریان است. ولی تاکنون همه تلاش‌ها برای آشکارسازی مستقیم مـــاده تاریک ناکام مانده‌اســـت. از این‌رو اخترشناســـان در رهیافتی متفاوت به دنبال شـــواهد رصدی بیشـــتر از رفتار و نحوه توزیع ماده تاریک در گیتی هســـتند. به‌ویژه به نظر می‌رســـد مـــاده تاریک در خوشه‌های عظیم کهکشـــانی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. ماده موجود در یک خوشـــه کهکشانی چه به صورت ماده مرئی و چه ماده تاریک، می‌تواند در نور کهکشـــان‌های پس‌زمینه انحراف ایجاد کند و پدیده «عدسی گرانشی»[1] رخ دهد. با مطالعه تصاویر ناشی از عدسی گرانشی، نحوه توزیع ماده تاریک و مقدار آن به دست می‌آید. چنین اطلاعاتی می‌تواند ســـرنخ‌هایی ارزشمند درباره سرشـــت واقعی ماده تاریک به دست دهد.

عرصه‌هـــای تحقیقاتی تلســـکوپ فضایی جیمـــز وب به آن چه تاکنون ذکر شـــد محدود نیست. سیّارات و قمرهای منظومه شمسی، فرایندهای تولّد ســـتاره‌ها و سیّارات، کوتوله‌های قهوه‌ای[2]، خوشه‌های ستاره‌ای و دینامیک و ســـاختار کهکشان‌ها نیز از جمله اهداف دیگر تلســـکوپ جیمز وب است. به نظر می‌رسد طی یک دهه آینده شاهد اکتشافات حیرت‌انگیز بی‌شماری خواهیم بود.

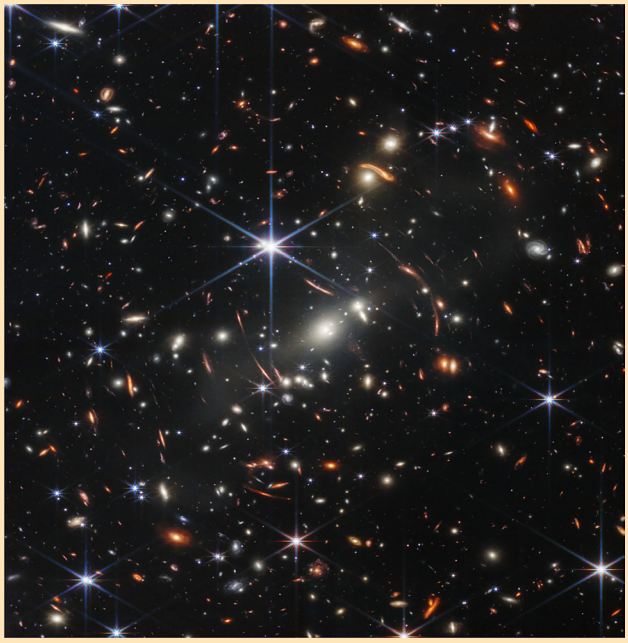
نمایش با شکوه غوغای کهکشان‌ها

نخســـتین تصویری که محققین تلســـکوپ فضایی وب منتشـــر کردند، تصویری اســـت که شـــکوه و جلال کهکشـــان‌ها را به نمایش می‌گذارد. اخترشناسان حدس می‌زدند که یک تصویرِ میدان ژرف از گیتی، شـــاید نخستین تصویری باشـــد که منتشر شود و البته چنین شـــد. در این عکس (تصویر ۴) هزاران کهکشـــان متعلق به خوشـــه کهکشـــانی SMACS 0723 [3] دیده می‌شـــود. ایـــن مجموعه عظیم

۱ بنابر تئوری نســـبیت عام، گرانش به‌صورت میدانی تعریف می‌شـــود و فضا و زمان نیز در جوار ماده و انرژی دچار خمش خواهد شـــد که به موجب آن، میدان گرانشی ایجاد می‌شـــود. هنگامی که نور می‌خواهد از این میدان گرانشی عبور کند با خمش مواجه و دچار انحراف می‌شـــود؛ این انحراف در برخی مواقع موجب می‌شود که میدان گرانشی مانند عدسی‌های اپتیکی عمل کند. اثری که گرانش روی نور می‌گذارد، گاهی به قدری شـــدید می‌شـــود که می‌تواند منجر به پدید آمدن تصاویری مجازی تحت عنوان سراب کیهانی شـــود که این پدیده تحت عنوان «لنز گرانشی» یا «عدسی گرانشی» شناخته می‌شود- ویراستار

۲ کوتوله‌های قهوه‌ای ســـتارگان کوچکی هســـتند که هنگام تشکیل‌شدن مرکزشان، به اندازهٔ کافی داغ نمی‌شـــوند تا فرایند ذوب یا همجوشی هسته‌ای در آن‌ها به وجود آید. به عبارت دیگر آن‌ها به خورشـــیدهای نورانی و گرم تبدیل نمی‌شـــوند، بلکه بلافاصله پس از تشـــکیل سرد می‌شـــوند و نوری از خود نمی‌تابانند بگونه‌ای که به سختی دیده می‌شوند- ویراستار.

۳ نامگـــذاری کهکشـــان‌ها روش‌هـــای مختلفی دارد. بـــه برخی از کهکشـــان‌ها (مثلاً «آندرومدا»، «گرداب(Whirlpool)») اگر از نظر مکان یا ظاهر متمایز باشـــند، نام‌های توصیفی داده می‌شـــود. اما بیشتر کهکشان‌ها با نامگذاری‌شان در یک فهرست شناخته می‌شوند. یکی از اولین کاتالوگ‌ها از اجرام مشاهده‌شده در آسمان، توسط چارلز مسیه (Charles Messier) ایجاد شـــد. مسیه در دهه اول قرن هجدهم، به دنبال ستاره‌های دنباله دار می‌گشـــت، اما مدام اجســـامی را پیدا می‌کرد که گرچه مانند دنباله‌دارها به نظر می‌رســـیدند، اما حرکت نمی‌کردنـــد. او در نهایت کاتالوگی از این اجرام ایجاد کرد و موقعیت آنها را فهرســـت کرد تا دیگر فریب نخورد که ستاره دنباله‌دار هستند. بعدها تعدادی از آنها به عنوان کهکشـــان شناسایی شدند. اگرچه او بسیاری از اجرام درخشان را در آســـمان شب دسته بندی کرد، اما سیســـتم فهرست‌نویسی او به صورت تصادفی تکمیل شـــد. بنابراین M1 (سحابی خرچنگ در صورت فلکی ثور) به هیچ وجه به M2 (یک خوشـــه کروی در دلو) نزدیک نیست. با افزایش توانایی تلسکوپ‌ها، کاتالوگ‌های بزرگتری ایجاد شد. یکی از قدیمی ترین کاتالوگ‌ها که هنوز هم به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد، فهرست عمومی جدید (New General Catalogue) سحابی‌ها و خوشـــه‌های ستاره‌ای یا به اختصار NGC است که توسط J. L. E. Dreyer در سال ۱۸۸۸ منتشـــر شد. در NGC اجرام از غرب به شـــرق در سراسر آسمان شماره‌گذاری



تصویر ۴. اولین تصویر ارسالی از جیمز وب. قوس‌ها و کمان‌ها، در واقع تصاویر کهکشان‌های زمینه هستند

کهکشـــانی در فاصله ۴ میلیارد سال نوری[۱] از زمین قرار دارد. به غیر از کهکشان‌های عضو این مجموعه، در این تصویر ساختارهایی کمانی دیده می‌شـــود. اینها تصاویر کهکشـــان‌های زمینه هســـتند. به بیان ساده‌تر، این ســـاختارهای کمانی متعلق به خوشه کهکشانی نیستند. در واقع، گرانش ناشـــی از اجرام خوشـــه کهکشانی، نور کهکشان‌های دور دســـت زمینه را خمیده می‌کند و همانند یک عدسی، تصویری از آنها ایجاد می‌کند. در این تصویر شـــگفت‌انگیز تلسکوپ وب، به‌وضوح قوس‌ها و کمان‌هایی دیده می‌شوند که در واقع تصاویر کهکشان‌های زمینه هستند.

به این ترتیب خوشه کهکشـــانی همانند یک عدسی بزرگ عمل می‌کنـــد و می‌تواند با بزرگنمایـــی تصاویر، کهکشـــان‌های زمینه را ایجاد کند. شـــاید اگر این خوشه کهکشـــانی وجود نمی‌داشت امکان رصد مســـتقیم کهکشـــان‌های دور فراهم نمی‌شد. ولی پدیده عدسی گرانشی به یاری آمده است که کهکشان‌های بسیار دور را نیز به نظاره بنشـــینیم. جالب است که تعداد این کمان‌های ناشی از پدیده عدسی گرانشی بسیار زیاد است. البته همه ساختارهای کشیده تصاویر، ناشی از پدیده عدســـی گرانشی نیســـت. برخی از اینها واقعاً کهکشان‌هایی کشیده هستند. خود کهکشان‌ها نیز به دلیل نیروی گرانشی، در حال برهمکنش با یکدیگر هســـتند. جزییاتی که جیمز وب از این خوشـــه کهکشانی به نمایش گذاشت بی‌همتاست.

کهکشـــان‌های بســـیار دوری که در این تصویر همانند توده‌های روشن کم‌فروغ و بی‌شکل دیده می‌شوند نیز اهمیت زیادی دارند. اینها در واقع کهکشان‌هایی هستند که هنوز به طور کامل شکل نگرفته‌اند و مراحل اولیه تحـــول و پیدایش کهکشـــان‌ها را تجربه می‌کنند. به کمک جزییات داده‌های ارســـالی جیمز وب و بر اساس مطالعهٔ چنین ساختارهایی، می‌توانیم سن و جرم آنها را با دقت زیاد تعیین کنیم.

برخورد دو کهکشان در آغاز عالم

ممکن است عجیب به نظر برسد اما کهکشان‌ها با یکدیگر برخورد می‌کنند و در هم ادغام می‌شوند. امروزه اخترشناسان به یاری تصاویر تلســـکوپ‌های هابل و جیمز وب، دریافته‌اند که چنین رویدادی نادر نیست. بسیاری از کهکشان‌ها در طول عمرشان چندین برخورد کیهانی را تجربه می‌کنند. ولی در عالم آغازین چطور؟ آیا کهکشـــان‌هایی که در شـــرف تحول و تکوین هستند نیز در چنین برخوردهایی مشارکت دارند؟ بدون تردید یافته‌های جیمز وب می‌تواند بسیار راهگشا باشد. در یکی از تصاویر اخیر تلســـکوپ وب چنین رویدادی متعلق به ۴۰۰ میلیون سال بعد از مهبانگ ثبت شده است.

خوشه‌های کهکشـــانی با جاذبه گرانشی‌شان همانند یک عدسی بـــزرگ کیهانی عمـــل می‌کنند. در نتیجـــه، با بزرگنمایـــی تصاویر کهکشـــان‌های دوردســـت زمینه، امکان رویت آنها را فراهم می‌کنند. گاهی از یک کهکشان چندین تصویر ایجاد می‌شود. در تصویر میدان ژرف وب، چنین تصاویری به وضوح قابل مشاهده است. اخترشناسان حدود ۱۰ ســـال پیش به کمک تلســـکوپ هابل یک جرم آسمانی را کشـــف کردند که در فاصله ۱۳,۳ میلیارد ســـال نوری قرار دارد. این کهکشان دوردست MACS0647-JD نام گرفت.

به تازگی اخترشناسان برای رصد این جرم سماوی از تلسکوپ وب بهره گرفتند. آنها خوشـــه کهکشانی غول‌پیکر MACS J0647+7015 را زیر نظر گرفتند. در تصویر این خوشـــه کهکشـــان (تصویر ۵)، سه تصویر از کهکشـــان MACS0647-JD شناسایی شد! در واقع خوشه کهکشـــانی همانند یک تلسکوپ کیهانی بزرگ عمل کرده است. این ســـه تصویر JD1، JD2 و JD3 نام گرفتند. بزرگنمایی صورت گرفته

شده است. طوری که همه اجرام در همان ناحیه از آسمان، اعداد NGC مشابهی دارند. (کهکشـــان آندرومدا NGC 224 و کهکشان گرداب NGC 5194 است). رصدخانه‌های زمینی خاص (مانند ESO، رصدخانه جنوبی اروپا، و کاتالوگ عمومی اوپســـالا (UGC) از رصدخانه پالومار)، رصدخانه‌هـــای در حال چرخش (مانند IR، برای ماهواره نجومی فروســـرخ)، یا برای اجرام خاص نیز مســـتقلاً کاتالوگ‌های دیگری را ایجاد کرده‌اند. در برخی کاتالوگ‌ها نیز بر اســـاس ویژگی‌های خاص (بـــه عنوان مثال کاتالوگ مارکاریان «Markarian» بر اساس تابش فرابنفش درخشان)، اقدام به نامگذاری کهکشان‌ها شده اســـت. اعداد بعد از حروف ممکن است نشان‌دهنده ترتیب در لیست یا مکان کهکشان در آسمان باشد- ویراستار.

۱ نور یک موج الکترومغناطیسی‌اســـت که با سرعت حدوداً ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه حرکت می‌کند و یک ســـال نوری، مســـافتی است که پرتو نور، در مدت زمان یک سال طی می‌کند که معادل ۹ تریلیون و ۴۶۰ میلیارد کیلومتر اســـت! این مسافت بر حسب کیلومتر، تجسم‌ناپذیر است. از این رو برای درک بهتر از اعداد و سادگی مقایسه فواصل کیهانی، این مقادیر بر حسب سال نوری بیان می‌شود- ویراستار.

تصویر ۵. گرانش عظیم خوشه کهکشانی MACS0647 به عنوان یک عدسی کیهانی برای خم کردن و بزرگنمایی نور از سیستم MACS0647-JD دورتر عمل می کند.

به ترتیب از مرتبه هشت، پنج و دو بوده است. توجه داریم که هرسه تصویر، در واقع متعلق به یک کهکشان هستند.

اما نکته شگفت‌انگیز اینجاست که در هر سه تصویر به خوبی دو توده دیده می‌شوند. به احتمال زیاد اینها دو کهکشان مستقل هستند که در شرف برخورد و ادغام در یکدیگرند! یعنی شاهد یک فرایند عظیم کیهانی متعلق به عالم آغازین هستیم. جرم هر توده حدود ۱۰۰ میلیون برابر جرم خورشید تخمین زده می‌شود. اندازه توده بزرگتر که میزبان ستاره‌های بسیار جوان است، حدود ۴۵۷ سال نوری است. اما به نظر می‌رسد توده کوچکتر با سن ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلیون سال پیرتر است و قطرش حدود ۱۳۰ سال نوری برآورد می‌شود.

ستون‌های آفرینش

بدون تردید «ستون‌های آفرینش»[1] یکی از زیباترین ساختارهای کیهانی است. سرآغاز شهرت آن به حدود سه دهه پیش باز می‌گردد که تلسکوپ هابل تصاویری حیرت‌انگیز از این ساختار کیهانی را به نمایش گذاشت. ستون‌های آفرینش از سه ستون بسیار عظیم گازی و گردوغباری تشکیل شده است. فاصله آن حدود ۶۵۰۰ سال نوری است. اندازه این ستون‌های گازی و گردوغباری بین ۴ تا ۵ سال نوری برآورد می‌شود.

به تازگی تلسکوپ وب نیز تصویری خیره‌کننده از ستون‌های آفرینش به زمین ارسال کرد که جزییاتی جالب‌توجه دارد (تصویر ۶). اما این ساختار کیهانی عظیم چگونه شکل گرفته است؟ علت آن است که ستاره‌های جوان، تابش‌های بسیار شدیدی دارند. بعلاوه مواد با

1 Pillars of Creation

تصویر ۶. ستون‌های آفرینش

سرعت‌های زیاد از سوی این نوع ستاره‌ها به بیرون پرتاب می‌شوند. در نتیجه، تابش‌ها و بادهای ستاره‌ای با محیط پیرامون ستاره برهمکنش داشته و می‌توانند ساختارهایی بی‌نظیر همانند ستون‌های آفرینش را ایجاد کنند. البته چنانچه چگالی محیط پیرامون زیاد باشد، این تابش‌ها و بادهای ستاره‌ای تا فاصله کمتری می‌توانند گسترش یابند.

جالب است که تابشها و بادهای ستاره‌ای می‌توانند محیط اطراف ستاره‌های جوان را تا فاصله‌های زیاد متلاطم کنند. در نتیجه این تلاطم ممکن است ساختارهای متراکمی شکل گیرند و در نهایت به دلیل جاذبه گرانشی‌شان برُمبند. یعنی نسل جدید ستاره‌ها زاده شوند. این دقیقاً همان رویدادی است که در ستون‌های آفرینش شاهد هستیم.

اختروش‌ها؛ معمایی در دل زمان

یکی از اهداف اصلی تلسکوپ فضایی وب مطالعه عالم آغازین است. چند صد میلیون سال بعد از مهبانگ سلسله وقایعی رخ داده‌اند که اطلاعات کمی درباره آن داریم. رمزگشایی از آنها کلید درک نحوه پیدایش گیتی است. اختروش[1] رده‌ای از همین اجرام عجیب و باورنکردنی است. این اجرام در فاصله‌های بسیار دوری قرار دارند. اما انرژی بسیار مهیبی گسیل می‌کنند. هنوز بدرستی روشن نیست که اختروش‌ها چگونه به وجود آمدند. ضمن آن که به نظر می‌رسد بیشتر اختروشها در دوره‌ای از سیر تحول کیهان وجود داشته و بعد از بین رفته‌اند. از این رو اخترشناسان به دنبال مطالعه اختروش‌های دوردستی هستند که به عالم آغازین تعلق دارند. اختروش‌ها کاربردهای زیادی در ژئودزی دارند به‌طور مثال سامانه VLBI با استفاده از امواج رادیویی اختروش‌ها می‌تواند تا دقت نانو ثانیه، فاصله بین دو آنتن را محاسبه کند.

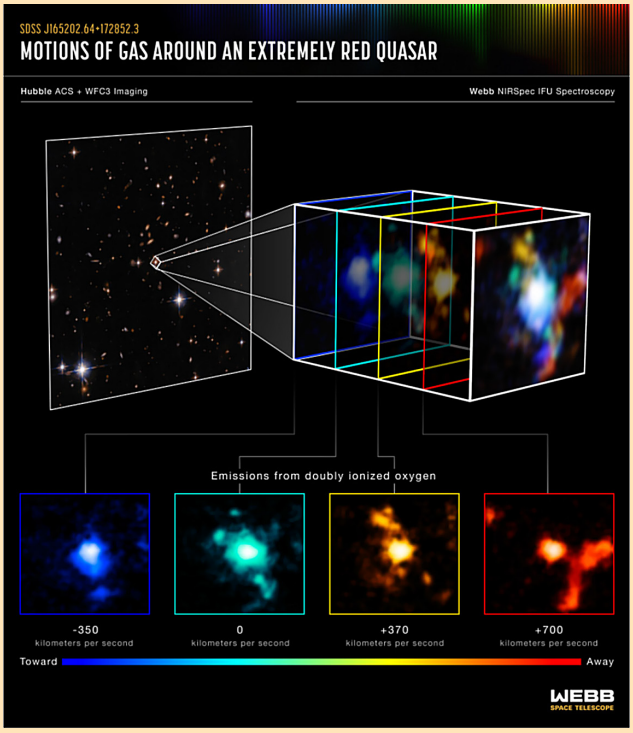
به تازگی اخترشناسان موفق شدند اختروشی موسوم به SDSSJ1652 را در فاصله ۱۱/۵ میلیارد سال نوری شناسایی کنند (تصویر ۷). با توجه به این که سن گیتی حدود ۱۳/۸ میلیارد برآورد می‌شود، نور این اختروش متعلق به دوره‌ای است که سن عالم ۲/۳ میلیارد سال بوده است. این اختروش در محیطی با چگالی بسیار زیاد مستقر است و با چندین کهکشان دیگر برهمکنش دارد. این اختروش یکی از قدرتمندترین منابع کیهانی است که تاکنون در چنین فاصله زیادی شناسایی شده است. اخترشناسان به کمک تلسکوپ جیمزوب، نحوه حرکت گازها، ذرات گرد و غبار و مواد ستاره‌ای در این اختروش را مطالعه کرده‌اند.

اخترشناسان بر این باورند که این اختروش در واقع کهکشانی است که مراحل اولیه تکوین و پیدایش را تجربه می‌کند. آنها موفق شدند سه همدم کیهانی دیگر پیرامونِ این اختروش شناسایی کنند. این کهکشان‌ها با سرعت‌های بسیار زیادی حول یکدیگر در گردشند و این سرعت زیاد از جرم زیاد موجود در این سامانه حکایت دارد.

نپتون، حلقه‌ها و اقمارش

اجرام منظومه شمسی نیز یک از اهداف مهم تلسکوپ وب محسوب می‌شوند. به‌ویژه دنیاهای دوردستی مثل اورانوس و یا نپتون. تلسکوپ وب موفق شد تصویری بی‌همتا از سیّاره نپتون، قمرها و حلقه‌هایش در یک قاب به نمایش بگذارد. فاصله این سیّاره از خورشید، ۳۰ برابر فاصله زمین تا خورشید است. این فاصله آن قدر زیاد است که خورشید بر فراز این سیّاره غول‌پیکر بسیار کم فروغ دیده می‌شود. از این رو نپتون یک دنیای سرد و منجمد است. اما این موضوع از شگفتی‌های این سیّاره کم نمی‌کند. نپتون دارای چندین قمر است و عجیب‌تر آن که حلقه نیز دارد.

1 Quasar



تصویر ۷. اختروش کاوش شده توسط جیمز وب به نام SDSS J165202.64+172852.3، در زمان ۱۱/۵ میلیارد سال پیش وجود داشته است. این کهکشان به طور غیرمعمول قرمز است که علت آن نه تنها رنگ قرمز ذاتی، بلکه انتقال نور کهکشان به قرمز به دلیل فاصله زیاد آن است. این امر باعث شد وب، با داشتن حساسیت بی‌نظیر در طول موج‌های فروسرخ، برای بررسی جزئیات کهکشان کاملاً مناسب باشد. در تصویر مشخص است که نور آبی این اختروش با سرعت ۳۵۰ کیلومتر بر ثانیه به سمت داخل و نور قرمز (که ما دریافت می‌کنیم)، با سرعت ۷۰۰ کیلومتر بر ثانیه از اختروش خارج و دور می‌شود.

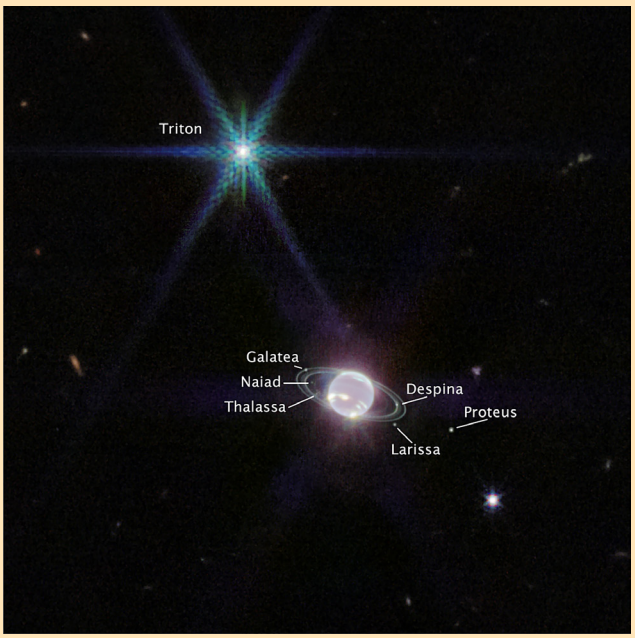
سیّاره نپتون در سال ۱۸۴۶ میلادی کشف شد. البته وجودِ چنین سیّاره‌ای برای توضیح اختلال‌هایی در مدار سیّاره اورانوس مطرح شده بود. این سیّاره از زمان کشف تا سال ۲۰۱۱ میلادی یک دور پیرامونِ خورشید چرخیده است. مدت سالِ این سیّاره معادل ۱۶۵ سال زمینی است. ویجر ۲ تنها فضاپیمایی است که از نزدیک در سال ۱۹۸۹ میلادی از نزدیک این سیّاره را ملاقات کرد. به این ترتیب، برای نخستین بار به یاری تلسکوپ وب موفق شدیم نظاره‌گر سیّاره نپتون، حلقه‌ها و اقمارش در طول موج‌های فروسرخ باشیم.

سیّاره نپتون ۱۴ قمر دارد. در تصویر وب ۷ قمر این سیّاره دیده

می‌شـــوند و آن نقطه نورانی دورتر، قمر بـــزرگ و عجیبِ «تریتون» اســـت (تصویر ۸). این قمر در احاطه نیتروژن منجمد اســـت و حدود ۷۰ درصـــد نور خورشـــید را منعکس می‌کند. اگر به تصویر ســـطح سیّاره دقت کنیم، لکه‌های درخشانی دیده می‌شوند. اینها ابرهای یخ متان هســـتند که نورخورشید را بازتاب می‌کنند. همچنین در نواحی استوایی ســـیّاره، گروهی از این ابرهای درخشان در حرکتند. به نظر می‌رسد اتمســـفر نپتون دارای باد و جریان‌های جوّی قدرتمند باشد. تصویر وب از نپتون نشـــان داد کـــه این دنیای منجمد و دور منظومه شمسی، عجیب‌تر از آن چیزی است که می‌پنداریم. این سیّاره میزبان رویدادهای ناشناخته بسیاری است.

عکسبرداری مستقیم از یک سیّاره فراخورشیدی

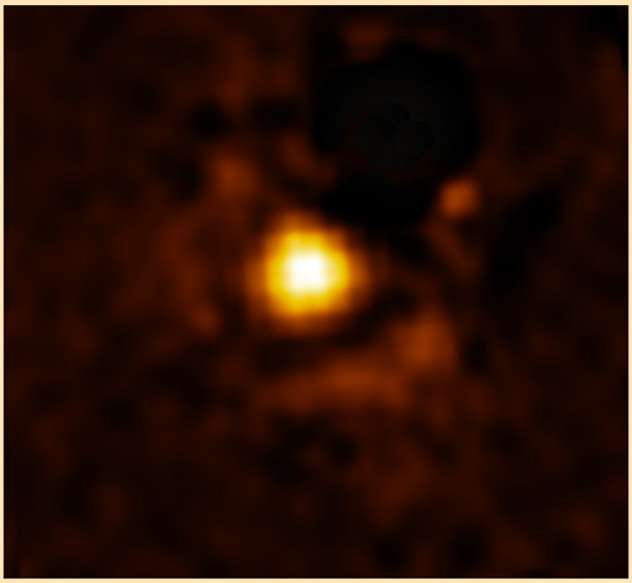
تاکنون بیش از ۵ هزار ســـیّاره فراخورشـــیدی کشـــف شده‌اند. البته بیشـــتر آنها با روش‌های غیر مســـتقیم شناســـایی شده‌اند و به دلیل فاصله زیاد و تلألو نور ســـتاره، امکان تصویربرداری مســـتقیم از ســـیّارات فراخورشیدی فراهم نیست. اخترشناسان به یاری روش‌های اپتیکی بسیار پیشرفته، موفق شده‌اند از تعداد بسیار کمی از سیّارات فراخورشـــیدی به طور مســـتقیم تصویربـــرداری کنند. بـــا توجه به توانمندی‌های تلســـکوپ فضایی وب، این انتظار می‌رفت که به کمک این تلســـکوپ بتوانیم از ســـیّارات فراخورشـــیدی به طور مستقیم تصویربرداری کنیم. انتظاری که دیری نپایید که محقق شد.



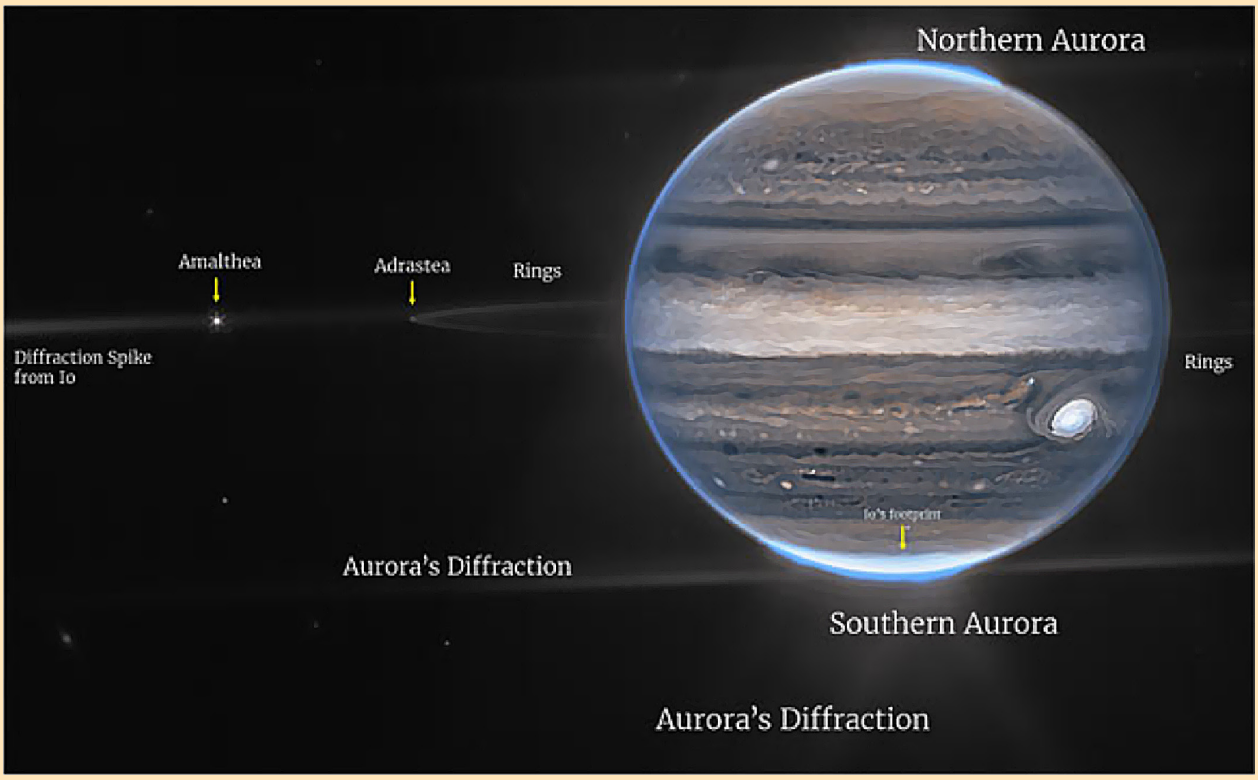
تصویر ۸. عکس گرفته شـــده از نپتون و قمرهایش توسط جیمز وب

اخترشناسان توانستند از ســـیّاره فراخورشیدی HIP 65426b به طور مســـتقیم تصویربرداری کنند. این سیّاره فراخورشیدی در فاصله ۳۶۳ ســـال نوری قرار دارد. جرم این ســـیّاره بین ۶ تا ۱۲ برابر سیّاره مشتری برآورد می‌شود. این بدان معناست که HIP 65426b سیّاره‌ای غول‌پیکر است. اخترشناسان چنین سیّارات فراخورشیدی را به عنوان «اَبَرمشتری» می‌شناســـند. این سیّاره در سال ۲۰۱۷ میلادی کشف شـــد. حجم آن حدود ۱/۵ برابر ســـیّاره مشتری تخمین زده می‌شود. ســـتاره میزبان این سیّاره حدود ۳ هزار درجه کلوین داغ‌تر و جرمش دو برابر خورشید است.

فاصله ســـیّاره HIP 65426b از ســـتاره مرکـــزی تقریباً ۹۲ برابر فاصله زمین تا خورشـــید برآورد می‌شـــود. دقیقاً همین فاصله زیاد، امکان تصویربرداری مستقیم از این سیّاره را فراهم آورد. اخترشناسان معتقدند تصویربرداری مستقیم از این سیّاره فراخورشیدی نویدبخش دوران نوینـــی در عرصه مطالعه ســـیّارات خارج منظومه شمســـی و شـــناخت ویژگی‌های آنها است. تلســـکوپ وب مجهز به ابزاری است که می‌تواند جلوی نور ستاره میزبان را بگیرد تا امکان ثبت نور سیّاره پیرامونش فراهم شـــود. اگر چه اصول اولیه این روش ســـاده اســـت؛ اما بکارگیری موفقیت‌آمیز آن، به روشـــهای اپتیکی بســـیار پیشرفته نیاز دارد. به عنوان مثال، نور ســـیّاره HIP 65426b هزاران مرتبه کم فروغ‌تر از ســـتاره میزبانش است؛ با این حال، تلسکوپ وب موفق شد همین تابش کم را از فاصله بسیار زیاد ثبت و آشکارسازی کند (تصویر ۹).



تصویر ۹. تصویر ضبط شـــده از ســـیّاره فراخورشیدی HIP 65426b توسط جیمز وب

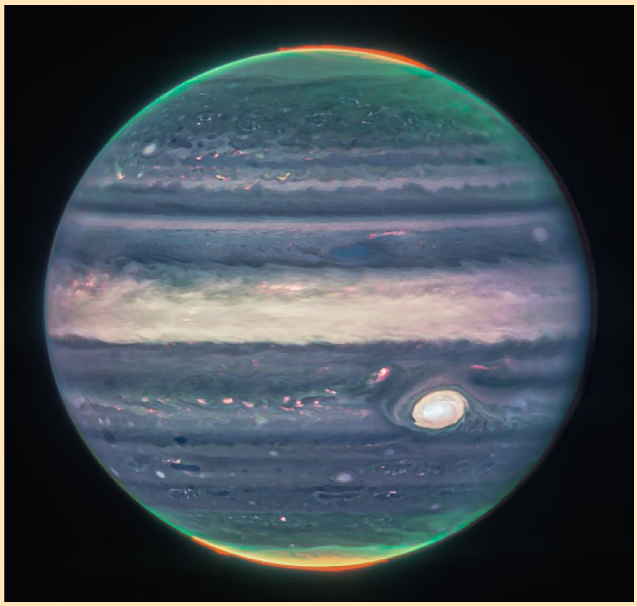


تصویر ۱۰. تصویر ارسالی جیمز وب از سیّاره مشتری، اقمار و شفق‌های قطبی آن

تصاویر وب از سیّاره مشتری

سیّاره مشتری یک غول گازی است که معماهای بسیاری درباره آن وجود دارد و به همین دلیل همچنان در کانون توجه اخترشناسان قرار دارد. به تازگی محققین تلسکوپ وب، تصاویر جدیدی از این سیّاره غول‌پیکر گازی منتشر کردند که جزئیات جالب توجهی را به نمایش می‌گذارد. در این تصاویر نه تنها سیّاره، بلکه بخشی از حلقه‌های آن و تعدادی از اقمار نیز دیده می‌شود (تصویر ۱۰). حلقه‌های سیّاره مشتری به صورتی کم سو قابل شناسایی است.

اما در تصویر خود سیّاره، ساختارهای شگفت‌انگیزی دیده می‌شود (تصویر ۱۱). در دو قطب سیّاره شفق‌های قطبی به وضوح حضور دارند. این شفق‌های قطبی نتیجه برهمکنش ذرات باردار گسیل‌شده از سوی خورشید با میدان مغناطیسی سیّاره مشتری است. به نتیجهٔ چنین برهمکنش‌هایی، تابش فروسرخ گسیل می‌شود و تلسکوپ وب می‌تواند آن را آشکارسازی کند. لکه بزرگ مشتری نیز در این تصویر جلوه نمایی می‌کند. این لکه بزرگ قرنهاست که در جوّ سیّاره مشتری حضور دارد و به دلیل جریان‌های عظیم جوّ به وجود آمده است. هر چند هنوز بدرستی روشن نیست چه سازوکارهایی انرژی لازم برای چنین جریان عظیم گردابی را در جوّ سیّاره مشتری فراهم می‌کند.



تصویر ۱۱. واضح‌ترین تصویر از سیاره مشتری

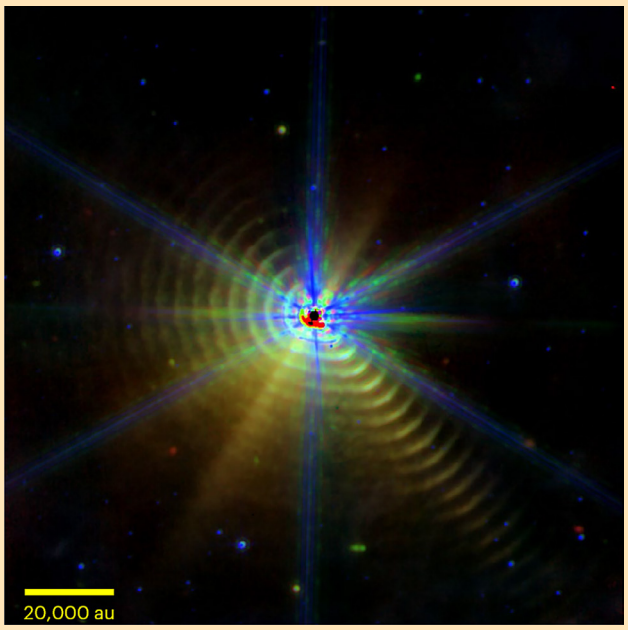
علاوه‌بر این در تصویر سیّاره مشتری، لکه‌ها و نقاط درخشان متعددی دیده می‌شود که به احتمال زیاد، ابرهای ناشی از فعالیت‌های جوّی سیّاره هستند. این ابرها تا ارتفاع زیاد رانده شده‌اند و با بازتاب نور خورشید این چنین می‌درخشند. در حالی که در ناحیه‌های استوایی سیّاره، انبوهی از ابرهای درخشان به چشم می‌خورد، نواحی در عرض‌های جغرافیایی بالاتر تیره‌ترند. این تصاویر حکایت از آن دارد که در جوّ سیّاره مشتری، فعالیت‌های آشوبناک بسیاری در جریان است. هر چند سازوکارهای آنها را هنوز به درستی نمی‌شناسیم.

حلقه‌های شگفت‌انگیز کیهانی

عالم هستی عجیب‌تر از آن است که می‌پنداریم. یافته‌های اخیر تلسکوپ فضایی جیمز وب، این واقعیت تکان‌دهنده را به رخ می‌کشد. اما برخی از تصاویر جیمز وب آن چنان دور از انتظار و عجیب است که اخترشناسان نیز نمی‌توانند حیرت و شگفتی خود را پنهان کنند. پژوهشگران به تازگی موفق شده‌اند به یاری تلسکوپ جیمز وب به یک تصویر فوق‌العاده عجیب دست یابند: حلقه‌های باشکوه کیهانی پیرامون یک سامانه ستاره‌ای! در این تصویر ۱۷ حلقه هم‌مرکز پیرامون یک سامانه دو ستاره‌ای دیده می‌شود (تصویر ۱۲) و آن چنان منظم‌اند که گویی فرازمینی‌های هوشمند آنها را به وجود آورده‌اند! اما یافته‌های جدید اخترشناسان نشان می‌دهد که این هم کار طبیعت است.

در مرکز این حلقه‌های شگفت‌انگیز، یک سامانه دوتایی ستاره‌ای وجود دارد. یعنی دو ستاره که حول یکدیگر در گردش هستند. نام این سامانه دوتایی WR140 است که در فاصله بیش از ۶ هزار سال نوری از زمین قرار دارد. مولفه‌های این سامانه دوتایی ستاره‌هایی عظیم‌الجثه هستند. یکی از آنها یک ستاره «ولف-رایه»[1] غول‌پیکر و دیگری یک ستاره اَبَرغول آبی بسیار بزرگتر است. این دو ستاره تحت تأثیر گرانش‌شان هر تقریباً هشت سال، یک بار به دور یکدیگر می‌چرخند. البته در این تصویر این ستاره‌ها را با همه بزرگی‌شان نمی‌بینیم. ولی در این مجموعه چه اتفاقی رخ داده است که حلقه‌هایی این چنین عظیم پیرامون مجموعه شکل گرفته‌اند؟

این دقیقاً همان پرسش کلیدی است که اخترشناسان به دنبال پاسخ آن هستند. عجیب است که ستاره‌ها جرم از دست می‌دهند. در این سامانه دوتایی نیز چنین است. ظاهراً ستاره‌های این سامانه هر هشت سال مقادیر عظیم گاز و ذرات گرد و غبار را تا فاصله‌هایی بسیار دور از مرتبه هزاران برابر فاصله زمین تا خورشید پرتاب می‌کنند. معمولاً فاصله زمین تا خورشید را به عنوان یک واحد نجومی (۱۴۷



تصویر ۱۲. حلقه‌های باشکوه کیهانی پیرامون یک سامانه ستاره‌ای. در این تصویر ۱۷ حلقه هم‌مرکز پیرامون یک سامانه دو ستاره‌ای دیده می‌شود

میلیون کیلومتر= au1) در نظر می‌گیریم. در این تصویر اندازه‌ای معادل ۲۰۰۰۰ هزار واحد نجومی مشخص شده است. حال به راحتی می‌توانید ببینید که این حلقه‌های عظیم گرد و غبار تا چه فاصله‌های شگفت‌انگیزی گسترش یافته‌اند. در واقع این حلقه‌ها به دنبال برخورد و برهمکنش متوالی پرتاب‌های مواد از دو ستاره مرکزی به وجود آمده‌اند. باید توجه داشته باشیم که تصویر حلقه‌ها، در واقع نمایی دو بعدی از یک ساختار غول‌پیکر سه بعدی است.

اما به راستی چه ساز و کاری مواد را این چنین به بیرون پرتاب می‌کند؟ امروز اخترشناسان بر این باورند که فشار ناشی از تابش ستاره‌های مرکزی نقش کلیدی دارد. به‌ویژه ذرات گرد و غبار می‌تواند تحت تأثیر فشار تابشی باشد. هر چند جزئیات این سازوکار چندان روشن نیست و به درستی نمی‌دانیم چرا در بازه‌های زمانی مشخص چنین رویدادی به وقوع می‌پیوندد. اما تصاویر جدید تلسکوپ جیمز وب از این سامانه و حلقه‌های پیرامونش، فرصتی است بی‌همتا برای راستی‌آزمایی نظریه‌هایی که در این زمینه ارائه می‌شود. در واقع این شاید یکی از معدود مواردی باشد که اخترشناسان نظاره‌گر نقش‌آفرینی مستقیم نیروی ناشی از فشار تابشی هستند.

البته در نهایت این حلقه‌های کیهانی بیشتر گسترش می‌یابند و مواد آنها در فضای بین‌ستاره‌ای پخش خواهند شد. بدین‌سان محیط میان‌ستاره‌ای از عناصر و ترکیباتی غنی خواهد شد که در اعماق

۱ ستارگان ولف-رایه (به انگلیسی: Wolf-Rayet stars) ستارگانی بسیار پرجرم یعنی با جرم بالای ۲۰ جرم خورشید هستند. این دست ستارگان، بسیار روشن و داغند و به دلیل روشنایی زیاد خود، یکی از گونه‌های ستارگان اَبَرغول هستند. طیف این ستارگان نیز غیر عادّی است و این خود یکی از عواملی است که آنها را از دیگر ستارگان آسمان جدا می‌سازد- ویراستار.

ســـتاره‌ها به وجود آمده‌اند. نسل بعدی ستاره‌ها و سیّارات از این مواد به همراه خواهند داشت. ستاره‌های غول‌پیکر به‌ویژه در مراحل پایانی زندگی‌شان با شدتی بیشتر جرم از دست می‌دهند. رویدادی نظیر آن چه در این تصویر جیمز وب می‌بینیم.

تصاویر باورنکردنی وب از کهکشان چرخ گاری

اخترشناســـان موفق شـــدند به یـــاری تلســـکوپ وب تصاویری حیرت‌انگیز از کهکشـــان چرخ گاری و دو همدمش به دســـت آورند (تصویر ۱۳). این کهکشان در فاصله ۵۰۰ میلیون سال نوری از زمین قرار دارد. قطر آن حدود ۱۵۰ هزار ســـال نوری است و جرمش به ۳ میلیارد برابر جرم خورشید می‌رسد. این کهکشان دو همدم نیز دارد. جالب اینجاســـت که کل این ســـامانه متعلق به یک گروه کوچک از کهکشان‌هاســـت. شکل ظاهری این کهکشان همانند یک چرخ گاری است. اخترشناسان معتقدند که دلیل آن برخورد بسیار پر سرعت بین یک کهکشان مارپیچی بزرگ و یک کهکشان کوچکتر است که البته در این تصویر دیده نمی‌شود.

این که کهکشـــان‌ها با یکدیگر برخورد کنند و در هم ادغام شوند فرایند نادری نیســـت. حتی اخترشناســـان معتقدند چنین فرایندی بخشی از سیر تحول همه کهکشان‌هاست. از این منظر کهکشان چرخ گاری هم اســـتثناء نیست. به دنبال برخورد دو کهکشان، زنجیره‌ای از وقایع به وقوع می‌پیوندد که می‌تواند پیکربندی کهکشان و البته شکل ظاهری آن را تغییر دهد.

در تصویر کهکشان چرخ گاری دو حلقه دیده می‌شود؛ یک حلقه درونی و یک حلقه بیرونی که آن را احاطه کرده است. این دو حلقه با سرعت در حال انبساط از ناحیه‌های مرکزی به سمت بیرون هستند. در همین ناحیه‌های مرکزی اســـت که برخورد روی داده است. هسته مرکزی کهکشـــان چرخ گاری میزبان خوشـــه‌های ستاره‌ای عظیم و جوان اســـت و بعلاوه مقادیر زیادی گاز و گرد و غبار در این قســـمت وجود دارند. اخترشناسان تخمین می‌زنند که حلقه بیرونی طی ۴۴۰ میلیون ســـال اخیر در حالِ انبســـاط و گســـترش بوده است. جالب اینجاست که در این ناحیه ســـتاره‌زایی با شدت ادامه دارد. به دنبال انبساط این حلقه عظیم موجی از ستاره‌های جدید به وجود می‌آیند. لکه‌های آبی که در تصویر کهکشان دیده می‌شوند ستاره‌های منفرد و

تصویر ۱۳. تصویری از کهکشـــان چـــرخ گاری. نامگذاری این کهکشان بر اساس شکل ظاهری آن است.

یا ناحیه‌هایی مملو از ستاره‌های بسیار جوان هستند.

مطالعه کهکشـــان چـــرخ گاری امـــکانِ درکِ بهتر ســـیر تحول کهکشـــان‌ها را فراهم می‌کند. بویژه آن که چنین کهکشـــانی نتیجه برخورد و ادغام دو کهکشـــان دیگر بوده است. نحوه ستاره‌زایی و بعد مرگ ستاره‌ها در این کهکشان بسیار مورد توجه است. به نظر می‌رسد کهکشان ما نیز در گذشـــته چنین برخوردهایی را تجربه کرده است. حتی این پیشـــنهاد مطرح شده است که شاید زایش خورشید نتیجه برخوردی کهکشـــانی بوده است. هنوز مشخص نیست که سیر تحول کهکشـــان ما در گذشته چگونه بوده اســـت. ولی تصاویری که وب از ســـایر کهکشان‌ها نظیر تصویر کهکشان چرخ گاری به دست می‌دهد، فرصت مغتنمی است تا نظریه‌های دانشمندان درباره پیدایش و تحول کهکشان‌ها راست‌آزمایی شود.

به نظر می‌رســـد تلسکوپ وب آغازگر دوران نوینی در درک اسرار کهکشان‌ها است.

دکتر سیدهاشم خویی مدیر عامل مرکز فوق تخصصی چشم پزشکی بصیر؛

راز موفقیت مجموعه چشم‌پزشکی «بصیر» مردم‌داری است

دکتر سید هاشم خویی، از جمله پزشکانِ مدیری است که سال‌های مؤثری از عمر و جوانی خود را در مرکز تخصصی چشم‌پزشکی بصیر گذرانده و تجربه و استعداد مدیریت خود را درکنار دکتر آقای احمد شجاعی باغینی مؤسس مرکز، صرف توسعه و سازندگی این مجموعه کرده است. او در فراز و فرودهای مرکز، توجه ویژه‌ای به دانش روز و فناوری‌های نوین در حوزه تجهیزات پزشکی به خصوص چشم‌پزشکی داشته و همواره برای شناسایی و تهیه بهترین امکانات روز دنیا تلاش کرده است.

دکتر سید هاشم خویی در جدیدترین شماره از مجله تخصصی «پرتو بصیر» درباره آشنایی خود با آقای دکتر شجاعی و مسیری که سال‌های طولانی در عرصه مدیریت پزشکی در این مرکز تخصصی چشم‌پزشکی طی کرده، سخن گفت و بر این نکته تاکید کرد که کار در این مرکز، آورده‌ای جز برکت برای او نداشته است و رمز این موفقیت را در مردم‌داری، ایمان و تعهد پزشکان و کادر کارکنان مرکز تخصصی چشم پزشکی بصیر دانست.

*** مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر: کار اجرایی کردن بسیار سخت است. زیرا علاوه بر دانش تخصصی، توان و انگیزه مضاعف می‌خواهد و حضور شما در مرکز تخصصی چشم‌پزشکی بصیر و نتیجه بدست‌آمده در طول خدمت‌رسانی این مجموعه چشم‌پزشکی، مبیّن تلاش و نگاه نوآورانه شما به کار است. به عنوان نخستین سؤال بفرمایید چرا مدیریت عرصه سلامت را انتخاب کردید؟ زیرا یک مدیر توانمند می‌تواند در حوزه‌های دیگر مانند نفت، پتروشیمی، داروسازی و یا حتی در حوزه مدیریت‌های فرهنگی خوب عمل کند. شما چرا فعالیت در عرصه چشم‌پزشکی را انتخاب کردید؟**

دکتر سید هاشم خویی: به مفهومی به اسم قسمت بسیار اعتقاد دارم. ضمن اینکه من یک پزشک هستم و طبیعی است که در مسیر حرفه خودم حرکت کنم؛ اما می‌گویم قسمت، زیرا در جایی از مسیر فعالیتم با آقای دکتر شجاعی آشنا شدم. در آن زمان مرکز تخصصی چشم‌پزشکی بصیر، در یک ساختمان معمولی و آپارتمانی مستقر بود که تازه راه‌اندازی شده بود. اقای دکتر در همان ایام، پیشنهاد همکاری با هدف توسعه مرکز را مطرح کرد و از من خواست تا مدیریت مرکز را به عهده بگیرم. خب در آن زمان من جوان و پر از فکر و انرژی بودم و ایده‌های جدیدی برای کار داشتم و این پیشنهاد به مذاقم خوش آمد. از طرفی آقای دکتر شجاعی هم انسانی توانمند با ذهنی روشن است و با آگاهی‌ای که نسبت به مسائل دارد، افکار آینده‌نگرانهٔ خود را در جهت توسعه به کار می‌گیرد. در نتیجه شرایط را برای کار مناسب دیدم و همراه شدم.

*** کار در حوزه چشم‌پزشکی حساسیت‌های خاص خودش را دارد. در این مسیر چگونه حرکت کردید؟**

بله همینطور است و البته به دلیل همین حساسیت زمینه خوبی فراهم شد. چون چشم‌پزشکی سرشار از تکنولوژی است و من هم به فناوری‌های نوین علمی و تکنولوژی به شدت علاقمند هستم و زمینه را برای اجرایی کردن ایده‌های تازه در کنار آقای دکتر شجاعی مساعد دیدم. در آن دوران غیر از مرکز تخصصی چشم‌پزشکی بصیر و یک مرکز دیگر، هیچ مرکز چشم‌پزشکی به صورت مستقل و خصوصی وجود نداشت و فقط مراکز چشم‌پزشکی دولتی مانند فارابی و لبافی بودند که آنها هم مراکز دانشگاهی بودند و مرکز خصوصی وجود نداشت و زمینه برای ارائه کار نو

بسیار فراهم بود.

*** نخستین فناوری‌های نوینی که آن زمان در مرکز بصیر به کار گرفته شد، چه بود؟**

در آن روزها تکنولوژی جدیدی به اسم لیزر اگزایمر آمده بود که با یک عمل بوسیله لیزر، مردم را از عینک بی‌نیاز می‌کرد. عملی که این روزها مردم به اسم لیزیک و لازک می‌شناسند. در واقع اولین دستگاه لیزر اگزایمر توسط این مرکز به جامعه چشم‌پزشکی کشور و نیز به مردم ایران معرفی شد و اولین عمل را شخص آقای دکتر شجاعی انجام دادند. علاوه بر این تکنولوژی که بسیار سریع رشد کرد، در آن روزها تکنولوژی‌های نوین در عرصه چشم‌پزشکی در حال ظهور یا ارتقا بود؛ برای مثال همین دستگاه فیکو که تحولی بزرگ در عمل آب مروارید ایجاد کرد و پدیده تازه‌ای به شمار می‌رفت یا عمل‌های پیچیده شبکیه. یادم می‌آید آن روزها عمل شبکیه ۳ ساعت یا بیشتر طول می‌کشید؛ اما حالا این عمل به طور متوسط ۴۵ دقیقه زمان می برد. البته نقش جراح هم بسیار مهم است. کار ما این بود که تکنولوژی‌های نوین را رصد کنیم و در خرید و بهره‌گیری از آن تردید نمی‌کردیم. می‌خواستیم در همه چیز پیشتاز باشیم. خب این افکار بلند نیاز به جایی مدرن هم داشت. این شد که فکر نوسازی ساختمان مطرح شد و بعدها در دو نوبت گسترش فیزیکی هم صورت گرفت. ساختمان بعد از نوسازی و بهسازی به مکانی مدرن تبدیل شد و مرکز، هم از حیث تجهیزات و هم از نظر مدرن شدن ساختمان، خیلی مورد توجه قرار گرفت و به طور مرتب دانشجویان و همکاران می‌آمدند، عکس می‌گرفتند و الگوبرداری می‌کردند. به این ترتیب کار با شکل جدید و رویکردی متفاوت و نوین آغاز شد. مرکزتخصصی چشم‌پزشکی بصیر به دلیل دستاوردهای نوین فنی و پزشکی تا سالهای سال محل تردد اساتید و پزشکان نخبه جوان بود و زمینه‌ای ایجاد شد تا همکاری مجدانه، سنگین و حرفه‌ای صورت بگیرد. در این مسیر خیلی محکم و امیدوارانه کار با تکنولوژی‌های نوین را پیش بردیم و آنقدر غرق درکار بودیم که به واقع به چیز دیگری جز پیشرفت و توسعه فکر نمی‌کردیم. در واقع مسیری آغاز شد که آنچنان در آن غرق شدم که هیچگاه به تغییر آن فکر نکردم.

*** اگر اشتباه نکنم شما از سال ۱۳۷۳ کار را در بصیر شروع کردید و مرکز تخصصی چشم‌پزشکی بصیر از بدو تاسیس، مجموعه‌ای پیشرو بود و همگام با رشد تکنولوژی روز دنیا جلو رفت. بصیر، علاوه بر تجهیزات مدرن چشم‌پزشکی، آیا در امور دیگر هم پرچم‌دار بود؟**

تلاش ما این بود که در همه موارد جزو اولین‌ها باشیم و در این مسیر کوتاهی نکردیم. در حوزه تکنولوژی در برخی موارد جزو اولین‌ها بودیم و حتی اگر در مواردی هم شروع‌کننده نبودیم، همواره به بِروز کردن خود اهتمام ورزیدیم و حتماً یکی از اولین‌ها بوده‌ایم. به عنوان مثال جزو مراکز پیشتاز در استفاده از دستگاه فیکو برای عمل آب مروارید بودیم که انقلابی در عمل‌های چشم به شمار می رود. همیشه در حال جستجو بودیم تا بدانیم چه نوع تکنولوژی‌هایی در دنیا معرفی می‌شود و بلافاصله اقدام می‌کردیم و آن را به کار می‌گرفتیم و پیشتاز توسعه و پیشرفت بودیم.

*** جدا از پیشتازی که از آن صحبت می‌کنید، یکی از عوامل موفقیت مجموعه همراهی و همگام بودن تیم مدیریت مجموعه در مسیر توسعه و بکارگیری دانش تخصصی روز در همه حوزه‌هاست. در کنار این موارد، برای انجام این فعالیت‌ها تربیت نیروی انسانی لازم است. در این حوزه چه فعالیت‌هایی در پیش گرفتید؟**

راس هرم هدایت مرکز همواره آقای دکتر شجاعی بودند. ایشان علاقه عجیبی به رشد و توسعه مرکز و استفاده از تکنولوژی روز دنیا داشته و دارند و بنده هم طبعاً در کنار ایشان در این مسیر هرچه از توانم برمی‌آمد، انجام می‌دادم. تا چندین سال از سال‌های شروع کار بصیر، اساتید بزرگ و همکاران چشم‌پزشک از استان‌ها و شهرهای مختلف کشور می‌آمدند تا با تکنولوژی‌های نوین و مخصوصا لیزر اگزایمر آشنا شوند و کار با آن را تجربه کنند. رفته رفته بصیر تبدیل به مرکزی برای تجمع بزرگان چشم‌پزشکی کشور شد و طبیعی بود که از این گردهمایی‌ها، بار علمی وزین و پرباری به دست می‌آمد و تبادل فکر و اندیشه صورت می‌گرفت. در نتیجه سطح علمی بصیر با شتاب قابل‌توجهی بالا رفت و به استاندارد خوب و قابل‌قبولی از نظر دانش، فناوری و تکنولوژی رسید. در واقع همکارانی که در مرکز بصیر هستند، از جهت علمی و فنی بسیار پربار و بِروزند.

*** آیا بار علمی پزشکان و فعالیتی که از آن یاد می‌کنید، باعث راه اندازی مرکز تحقیقاتی بصیر شد؟**

بله دقیقاً. در این راستا، مرکز تحقیقات بصیر به عنوان یکی از

مراکز تحقیقاتی پربار در بخش خصوصی راه‌اندازی شد. یک خاطره هم از آن روزها تعریف کنم که خالی از لطف نیست. همان اوائلی که نوسازی کلینیک تمام شده بود، یک شب با آقای دکتر شجاعی نشسته بودیم و کارها را مرور می‌کردیم. صحبت از این شد که با توجه به جایگاه مرکز حیف است یک کار ترویجی چشم‌پزشکی انجام ندهیم و به نتیجه رسیدیم که مجله‌ای اختصاصی منتشر کنیم. اینگونه شد که ایده چاپ مجله شکل گرفت و «پرتو بصیر» متولد شدکه با استقبال بسیار خوب چشم‌پزشکان مواجه شد و هنوز هم این مجله چاپ می‌شود. راه‌اندازی مجله مستلزم تیم همکارِ تولید محتوا بود. در همین زمینه از دانش تخصصی همکاران چشم‌پزشک که با بصیر همکاری داشتند، کمک گرفتیم و موضوعات و مقاله‌های متنوع دریافت شد و این خود در ادامه به راه‌اندازی مرکز تحقیقات بصیر منجر شد. ابتدا کار را با آقای نوری‌زاده به عنوان همکار جوان که اهل تحقیق و پژوهش بود آغاز کردیم و بسیار موثر درکنار ما کار کردند. در ادامه پزشکان جوان دیگری که عمدتاً اهل تحقیق و پژوهش بودند به مرکز تحقیقات ملحق و در نهایت تیم خوبی جمع شد که با کمک گرفتن از اساتید و همکاران چشم‌پزشک، مقالات و محتوای خوبی برای کارهای تحقیقاتی و نیز تغذیه مجله تولید شد. علاوه بر این یکی از کارهای ماندگاری که در بصیر انجام شد برگزاری جلسات ماهیانه علمی بود که در آن علاوه بر ارائه مقالات علمی توسط اساتید، کیس‌های خاص بیماری‌های چشمی مطرح و در مورد آنها مباحثه می‌شد که نتایج بسیار خوبی داشت و این کار همچنان ادامه دارد و تاکنون بیش از ۲۰۰ جلسه برگزار شده و می‌توان گفت بصیر از پیشتازان برگزاری چنین جلسات علمی در بین مراکز خصوصی به شمار می‌رود. مرکز تحقیقات بصیر چند سال بعد به صورت رسمی ثبت شد و ما همواره این مرکز را جزو افتخارات مجموعه تخصصی چشم‌پزشکی بصیر و به عنوان نمادی از پیشرفت تحقیقاتی حساب می‌کنیم. البته مثل دیگر موارد در این خصوص هم نقش هدایتگری آقای دکتر شجاعی در رسیدن به این نقطه از موفقیت، بسیار اساسی و مؤثر بوده است.

*** درواقع راه‌اندازی مرکز تحقیقات بصیر یکی از اتفاقات خوب این مرکز بود که در بخش مسؤولیت اجتماعی، حرف برای گفتن دارد و مبین این مطلب است که مجموعه مدیریت این مرکز، نگاهی صرفاً اقتصادی ندارد و بخشی از درآمد را صرف تحقیقات علمی می‌کند و این مهم، به روزآمدی دانش و در نهایت یاری رساندن به مردم می‌افزاید و به نظرم این**

شیوه، نشان‌دهنده مردمی بودن ساختار مجموعه بصیر است.

بلـــه. به نکته خوبی اشـــاره کردید. مراکز خصوصی پشـــتوانه و حمایت مالی از ســـوی بخش‌های دولتی ندارنـــد و هرآنچه موجود اســـت، نتیجه کار و تلاش گروهی و حاصل دسترنج خود افراد است. معمولاً در چنین شرایطی نگاه این است که سرمایه اولیه و خرج‌کرد به صاحبان ســـرمایه برگردد و دست‌کم یک درآمد قابل قبولی باشد که منجر به ادامه حیات مجموعه شـــود. با توجه به تجربه و فعالیتم، می‌دانم مراکز و مؤسســـات خصوصی زیادی نیســـتند که بخشی از ســـرمایه و درآمد خود را هزینه امور تحقیقاتی کنند. زیرا در انجام امـــور تحقیقاتی صرفاً باید هزینه شـــود و درآمـــدی به دنبال ندارد. بنابرایـــن راه‌اندازی و اســـتوار ماندن مرکز تحقیقـــات بصیر، عمدتاً مرهون نگاه ویژه و دید وسیع آقای دکتر شجاعی و برآمده از اهتمام به علم و پژوهش و نیز نگاه مردم‌دارانه اســـت. اعتقاد بر این اســـت که همه امور باید در بهترین شـــکل به انجام برسد و برای اینکه کار به بهترین شـــکل انجام شود، باید پشتوانه علمی داشته باشیم، بِروز باشـــیم و از آخرین دســـتاوردهای علمی و فناوری آگاه باشیم و از آن اســـتفاده کنیم. به این ترتیب، مرکز بصیر همیشه جزو رده های نخست مراکز تحقیقاتی خصوصی قرار گرفته است.

*** ظرفیت و قابلیت‌های بصیر از گذشـــته تا امروز و آینده را چطور ارزیابی می‌کنید؟**

یک راز مهم در مســـیر تحول مرکزتخصصی چشم‌پزشکی بصیر و رســـیدن به جایگاه فعلی وجـــود دارد و آن هم نگاه مردمی به کار اســـت. در واقع نگاه مردم‌دارانه که از شخص آقای دکتر شجاعی به عنوان مؤسس مرکز نشـــأت گرفته، باعث می‌شود که رضایت مردم بســـیار مهم باشـــد. وقتی دیدگاه آقای دکتر شـــجاعی و به تبع آن زیرمجموعـــه، رضایت مردم و مردم‌داری اســـت، همـــه امور باید در ســـطح عالی انجام شـــود تا رضایت کامل و نتیجه عالی به دســـت آید. یعنی کادر پزشـــکی باید در ســـطح عالی باشند، تجهیزات باید با بهترین کیفیت باشـــد؛ زیرا با تجهیزات نه چندان خوب نمی‌توان نتیجه ایده‌آل گرفت و نیز کادر پرســـنلی باید آموزش‌دیده و کارآمد باشـــند. بنابراین وقتی همه مولفه‌ها به خوبی کنار هم چیده شـــود، رضایـــت مردم را نیز به همراه خواهد داشـــت و ایـــن رضایت باعث رشـــد و ارتقا و توســـعه مرکز شده اســـت. نتیجه آن شد که زمینه برای توســـعه بیشتر فراهم شـــد و با این توجه و نگاه، شعب کرمان، شـــیراز و کیش راه‌اندازی شد. در واقع اگر می‌خواستیم صرفاً مسائل اقتصادی را در نظر بگیریم، به مطلوبِ مدنظرمان نمی‌رسیدیم؛ ولی وقتی به رضایت مردم فکر می‌کردیم و آنها را راضی نگه می‌داشتیم، به طور طبیعی مســـائل دیگر هم تامین و زمینه خوب برای توسعه و پیشرفت نیز مهیا شد.

*** به نکته خوبی اشـــاره کردید؛ رضایت مردم یک ســـوی ماجراســـت، اما مســـئله مردمداری در درمان بیماری‌های چشـــمی و در نظر گرفتن ضعف مالی افـــراد، مبحث دیگر است. یعنی افراد با هر سطح از بضاعت، دست خالی از مرکز برنمی‌گشـــتند. در این بخش به شکل ویژه چگونه ورود پیدا کرده‌اید؟**

در بصیر همیشه مردم‌داری یک اصل بوده و در شیوه کار مدنظر قرار داشـــته است؛ ولی در این مسیر باید به فکر رشد و توسعه مرکز نیز باشـــیم و لازم است بین تامین شـــرایط خاص مردم (تاجایی‌که امکان داشته باشد) و رشد و توسعه اقتصادی تعادل برقرار شود. یک نکتـــه را هم باید اضافه کنم: آنچه در این مرکز همه افراد را دور هم جمع کرده، ایمان و اعتقاد اســـت. منظورم از ایمان واعتقاد به شکل تعریف شده مذهبی نیست؛ زیرا این نوع ایمان به شکل فردی جای خـــود را نزد افراد دارد؛ اما بـــه اعتقاد من باید به کار خود، به مردم، به انســـان‌ها و به رعایت اصول اخلاقی باور و اعتقاد داشـــته باشیم. در چنین شـــرایطی کارها روی روال می‌افتد و به نظرم کار در بصیر برکت بســـیاری دارد. به لطف خدا با خلوص نیت کار را آغاز کردیم

و همه موانع را پله پله پشت سر گذاشتیم.

*** حضور بصیر در جوامع بین‌المللی غیر از کرسی‌های علمی، در حوزه مراوده‌های بین‌المللی به چه صورت است؟**

ببینید در برهه‌ای از حدود ۱۵ - ۱۰ سال پیش به این طرف، ارتباط ما با دنیای بیرونی خیلی وسیع‌تر بود. به طور مرتب اساتید بزرگ از کشورهای دیگر به ایران می‌آمدند و ما هم در مقابل دعوت به همکاری می‌شدیم. در مرکز تحقیقات فعالیت‌های بسیار خوبی داشتیم و داریم. یک دوره‌ای تعدادی از دانشجویان دانشگاه تهران به مرکز چشم‌پزشکی بصیر آمدند وکارها ی تحقیقاتی بسیار ارزشمندی کردند که تبدیل به چند مقاله شد و در کنگره انجمن کاتاراکت و جراحی رفرکتیو اروپا ارائه شد. این کنگره یکی از دو رویداد بزرگ علمی چشم‌پزشکی در جهان است که هر ساله در یکی از کشورهای اروپایی و در امریکا برگزار می‌شود. همکاران ما در بصیر به طور مداوم در این کنگره‌ها شرکت می‌کردند و مقالات ارزشمندی ارائه می‌دادند که اغلب مورد توجه قرار می‌گرفت. با بروز و شیوع کرونا شرایط به کلی دگرگون شد و در عمل سفرها و مشارکتها کم‌رنگ شد و البته شرایط اقتصادی تا حدودی مزید بر علت بود. اما ما نا امید نیستیم و با امید به اینکه شرایط به روال قبل برگردد، همچنان آمادگی خود را برای ارتباط علمی و تحقیقاتی با کشورهای پیشرفته جهان حفظ می‌کنیم. در مورد مراودات بین‌المللی به جرأت می‌گویم اولین مرکزی که پای بیماران غیرایرانی را به کشور باز کرد، ما بودیم. با ارتباطاتی که ایجاد کردیم، ابتدا از کشورهای خلیج‌فارس مانند کویت، عربستان سعودی و امارات به تعداد قابل‌توجه مراجعه داشتیم و خدمات عالی دریافت کردند و اتفاقاً اهل سنت هم در میان آنها کم نبود؛ اما به علت معادلات سیاسی به تدریج مراودات با این کشورها کاهش پیدا کرد. و در عوض پای بیماران عراقی را به کشور باز کردیم که بخاطر خدمات بسیار با کیفیتی که دریافت کردند، به تدریج تعداد مراجعین به حدی رسید که گاه خارج از ظرفیت ما بود و متأسفانه در این میان پای واسطه ها به این کار باز شد و روند آنچنان که باید پیش نرفت. بعد از آن بیمارانی که مشکلات دیگری مانند ارتوپدی، قلب، عروق، کلیه و غیره داشتند هم برای درمان به ایران‌آمدند. متأسفانه دلایل متعددی باعث ایجاد شرایط نابسامان در این امر شد که منجر به کاهش قابل توجه مراجعین خارجی شد و اگر چه هنوز بیماران خارجی که به ایران می آیند کم نیستند، اما تعداد

آنها قابل قیاس با گذشته نیست و این نیاز دارد تا مسؤولین تدابیر مؤثری به کار گیرند. چرا که این مراوده‌ها علاوه بر جنبه اقتصادی، در ایجاد ارتباط با ملتهای دیگر اثرات مهم فرهنگی دارد.

*** کشور ما در تحریم و جنگ اقتصادی به سر می‌برد. دیدگاه مجموعه بصیر، بِروز بودن و مدام نو به نو شدن در زمینه‌های مختلف است؛ اما تحریم‌ها در همه حوزه‌ها به خصوص در حوزه تجهیزات پزشکی می‌تواند بازدارنده باشد و کرونا هم به این نابسامانی‌های اقتصادی اضافه شد. چه تمهیدی اندیشیده‌اید که از این بحران عبور کنید و همچنان خدمات با کیفیت و مطلوب ارائه دهید؟**

هرچند در ظاهر گفته می‌شود که تحریم شامل تجهیزات پزشکی، دارو و درمان نمی‌شود، اما واقعیت این است که شرایطی را ایجاد می‌کند که به طور جدی تحت تاثیر تحریم قرار می‌گیریم و اینگونه نیست که مثل سابق هر آنچه را که اراده کردیم، بتوانیم به سادگی تهیه کنیم. اگر چه درحال حاضر در هیچ زمینه‌ای از دنیا کم نداریم و بهترین تجهیزات و امکانات در اختیارمان است، اما نحوه تهیه آنها به مراتب گران و سخت شده و این شرایط متفاوتی را ایجاد کرده که باید با تدبیر و تدبر با آن روبرو شویم و راهکارهای مناسبی پیدا کنیم تا به هر قیمت از قافله پیشرفت جهانی عقب نمانیم.

*** تولیدات داخلی تا چه اندازه توانست در شرایط تحریم، نیاز بازار را تامین کند؟**

واقعیت این است که اگرچه دستگاه‌هایی به شکل محدود

تولید شـــده، ولی به این دلیل که ابزارها و تجهیزات چشم‌پزشـــکی از تکنولوژی بســـیار بالایی برخوردارند و عمده دســـتگاه‌ها یا دارای سیستم اپتیک بسیار دقیق هســـتند، یا مدارهای الکترونیکی بسیار پیچیده‌ای دارند و یا سیســـتم لیزر بسیار پیشـــرفته‌ای در آنها بکار رفته اســـت، تولید آنها آسان نیست. توجه داشته باشید که خداوند دنیایی سرشـــار از عظمت را در کره ای به قطر ۲ و نیم ســـانتیمتر به اســـم چشم جای داده اســـت که راه ارتباطی ما با عظمت دنیای بیرون اســـت و همکاران چشم‌پزشـــک و جرّاح ما می‌خواهند از این دریچه کوچکی که رو به دنیای بزرگ باز می‌شود، کارهای حساس و ظریف انجام دهند. پس باید تکنولوژی خیلی پیشرفته باشد تا بتوان کارهای اینچنین حساس در مقیاس میکرونی را به نحوی انجام داد که چشـــم آســـیب نبیند. بنابراین تجهیزات پزشکی در حوزه چشم باید از تکنولوژی بالایی برخوردار باشد. به همین دلیل هنوز در این زمینه آنچنان که باید و شـــاید در حوزه تولیـــدات داخلی به نتیجه مطلوب نرسیده‌ایم. اما خوشـــبختانه در ارتباطاتی که داریم متوجه شـــده‌ام افراد متعـــددی در این زمینه تلاش می‌کنند تا کشـــورمان از جهت تولید تجهیزات پزشـــکی و تکنولـــوژی روز دنیا خود را به کشورهای پیشرفته برساند.

*** تربیت نیروی جوان انســـانی یکی از فعالیت‌هایی است که مرکز چشم‌پزشکی بصیر در سال‌های گذشته انجام داده و در جذب نیروی خوب در حوزه چشم‌پزشـــکی هم سرآمد بوده است. در این زمینه فعالیت‌ها به چه صورت بوده است؟**

همانطور که اشـــاره کردم مراکز خصوصی شـــرایط خاص خود را دارنـــد و جایی برای آزمون و خطـــا ندارند. افرادی در یک مرکز خصوصی فعالیت می‌کنند که دوره آزمون و خطا را گذرانده و آماده انجام کار حرفه‌ای باشـــند. در این زمینه هم بصیر متفاوت عمل کرد و مـــا از همکارانی جوان و نخبه که می‌دانســـتیم آینده درخشـــانی دارنـــد دعوت به همـــکاری کردیم و همه گونه امکانـــات در اختیار آنها گذاشـــتیم و اکنون هر یک از آنها برای خود استادی شده و در کار خود می درخشـــند و در سطح منطقه شـــهره هستند. همانطور که اشـــاره کردید تربیت نیروی انسانی جوان از امور مهمی بوده که همواره در مرکز بصیر مد نظر قرار داشته ودارد.

*** به عنوان ســـوال آخر؛ آخرین کتابی که مطالعه کردید چه بوده؟**

کتاب «چک لیســـت» نوشـــته آتول گوانده که خود او نیز یک جراح بود را با ترجمه مریم شـــبیری خواندم که کتاب بسیار جالبی بـــود. در این کتاب به افراد توصیه می‌شـــود که اگـــر همه ما برای انجام هر کاری یک چک‌لیســـت از قبل تهیه کنیم و بدانیم هرکاری کـــه می‌خواهیم انجام دهیم چـــه مراحلـــی دارد، بهترین نتیجه به دســـت می‌آید و کمتر به خطا می‌رویم. بنده مطالعه این کتاب را به خوانندگان توصیه می‌کنم.

سازوکار اپتیکی تصویربرداری به روش OCT

دکتر محسن شادمهری
دانشیار گروه فیزیک دانشگاه گلستان

سرشت نور همواره مورد توجه دانشمندان بوده است. نور در حالی‌که تحت شرایطی به گونه‌ای رفتار می‌کند که گویی «ذره» است؛ تحت شرایطی دیگر طوری رفتار می‌کند که برای توصیف آن باید ماهیتی موجی در نظر گرفت. این دوگانگی یکی از چالش‌های بزرگ فیزیک معاصر است. نکته شگفت‌انگیز اینجاست که دلیل این دوگانگی موج و ذره را نمی‌دانیم؛ ولی می‌توانیم ابزارهای بسیار سودمندی مبتنی بر سرشت موجی و یا ذره‌ای نور بسازیم که به خوبی کار کنند. یعنی به نوعی «ابزارگرایانه» از نور استفاده کنیم، بدون اینکه هنوز ماهیت واقعی آن را بشناسیم. ابزارهای اپتیکی گوناگون در عرصه‌های مختلف از مهندسی و پزشکی گرفته تا نجوم و فیزیک ساخته شده‌اند. این ابزارها به خوبی کار می‌کنند. به‌ویژه ابزارهای سنجش دقیق. امروزه ابزارهای سنجش دقیق، در کارهایی نظیر اندازه‌گیری دقیق فاصله، ابعاد و یا حتی دیدنِ ساختارهایی که به راحتی قابل رویت نیست، جایگاه ویژه‌ای دارند. برخی از این ابزارها بر پایه رفتار موجی و یا ذره‌ای نور ساخته شده‌اند. یکی از این ابزارها که در چشم پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (OCT) نام دارد که کوتاه‌نوشتِ Optical Coherence Tomography است. نام کامل این ابزار را می‌توان «توموگرافی (برش‌نگاری) همدوس نوری» ترجمه کرد. اما این ابزار بسیار سودمند که برای معاینه و تصویربرداری دقیق از چشم استفاده می‌شود، چگونه کار می‌کند؟ اساس و سازوکار فیزیکی عملکرد این دستگاه چیست؟

برای پاسخ به این پرسش، بهتر است نام دستگاه را دقیق‌تر بررسی کرده و برخی از خصوصیات توصیف موجی نور را مرور کنیم. وقتی از توصیف موجی نور صحبت می‌کنیم، یعنی آن را به صورت یک موج الکترومغناطیسی در نظر می‌گیریم. امواج الکترومغناطیسی با سرعت ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه منتشر می‌شود. یک موج الکترومغناطیسی، نوسانات منظم میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی است. امواج الکترومغناطیسی گستره بسیار وسیعی را شامل می‌شود. امواج رادیویی، پرتو گاما، ایکس، پرتوهای فروسرخ و فرابنفش و حتی نور مرئی همگی در طیف امواج الکترومغناطیسی قرار می‌گیرند. جیمز کلارک ماکسول موفق شد نظریه‌ای برای توصیف امواج الکترومغناطیسی ارائه کند که امروزه اساس همه ابزارها و پدیده‌های مرتبط با امواج الکترومغناطیسی است. در نتیجه، برای توصیف موجی نور نیز از این نظریه استفاده می‌شود. از این پس می‌توانیم نور را همانند یک نوسان میدان الکتریکی (و یا میدان مغناطیسی) در نظر بگیریم.

جالب اینجاست که پیش از ظهور نظریه الکترومغناطیس ماکسول، برای برخی پدیده‌های نوری شناخته شده هیچ توجیهی وجود نداشت. ولی امروزه می‌توانیم بر اساس توصیف موجی نور، آنها را به خوبی توضیح دهیم. اتفاقاً اساس کار ابزار (OCT)، یکی از همین پدیده‌های شگفت‌انگیز اپتیک موجی، «تداخل» نام دارد.

برای درک مفهوم تداخل، یک مثال ساده در نظر می‌گیریم: فرض کنید درون برکه‌ای یک سنگ پرتاب می‌کنیم. دیده‌اید که پس از برخورد سنگ با آب، دسته‌ای از امواج دایره‌ای متحدالمرکز روی سطح آب ایجاد می‌شوند. این امواج سطحی، دایره‌هایی به مرکز برخورد سنگ با آب هستند. پس از ورود سنگ به داخل آب ایجاد و بعد به سمت بیرون منتشر می‌شوند. این امواج سطحی، در واقع مکانیکی هستند؛ ولی همانندِ هر موج دیگری با یک طول موج و یا بسامدی قابل توصیف هستند. محل برخورد سنگ با آب برکه همانند یک چشمه موج دایره‌ای عمل می‌کند. تفاوت اصلی موج مکانیکی و موج الکترومغناطیسی، علاوه بر سرعت انتشار آنها، در آنِ است که برای انتشار موج مکانیکی به محیط مادی نیاز داریم. مثلاً صوت یک موج مکانیکی است و در خلأ منتشر نمی‌شود. اما امواج الکترومغناطیسی برای انتشار نیازی به محیط مادی ندارند. مثلاً امواج فروسرخ و حتی نور می‌تواند فضای خالی کیهان را طی کرده و به

زمین برسد.

حال تجسم کنید دو سنگ با فاصله کمی از یکدیگر همزمان وارد آب برکه شـــوند. در این صورت، محل برخورد هر یک از ســـنگ‌ها با آب برکه همانندِ یک منبع مـــوج عمل می‌کند. یعنی گویی دو منبع موج مکانیکی نزدیک به یکدیگر داریم. این امواج ســـطحی روی آب منتشر می‌شـــوند. اما وقتی به یکدیگر می‌رسند آن چه دیده می‌شود نتیجه «تداخل» دو موج اســـت. اگر در یک نقطه مشخص روی سطح آب همزمان بیشـــینه یک موج به کمینه موج دیگر برســـد، آن نقطه مورد نظر نوسانی نخواهد داشت و به آن تداخل ویرانگر گفته می‌شود. ولی وقتی دو بیشینه موج همزمان به نقطه‌ای برسند، نوسان سطحی آب بیشـــترین مقدار ممکن را خواهد داشت و تداخل سازنده نامیده می‌شـــود. به بیان دیگر، تداخل دو موج ســـبب خواهد شد الگویی از ناحیه‌هایی به وجود آید که هیچ نوســـانی ندارنـــد و در مقابل برخی نواحی بیشـــترین نوسان ممکن را دارند. این که هر نقطه از سطح آب به دلیل تداخل دو موج چه وضعیتی خواهد داشت، به فاصله آن نقطه از هر یک از منابع موج بستگی دارد.

مثال ســـاده فوق کمک می‌کند تـــا درک بهتری از پدیده تداخل پرتوهای نور داشته باشـــیم. در واقع، پرتوهای نور هم تحت شرایطی می‌توانند تداخل کنند و الگوهای تداخلی به وجود آورند. شرط تداخل پرتوهای نور این اســـت که دقیقاً هم‌فرکانس باشند. اما وضعیت این پرتوها از نظر زمان رسیدن به وضعیت بیشترین دامنه نوسان می‌تواند با یکدیگر متفاوت باشـــد. چنین تفاوتـــی به بیان دقیق‌تر اختلاف فاز نام دارد. همچنین پرتوهای هم‌فرکانســـی که ممکن است اختلاف فاز داشـــته باشـــند، اصطلاحاً پرتوهای همدوس گفته می‌شود. بنابراین پرتوهای مشارکت کننده، هنگام تداخل باید همدوس باشند.

توماس یانـــگ، فیزیکدان بریتانیایی در ابتدای قرن نوزدهم آزمایشـــی را طراحـــی و اجرا کرد که بـــه خوبی الگوهای تداخلی ناشـــی از پرتوهای نور را نشـــان می‌دهد. این آزمایش نقشـــی کلیدی در پذیرش نظریه موجی نور داشت.

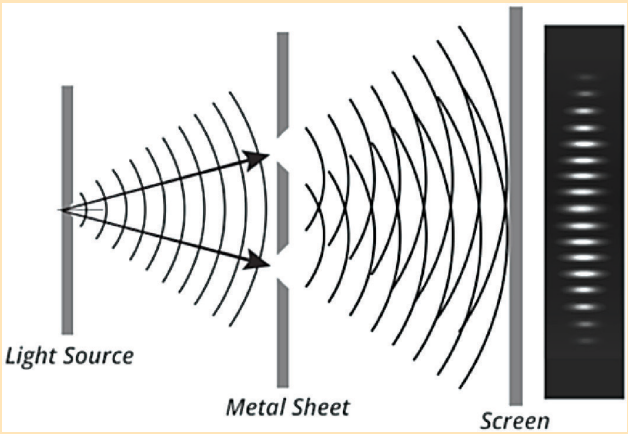
در آزمایـــش دو شـــکافی یانـــگ، یـــک منبع نور به ســـمت دو شـــکاف تابانده می‌شود. هر یک از ایـــن شـــکاف‌ها همانند یک منبع مـــوج ثانویه عمل می‌کنند. زمانی کـــه این پرتوها به یک پرده می‌رسند، نوارهای تاریک و روشن پدیدار می‌شود. انـــدازه و ابعاد این الگوهـــای تداخلی به طول موج نور و فاصله پرده بستگی دارد. آزمایش دو شکافی یانگ سرآغاز تحولی بزرگ بود. در واقع، آزمایش‌ها و ابزارهای نـــوری زیادی بر مبنای یافته‌های آزمایش یانگ طراحی و اجرا شدند.

با ظهور نظریه الکترومغناطیس ماکسول امکان فرمولبندی نور به عنوان تابش الکترومغناطیسی فراهم شد. اما ممکن است این پرسش مطرح شـــود که پدیده تداخل چه ارتباطی با (OCT) دارد؟ این ابزار در واقع، به نوعی از سرشـــت موجی نور بهره می‌گیرد. اما برای درک دقیق‌تـــر نحـــوه کار آن ناگزیریم حکایت یکی دیگـــر از آزمایش‌های تاریخ‌ســـاز فیزیک یعنی «تداخل‌سنج مایکلســـون- مورلی» را مرور کنیم.

مایکلســـون و مورلی این تداخل‌ســـنج را در سال ۱۸۸۷ میلادی در آزمایشـــی مشهور به مایکلســـون- مورلی به کار بردند. البته هدف این آزمایش تعیین ســـرعت نور بود که بعدها اینشـــتین از نتایج آن برای پایه‌ریزی نظریه نسبیت خاص استفاده کرد. این نوع پیکربندی در عرصه‌های وسیعی از مبحث آشکارسازی امواج گرانشی گرفته تا طیف‌سنجی و یا حتی بررســـی لایه‌های جوّی مورد استفاده قرار گرفت.

توماس یانگ (۱۸۲۹-۱۷۷۳)

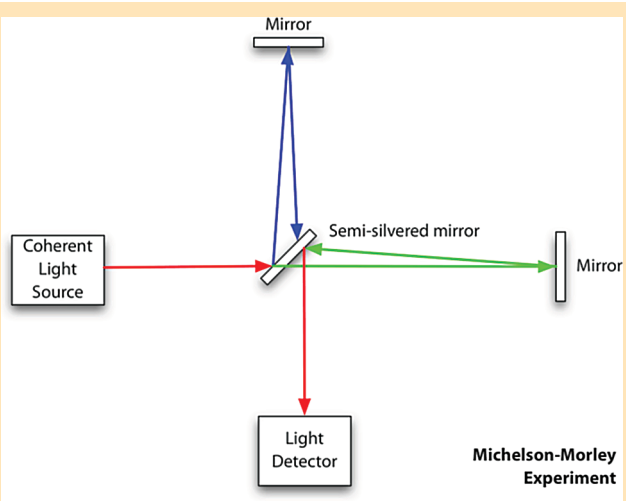
در دســـتگاه (OCT) نیز به لحـــاظ اصولی از پیکربندی همانند تداخل‌سنج مایکلسون استفاده می‌شود. بنابراین، شـــاید مناسب باشد پیکربندی این آزمایش را مرور کنیم. یک منبع نور همدوس پرتویی را به ســـمت یک تقســـیم‌کننده می‌تاباند. این تقســـیم‌کننده در عمل، نیمی از پرتو را عبور و نیمی دیگـــر را همانند یک آینه بازتاب می‌دهد. پرتو بازتابیده به ســـمت آینه دیگر فرستاده شده و دوباره از ســـوی آن بازتابیده می‌شـــود. پرتو عبوری هم به ســـمت آینه دوم ارســـال می‌شـــود و پس از بازتاب به سمت تقسیم‌کننده باز می‌گردد. در نتیجه، در محل تقســـیم‌کننده، دو پرتو بازتابی داریم که



آزمایش دو شکاف یانگ بر اساس ماهیت موجی نور قابل توجیه است.

هر یک مسیر رفت و برگشت تا یک آینه را طی کرده‌اند. توجه داریم که این پرتوها همدوس بودند. اما به دلیل مسافت‌هایی که طی کرده‌اند ممکن است اختلاف فاز پیدا کرده باشند. در نتیجه، پس از آن که به هم برسند، ممکن است تداخل سازنده یا ویرانگر داشته باشند. به بیان دیگر، الگوهای تداخلی تشکیل می‌دهند که شکل الگوها به فاصله هر یک از آینه‌ها تا تقسیم‌کننده بستگی دارد. رابطه‌های دقیق ریاضی مبتنی بر توصیف موجی نور بین شکل الگوهای تداخلی و فاصله‌های هر یک از آینه‌ها و طول موج نور وجود دارد. بنابراین، با بررسی دقیق الگوهای تداخلی، می‌توان فاصله هر یک از آینه‌ها را با دقت فوق‌العاده زیادی تعیین کرد.

حال تجسم کنید یک بافت را به جای یکی از آینه‌ها قرار دهیم. طبیعی است که این بافت با توجه به ساختار و ترکیباتش می‌تواند بازتابنده بخشی از نور دریافتی باشد. در نتیجه، الگوهای تداخلی ایجاد خواهد که شکل و اندازه آنها به خصوصیات بافت بستگی دارد. در واقع، این امکان وجود دارد که با توجه به شکل الگوهای تداخلی به نوعی شکل و مشخصات بافت بازتابنده را بازآفرینی کرد. این دقیقاً همان کاری است که در دستگاه (OCT) انجام می‌شود: ابزاری که از نور همدوس استفاده می‌کند تا بر اساس الگوهای تداخلی بازتابیده از بافت مورد نظر در چشم، وضعیت آن را مشخص کند. البته آن چه شرح داده شد اصول فیزیکی این دستگاه است. در واقع از نظر فناوری بازآفرینی تصاویری به دست آمده بر اساس الگوهای تداخلی نیاز به محاسبات دقیق و بسیار پیچیده دارد.



پیکربندی تداخل‌سنج مایکلسون

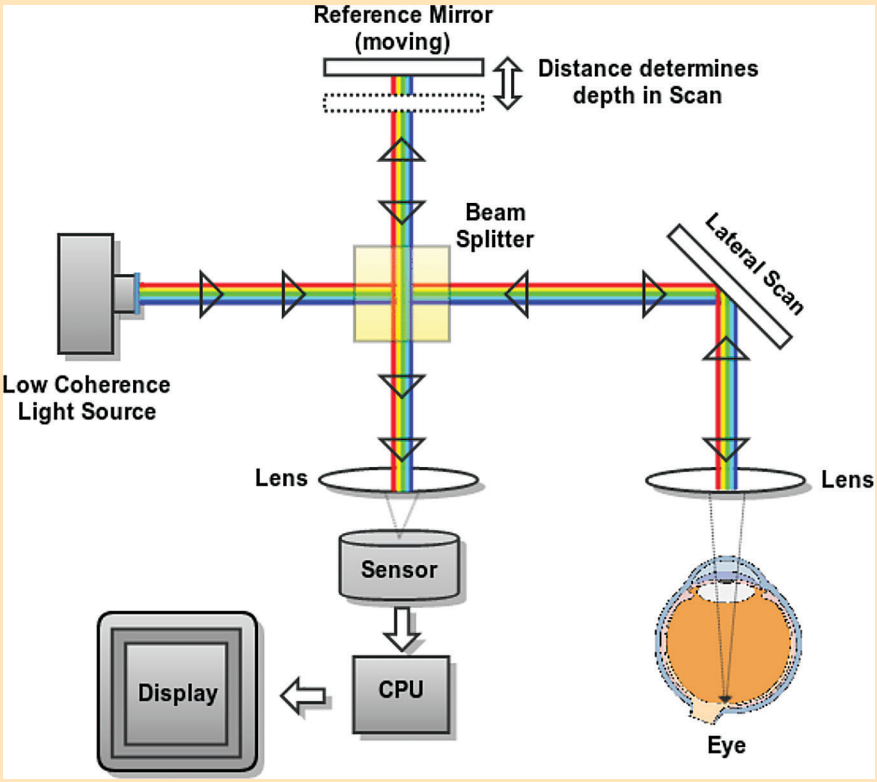
آلبرت آبراهام مایکلسون

در دستگاه‌های (OCT) معمولاً از تابش همدوس در بازه طول موجی نزدیک فروسرخ استفاده می‌شود که توانایی نفوذ تا عمق چند صد میکرون در بافت را دارد. توان تفکیک (OCT) بسیار بیشتر از سایر روش‌های تصویربرداری نظیر اولتراسوند و MRI است. توان تفکیک دستگاه‌های (OCT) معمولاً بین ۵ تا ۲۰ میکرومتر است. در واقع، ابزارهای اندازه‌گیری مبتنی بر تداخل‌سنجی، عموماً دقت بسیار زیادی دارند.

البته این دستگاه از سال ۱۹۹۶ میلادی که وارد بازار شد، تاکنون پیشرفت‌های زیادی کرده است. دستگاه‌های جدید از فناوری‌های نوینی استفاده می‌کنند. ابتدا فناوری Time-domain OCT عرضه شد؛ ولی کیفیت تصاویر مطلوب نبود و بعلاوه سرعت پردازش کند بود. سپس فناوری spectral domain OCT عرضه شد که کیفیت تصاویر به طرز محسوسی بهبود یافت و همچنین سرعت پردازش تصاویر بسیار کوتاه شد. در سال ۲۰۰۶ میلادی فناوری SPECTRALIS عرضه شد که در واقع ترکیب فناوری spectral domain OCT با افتالموسکوپ لیزری است. ابزار (OCT) عرصه‌ای رو به رشد است که باید شاهد تحولات شگرفی در آن باشیم.

یکی دیگر از انواع دستگاه (OCT)، توموگرافی همدوس نوری بخش قدامی یا به اختصار (AS-OCT) است که آن هم بر تکنیک ضبط (OCT) مبتنی است؛ یک فناوری تصویربرداری غیرتهاجمی پرکاربرد که تصاویر عرضی با جزئیات بالا (توموگرافی) از ساختارهای داخلی اصلی بافت‌های بیولوژیکی ارائه می‌کند. شکل زیر یک پیکربندی نوری معمولی یک سیستم اکتساب اولیه (OCT) را نشان می‌دهد. برای به دست آوردن تصویر (OCT)، دستگاه یک پرتو نور را به صورت جانبی اسکن می‌کند و یک سری اسکن محوری با اطلاعاتی در مورد شدت سیگنال بازتابی به عنوان تابعی از عمق ایجاد می‌کند. همانطور که ذکر شد، فناوری (OCT) مبتنی بر تداخل‌سنج مایکلسون است و این پیکربندی شامل دو آینه است که یکی از آنها در فناوری (OCT)، نمونه‌های بافت چشمی است و دیگری به عنوان آینه مرجع عمل می‌کند. نور منعکس شده از نمونه‌های بافت چشمی با نور منعکس شده از آینه مرجع ترکیب می‌شود و مجموعه‌ای از اسکن‌های (OCT) بُرشی را تولید می‌کند.

توموگرافی همدوس نوری بخش قدامی (AS-OCT) در سال ۱۹۹۴ توسعه یافت و امروزه یکی از بهترین روش‌هایی است که در مطالعه اتاقک یا بخش قدامی، ناحیه یک سوم قدامی چشم از سطح پشتی قرنیه تا عدسی کریستالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از آن نیازی به تماس ندارد، زیرا برای بیمار غیرتهاجمی است و تصاویری از هر دو بخش قدامی و خلفی ایجاد می‌کند. این تصاویر،

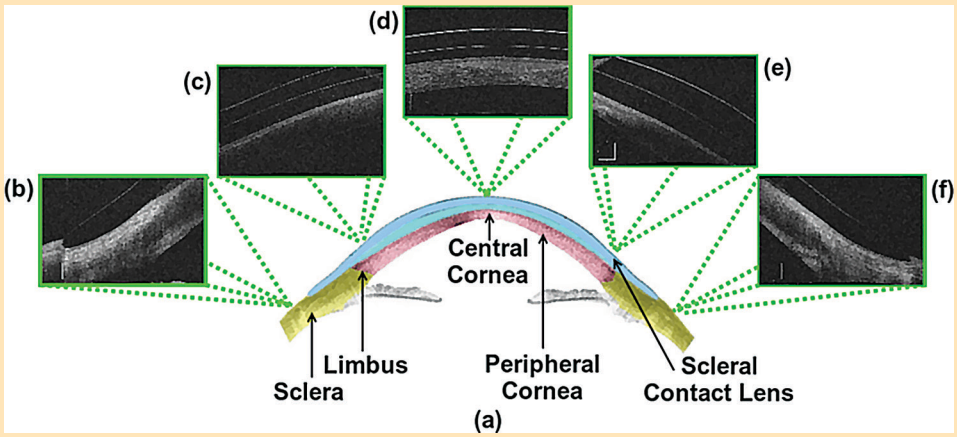


طرحواره یک سیستم تصویرگیری (OCT)

می کنـــد و میزان اطلاعات اســـتخراج شـــده از تصاویر را محدود می‌کند. شکل زیر، نمونه‌هایـــی از تصاویر (AS-OCT) را نشـــان می‌دهد که از مناطق مختلف چشم به دست آمده‌اند.

معرفی انواع دســـتگاه‌های (OCT) هدف این نوشتار نیست و تنها یک نمونه به عنوان مثال، کمی مشـــروح‌تر معرفی شد. نباید فراموش کرد اصول فیزیکی هر یک از این فناوری‌های نوین و محاسبات مربوط به آنها بســـیار پیچیده اســـت و در این مجـــال نمی‌گنجد. ولی همچنان اســـاس همه آنها، تصویرسازی بر اساس الگوهـــای تداخلی به عنـــوان جلوه‌ای از سرشـــت موجی نور اســـت. دانشمندانی مثـــل یانگ و یـــا مایکلســـون هیچ‌گاه تصـــور نمی‌کردنـــد که زمانـــی به یاری دســـتاوردهای آنها، امکان تصویربرداری از بافت‌های درون چشـــم انسان با دقتی باورنکردنی فراهم شود.

امکان مطالعه ضخامت و حجم کل قرنیه و همچنین بیومتری دوربیـــن، داشـــتن کاربرد در نصب لنزهای تماســـی (CL)، تشـــخیص و ارزیابـــی بالینی، برنامه‌ریـــزی جراحی و نظارت بر بیماران مبتلا به بســـیاری از بیماری‌های چشـــمی را فراهم می‌کند. علاوه بـــر این، امکان تشخیص تغییرات ریزساختاری در قرنیه بیمار نیز توســـط این دســـتگاه فراهم می‌شود و برای مطالعـــه ویژگی‌های رابطه بین (CL) و قرنیه بسیار مفید است. با این حال، فقـــدان رویه های خودکار نیاز به مطالعه دســـتی توسط متخصصان بالینی دارد و این روند را بســـیار دشـــوار



نمایش شـــماتیک تصاویر توموگرافی انسجام نوری بخش قدامی (a) .(AS-OCT) یک مثال گویا از بخش قطب قدامی، شـــامل صلبیه، لیمبوس، قرنیه مرکزی، قرنیه محیطی و لنز تماسی صلبیه. (b ، f) نواحی منتهی الیه SCL که در آن لایه بیرونی لایه ای اســـت که با صلبیه در تماس است. (c ، e) قرنیه محیطی و ناحیه لیمبوس که در آن لایه‌های داخلی SCL به تدریج نزدیک می‌شوند و در نهایت به صلبیه می‌پیوندند. (d) قرنیه مرکزی که در آن SCL همیشه از قرنیه فاصله دارد.

مطالعات مؤسسه پزشکی پن نشان می دهد؛

ژن‌درمانی دید در شبِ بزرگسالان مبتلا به نابینایی مادرزادی را بهبود می‌بخشد

مترجم: جهانگیر شاه‌ولد

به گزارش پرتو بصیر و به نقل از مؤسسه پزشکی پن، محققان مؤسسه چشم شای[1] در دانشکده پزشکی دانشگاه پنسیلوانیا می‌گویند: «بزرگسالان مبتلا به نوعی نابینایی ژنتیکی در دوران کودکی، طی چند روز پس از دریافت ژن‌درمانی آزمایشی، بهبود قابل‌توجهی از دید در شب را تجربه کرده‌اند».

این بیماران به آموروزیس مادرزادی لبر (LCA) مبتلا بودند که یک کوری مادرزادی ناشی از جهش در ژن GUCY2D است. محققان که یافته‌های خود را در مجله آی‌ساینس[2] گزارش کرده‌اند، ژن درمانی (AAV)[3] را که DNA نسخه سالم ژن را حمل می‌کند، به شبکیه یک چشم هر یک از بیماران، مطابق با پروتکل کارآزمایی بالینی وارد کردند. چند روز پس از درمان، عملکرد بینایی چشم تحت

درمان با واسطه سلول‌های گیرنده نوری میله‌ای بسیار بهبود پیدا کرد. سلول‌های میله‌ای به شدت به نور حساس هستند و بیشترین توان انسان برای دید در نور کم بر پایه همین سلول‌ها استوار است.

دکتر ساموئل جی. یاکوبسن استاد چشم‌پزشکی در پن و سرپرست تیم تحقیق می‌گوید: «این نتایج هیجان‌انگیز نشان می‌دهد که در برخی موارد ابتلا به LCA، دستگاه مولکولی پایه انتقال نور تا حد زیادی دست‌نخورده باقی می‌ماند و بر همین اساس می‌تواند حتی پس از دهه‌ها نابینایی، تحت درمان ژن‌درمانی قرار گیرد».

آموروزیس مادرزادی لبر (LCA)، یکی از شایع‌ترین نابینایی‌های مادرزادی است که تقریباً از هر ۴۰ هزار نوزاد، یک نفر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. درجه از دست دادن بینایی می‌تواند از یک بیمار LCA به بیمار دیگر متفاوت باشد، اما همه این بیماران از ماه های اولیه زندگی دچار ناتوانی شدید بینایی هستند. بیش از دوجین ژن وجود دارد که اختلال در عملکرد آنها می تواند باعث LCA شود.

1 Scheie Eye Institute

2 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004222015462

۳ ویروس‌های همبسته با آدنو (Adeno-associated viruses) یا (AAV) ویروس‌های کوچکی هستند که انسان و برخی از گونه‌های پستانداران دیگر را آلوده می‌کنند. این ویروس‌های کوچک (با قطر تقریبی ۲۶ نانومتر) دارای نقص در همانندسازی و بدون پوشش هستند و ژنوم خطی تک‌رشته‌ای DNA تقریباً ۴/۸ کیلوباز (kb) دارند. در حال حاضر (AAV) مسئول ایجاد بیماری خاصی نیست. این ویروس‌ها پاسخ ایمنی بسیار خفیفی ایجاد می‌کنند. چندین ویژگی اضافی، (AAV) را به یک کاندید جذاب برای ایجاد ناقل‌های ویروسی با هدف ژن‌درمانی و برای ایجاد مدل‌های بیماری ایزوژنیک انسانی تبدیل می‌کند. ناقل‌های ژن‌درمانی با استفاده از (AAV) می‌توانند سلول‌های در حال تقسیم و ساکن را آلوده کنند و در حالت خارج کروموزومی بدون ادغام در ژنوم سلول میزبان باقی بمانند. با این حال، در ویروس بومی، ادغام ژن‌های حامل ویروس در ژنوم میزبان اتفاق می‌افتد. آزمایش‌های بالینی انسانی اخیر با استفاده از AAV برای ژن درمانی در شبکیه چشم امیدبخش بوده است- ویراستار.

تصویر ۱: دکتر سایدسیان و دکتر یاکوبسن، محققین پن در کارآزمایی بالینی نابینایی دوران کودکی.

بیش از ۲۰ درصد موارد LCA ناشی از جهش در ژن GUCY2D است؛ ژنی که یک پروتئین کلیدی مورد نیاز در سلول‌های گیرنده نور شبکیه را برای «آبشار انتقال نوری» کد می‌کند - فرآیندی که نور را به سیگنال‌های عصبی تبدیل می‌کند. پیش‌تر، مطالعات تصویربرداری نشان داده بود که در بیماران مبتلا به این فرم از LCA، سلول‌های گیرنده نوری، به‌ویژه در مناطق غنی از میله، نسبتاً حفظ شده‌اند که نشان می‌دهد انتقال نوری مبتنی بر میله در صورت وجود GUCY2D، می‌تواند دوباره کار کند. نتایج اولیه با دوزهای پایین ژن‌درمانی، که سال گذشته گزارش شد، با این ایده سازگار بود.

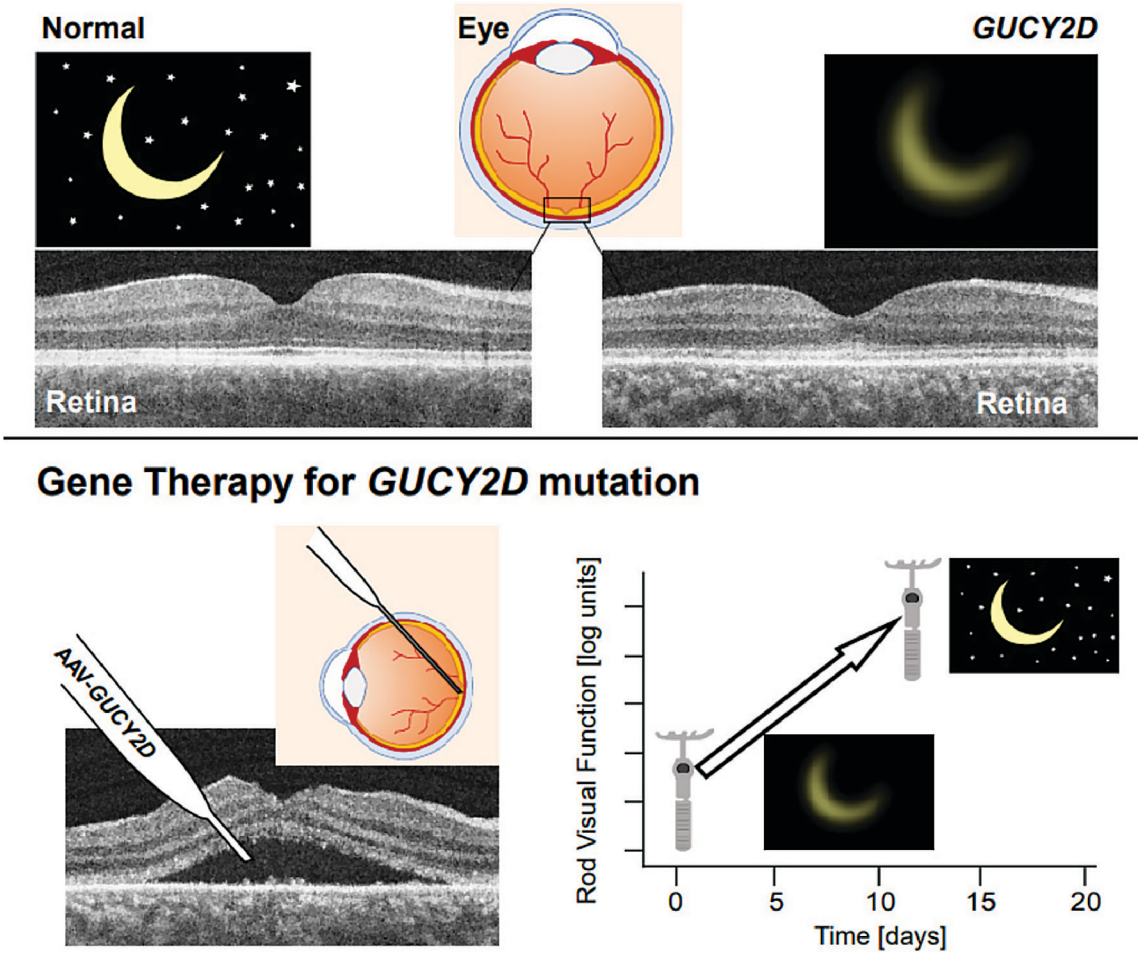
محققان از دوزهای بالاتری از ژن‌درمانی را در دو بیمار (یک مرد ۱۹ ساله و یک زن ۳۲ ساله که به طور خاص نقص بینایی مبتنی بر میله داشتند) استفاده کردند. این دو بیمار اگرچه در نور روز دچار اختلال می‌شدند، با این حال تا حدی عملکرد بینایی داشتند. اما در شب، با حساسیت نوری حدود ۱۰ هزار تا ۱۰۰ هزار برابر کمتر از حد طبیعی عملاً نابینا بودند.

محققان این درمان را فقط برای یک چشم در هر بیمار انجام دادند، بنابراین چشم درمان‌شده را می‌توان با چشم درمان‌نشده مقایسه تا اثرات درمان را اندازه‌گیری کرد. جراحی شبکیه توسط دکتر آلن سی هو، استاد چشم‌پزشکی در دانشگاه توماس جفرسون و بیمارستان چشم ویلز انجام شد. آزمایش‌ها نشان داد که در هر دو بیمار، چشم‌های درمان‌شده هزاران بار در شرایط کم‌نور به نور حساس‌تر شدند و به طور قابل‌توجهی نقایص بینایی اولیه اصلاح شد. محققان در مجموع برای اندازه‌گیری حساسیت به نور و دید عملکردی بیماران از ۹ روش تکمیلی استفاده کردند که مواردی نظیر آزمون مهارت‌های حرکت در اتاق کم‌نور و آزمایش پاسخ غیرارادی مردمک به نور را هم شامل می‌شد. این آزمایش‌ها به‌طور مداوم پیشرفت‌های عمده‌ای را در دید مبتنی بر میله و در نور کم نشان داد و بیماران نیز به پیشرفت‌های عملکردی در زندگی روزمره‌شان اشاره کردند. مثلاً تاکید داشتند که «اکنون می‌توانند اشیاء و افراد را در تاریکی تشخیص دهند».

دکتر آرتور سایدسیان، استاد پژوهشگر چشم‌پزشکی در پن و یکی از نویسندگان این مطالعه افزود: «سرعت بهبود پس از درمان قابل‌توجه بود و هر دو بیمار در عرض هشت روز، اثربخشی قابل اندازه‌گیری را نشان دادند».

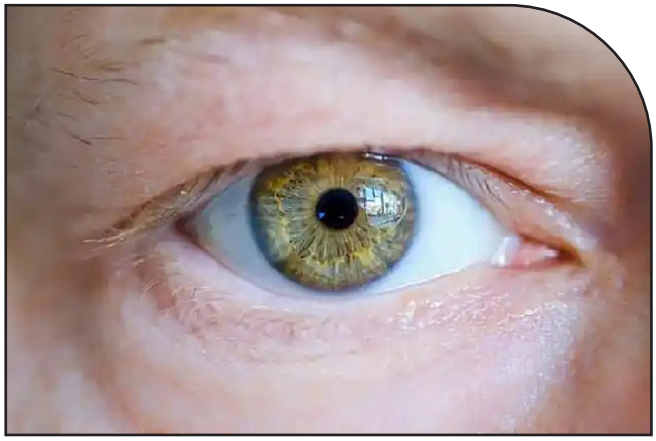
نتایج، محققان را قانع کرده است که ژن‌درمانیِ GUCY2D، عملکرد گیرنده‌های نوری مبتنی بر میله را بازیابی می‌کند و هر چه اختلال عملکرد مبتنی بر میله در بیماران GUCY2D-LCA شدیدتر باشد، احتمالاً مزایای بیشتری از این درمان حاصل خواهد شد. نتیجه و راهکار پیشنهادی عملی این است که باید بر اندازه‌گیری‌های دید میله‌ای در غربالگری کاندیدهای LCA و نظارت بر آنها در طول کارآزمایی درمانی تاکید شود.

مؤسسه پزشکی پن (Penn Medicine) یکی از مراکز پزشکی آکادمیک پیشرو در جهان است که به اهدافی مرتبط با آموزش پزشکی، تحقیقات زیست‌پزشکی و افزایش کیفیت در مراقبت از بیمار را دنبال می‌کند. مؤسسه پزشکی پن متشکل از دانشکده پزشکی ریموند و روث پرلمن در دانشگاه پنسیلوانیا (تاسیس شده در سال ۱۷۶۵ به عنوان اولین دانشکده پزشکی آمریکا) و سیستم بهداشتی دانشگاه پنسیلوانیا است.



شکل ۲: بالا سمت چپ: تصویر دید در شب طبیعی و تصویر سطح مقطع طبیعی شبکیه. بالا سمت راست: کاهش بینایی در نتیجه جهش در ژن GUCY2D؛ تصویرِ تقریباً نرمال شـــبکیه بیمار، توجیهی است بر آنکه چرا در ابتدا ژن‌درمانی توصیه شـــده است. سمت چپ پایین: روش ژن‌درمانی که به صورت تزریق زیر شبکیه نشان داده می‌شود. پایین سمت راست: نمودار دید در شب (عملکرد بصری میله ای) که طی روزهای پس از درمان به طور چشمگیری بهبود یافته است.

سلولاریس؛ دستگاهی جدید برای تشخیص زودهنگام اختلالات دژنراتیو چشم



مترجم: جهانگیر شاه‌ولد

محققان یک دستگاه چشم پزشکی جدید ساخته اند که می‌تواند مشکلات بینایی دژنراتیو مانند دژنراسیون ماکولا وابسته به سن (AMD) را مدت‌ها پیش از شروع اولین علائم تشخیص دهد.

به گزارش پرتو بصیر و به نقل از نوروساینس‌نیوز[1]، محققان آزمایشگاه EPFL [2] یک دستگاه چشم‌پزشکی ساخته‌اند که قادر است برخی از اختلالات دژنراتیو چشم را مدت‌ها پیش از شروع اولین علائم تشخیص دهد. در آزمایش‌های بالینی اولیه این دستگاه، نمونه ابتدایی تنها در پنج ثانیه تصاویری با دقت کافی تولید کرد.

تحقیقات در مورد درمان با هدف توقف یا کاهش پیشرفت اختلالات دژنراتیو چشمی که می‌تواند به نابینایی منجر شود، به سرعت در حال پیشرفت است؛ اما در حال حاضر هیچ دستگاهی وجود ندارد که بتواند این بیماری را قبل از ظهور اولین علائم به طور قابل اعتماد تشخیص دهد.

این اختلالات که شناخته‌شده‌ترین آنها دژنراسیون ماکولا وابسته به سن (AMD) است، شامل تغییراتی در گیرنده‌های نوری چشم می‌شود و علت اصلی همه آنها، زوال اپی‌تلیوم رنگدانه شبکیه (RPE) است. RPE لایه‌ای از سلول‌هاست که در پشت گیرنده‌های نوری قرار دارد.

دستگاهی که در آزمایشگاه دستگاه‌های فوتونیک کاربردی دانشگاه EPFL توسعه یافته است، تغییرات در RPE را قبل از شروع علائم مشاهده می‌کند و اولین تصاویر درون‌تنی (in vivo) که در آن می‌توان سلول‌ها را تمایز داد، در اختیار محققان قرار می‌دهد. پزشکان با کمک این قابلیت تشخیص زودهنگام، قادر خواهند بود این اختلالات را قبل از بروز علائم غیرقابل برگشت تشخیص دهند. نتایج اولین کارآزمایی بالینی در مقاله‌ای در ژورنال علم چشم‌پزشکی (Ophthalmology Science) منتشر شده است.

مشاهده تغییرات در سلول‌های پشت گیرنده‌های نوری

زوال RPE، علاوه بر ایجاد AMD، در تعدادی دیگر از اختلالات چشمی از جمله رتینیت پیگمانتوزا و رتینوپاتی دیابتی هم تاثیر دارد.

چندین گروه تحقیقاتی این سلول‌ها را در شرایط آزمایشگاهی (in vitro) و زیر میکروسکوپ مطالعه کرده‌اند تا بتوانند ویژگی‌های آنها را تعیین کرده و تغییرات مورفولوژیکی که با افزایش سن و همچنین با شروع و پیشرفت اختلالات شبکیه مانند AMD و رتینیت پیگمانتوزا رخ می دهد، مشاهده کنند. با این حال، تاکنون هیچ روش ساده و قابل‌اعتمادی برای مشاهده RPE در یک بیمار زنده (in vivo) برای تشخیص زودهنگام و نظارت مداوم بر این شرایط وجود نداشته است.

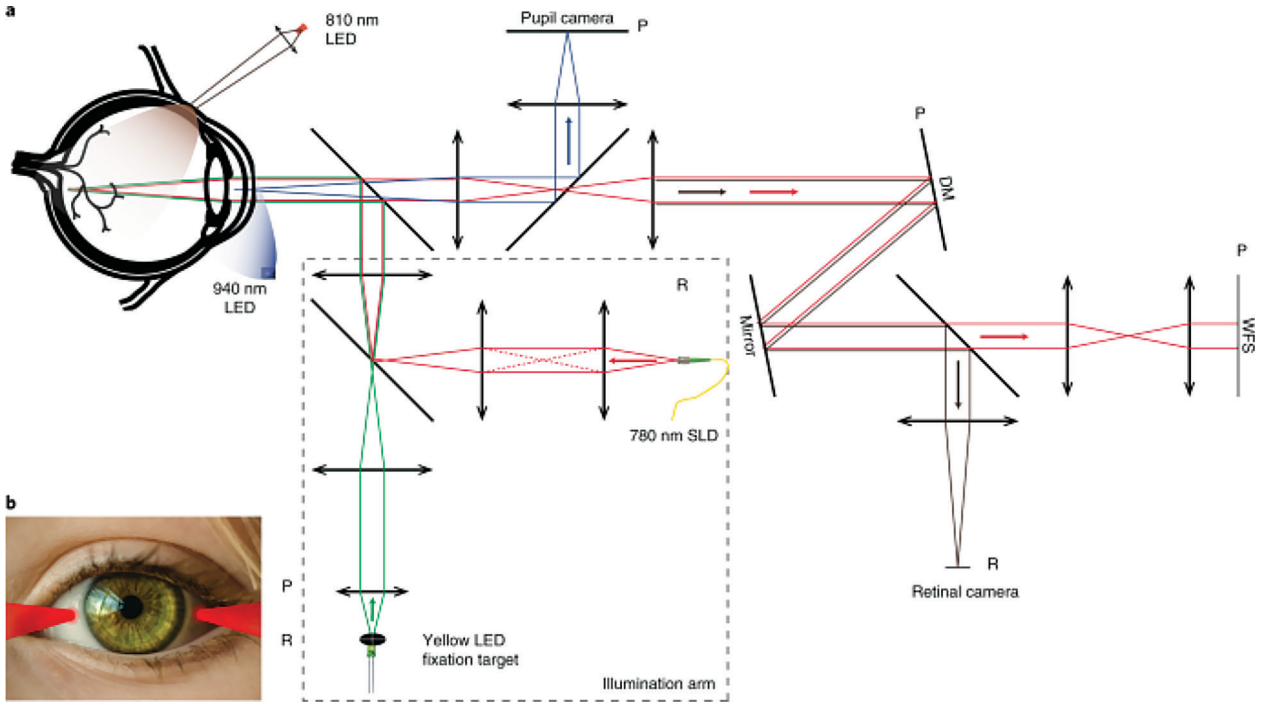
راه حل: پرتوهای مورب نور

تابحال تلاش زیادی برای طراحی دستگاهی انجام شده است که به پزشکان اجازه بررسی RPE را بدهد. اما همه این روش‌ها تاکنون به دلایلی نظیر وضوح ناکافی، نگرانی‌های ایمنی بیمار یا زمان بسیار طولانی قرار گرفتن در معرض تابش نور، با شکست مواجه شده است.

تیم EPFL یک دوربین شبکیه ساخت که دو پرتو مورب دارد و روی سفیدی چشم ردیف شده است. همراه با این دوربین، از یک سیستم

1 https://neurosciencenews.com/amd-eye-test-21748/

۲ دانشگاه فنی EPFL (www.epfl.ch) در سوئیس واقع شده است و یکی از فعال‌ترین و جهانی‌ترین موسسات علم و فناوری اروپا است- مترجم.



ساختار فیزیکی دستگاه سلولاریس: دو تیوب قرمز رنگ، پرتوهای نور دوربین را به صورت مورب به انتهای چشم می‌فرستند.

نوری تطبیقی استفاده می‌شود که اعوجاج در امواج نور را تصحیح می‌کند و در نتیجه تصویری واضح ایجاد می‌شود.

این فناوری که «تصویربرداری نوری ترنس‌اسکلرال»[1] نام دارد، مثل سیستم‌های تصویربرداری شبکیه فعلی، از پرتوهای نور مادون قرمز استفاده می‌کند.

اما به گفته کریستوف موزر[2]، رئیس آزمایشگاه دستگاه‌های فوتونیک کاربردی دانشگاه EPFL در دانشکده مهندسی، این دستگاه یک تفاوت اساسی دارد: «پرتوها به صورت مورب از طریق سفیدی چشم از دو سو به پشت چشم تابیده می‌شوند تا بر مشکل نور اضافی ناشی از سلول‌های گیرنده نوری مخروطی بسیار بازتابنده واقع در مرکز چشم- هنگام روشن شدن شبکیه از طریق مردمک- غلبه شود.

بعد از این مرحله، امواج نور هنگام خروج از مسیر مردمک، توسط دوربین دریافت می‌شود. هنگامی که اعضای گروه، اولین تصویر واضح را روی صفحه دیدند، بسیار هیجان‌زده شده بودند؛ زیرا اولین بار بود که این قسمت از بدن انسان با استفاده از یک دوربین تصویربرداری سازگار بالینی مشاهده می‌شد.

اولین کارآزمایی بالینی با حضور ۲۹ شرکت‌کننده

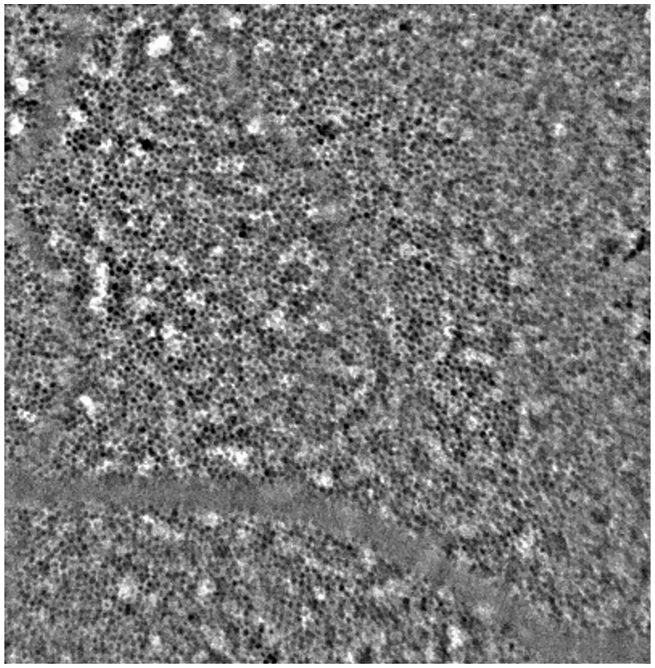
محققان یک نمونه اولیه بالینی را با زمان نوردهی کمتر از پنج ثانیه عملیاتی کردند. در این آزمایش، دوربین توانست ۱۰۰ تصویر خام را ثبت کند. سپس الگوریتم طراحی شده، تصاویر خام را با هم ترکیب می‌کند تا یک تصویر واحد و با کیفیت روی صفحه تولید کند.

نمونه اولیه دستگاه، معروف به سلولاریس (Cellularis)، به عنوان بخشی از یک پروژه تحقیقاتی اتحادیه اروپا و با مشارکت تیم پژوهشی فرانسین بهار کوهن[3] در مؤسسه ملی تحقیقات بهداشتی و پزشکی فرانسه (INSERM) در پاریس، و با مرکز تحقیقات بالینی در بیمارستان چشم ژول-گونین[4] در لوزان ساخته شد.

این دوربین سپس در یک کارآزمایی بالینی به رهبری ایرملا مانتل[5] پزشک متخصص در واحد پزشکی شبکیه چشم بیمارستان ژول-گونین مورد ارزیابی قرار گرفت. در این کارآزمایی، توانایی دستگاه برای تولید تصاویر RPE واضح در ۲۹ داوطلب سالم ارزیابی شد. در هر مورد، تصاویر تولید شده توسط دوربین به اندازه کافی دقیق بود تا ویژگی‌های مورفولوژیکی سلول‌های RPE شرکت‌کنندگان را تعیین کنند. این اطلاعات برای مشارکت در تحقیقات پزشکی در یک پایگاه داده ذخیره شد.

1 Transscleral Optical Imaging
2 Christoph Moser
3 Francine Behar-Cohen
4 Jules-Gonin Eye Hospital
5 Irmela Mantel

دستگاه سلولاریس؛ نمونه اولیه برای تشخیص بیماری‌های دژنراتیو چشمی پیش از بروز علائم



سلول‌های اپیتلیوم رنگدانه شبکیه (RPE) که با سلولاریس مشاهده شد

Neuroscience News.com

فن آوری جدید هوش مصنوعی در خدمت چشم و قلب

مترجم: جهانگیر شاه‌ولد

فنـــاوری جدید هوش مصنوعی قادر اســـت تغییرات شـــبکیه را تشـــخیص دهد و خطر انسداد سیاهرگ شـــبکیه را پیش‌بینی کند. محققان می‌گوینـــد از این فناوری می‌توان برای تشـــخیص خطرات حمله قلبی و سکته نیز استفاده کرد.

به گزارش پرتو بصیر و به نقل از نوروســـاینس[1]، محققان دانشگاه موناش استرالیا با اســـتفاده از هوش مصنوعی (AI) فناوری جدیدی ابداع کرده‌اند که تغییرات ظریف در شبکیه چشم را تشخیص می‌دهد و می‌توانـــد به میلیون‌ها نفر کمک کند تا از کاهش بینایی یا نابینایی در امان باشند.

مـــدل یادگیری عمیق شـــبکیه کـــه طی یک مطالعه سه‌ســـاله توسط دانشـــگاه موناش ایجاد شده، به پزشکان عمومی و متخصصان مراقبت‌های بهداشـــتی کمک می‌کند تا خطر انســـداد ورید شبکیه (RVO)[2] را شناســـایی و پیش‌بینی کنند. ورید شبکیه زمانی مسدود می‌شـــود که یک لخته خون، یک رگ در شـــبکیه چشـــم را مسدود می‌کند. این فناوری پتانســـیل پیش‌بینی خطر حملات قلبی و سکته را نیز دارد؛ زیرا شـــبکیه از طریق سیســـتم عصبی مرکزی با ســـایر قسمت‌های بدن ارتباط تنگاتنگی دارد.

این مطالعه که نتایج آن در ژورنال Eye منتشر شده، توسط گروه پزشـــکی هوش مصنوعی موناش واقع در مرکز تحقیقات الکترونیکی دانشگاه موناش انجام شده است.

پروفســـور زانگوان شـــی[3]، نویســـنده این مطالعه و محقق ارشد دپارتمان مهندســـی سیســـتم‌های برق و کامپیوتر می‌گوید: «RVO دومین بیماری شـــایع عروقی شـــبکیه در جهان است که حدود ۱۶ میلیون نفر تحت تاثیر آن هستند. اگر خیلی دیر تشخیص داده شود یا درمان نشـــود، می‌تواند به کاهش بینایی یا در برخی موارد نابینایی

1 https://neurosciencenews.com/ai-vision-stroke-22030/
2 retinal vein occlusion
3 Zongyuan Ge

کامل منجر شود».

RVO زمانی می‌تواند رخ دهد که رگ های چشـــم خیلی باریک باشـــند و احتمال بروز آن در افراد مبتلا به دیابت، فشـــار خون بالا یا سطح کلسترول بالا بیشتر است.

محققان در طول این مطالعه، یک مدل هوش مصنوعی را آموزش دادند تا بیش از ۱۰ هزار و پانصد تصویر فوندوس (عکس‌های پشـــت چشـــم) جمع‌آوری‌شده از بیمارســـتان چین غربی دانشگاه سیچوان را بررســـی کرده و اگر تمایزی بین آنهاســـت، مشخص کند. برخی از صاحبان عکس‌ها مبتلا به انســـداد ورید شـــبکیه بودند و برخی دیگر چشمان سالمی داشتند. استفاده از صدها هزار داده برای آموزش مدل هوش مصنوعی، امکان پیش‌بینی بسیار دقیق را فراهم کرد.

پروفســـور شی در ادامه افزود: «این فن‌آوری هوش مصنوعی قبلاً برای تشـــخیص بیماری‌های چشمی دیگری مانند رتینوپاتی دیابتی، گلوکوم یا آب مروارید مورد اســـتفاده قرار گرفته بود. با این حال، به ندرت پیـــش می‌آید که در یک مطالعه، تصاویـــر فوندوس به عوامل خطر بیماری عصبی و سیســـتمیک ربط داده شـــود. ما معتقدیم که ایـــن مطالعه، درک ما را از اینکه هـــوش مصنوعی واقعاً قادر به انجام چه کارهایی در تشـــخیص و مدیریت بیماری است، افزایش می‌دهد.

توانایـــی هوش مصنوعی برای انجام محاســـبات عظیم و لحاظ کردن عوامل ناشناخته و به ظاهر نامرتبط برای طبقه‌بندی، بسیار فراتر از توانایی‌ها و تفکر انسان است.»

ابزار الگوریتم می‌تواند ابـــزار قدرتمندی در اختیار پزشکان و چشم‌پزشکان باشد تا به کمک آن، خطـــر ابتلا بـــه RVO و ســـایر بیماری‌های قلبـــی عروقی و مغزی مانند ســـکته را در آینده پیش‌بینی کنند. باید توجه داشـــت که پزشکان به تخصص در زمینه هوش مصنوعی نیاز ندارند. تنهـــا چیزی که نیاز دارند، یک دوربین فوندوس «هوشمند» و یک پلت‌فرم رایانش ابری یکپارچه با الگوریتم هوش مصنوعی اســـت. این دوربین‌ها اکنون به طور گســـترده حتی در کشـــورهای در حال توسعه در دسترس است.

پروفسور شی در پایان گفت: «امیدواریم که با کمک این الگوریتم، بررسی سلامت عروق برای بیماران بسیار ارزان‌تر و در دسترس‌تر بشود. این مبلغ می‌تواند تا حدود ۲۰ تا ۴۰ دلار کاهش یابد که در مقایســـه با هزینه فعلی حدود ۳ هزار دلار برای اسکن MRI در کشورهای توسعه‌یافته، عدد بسیار پایینی است.»

مرکز تحقیقات سلامت
چشم بصیر

Basir Eye Health Research Center

218th
Scientific Monthly Session

دویست و هجدهمین نشست علمی ماهیانه
مرکز تحقیقات سلامت چشم بصیر

سخنرانان :

• **دکترحسین محمد ربیع**

Astigmatism Correction at the Time of Cataract Surgery (Toric IOLs)

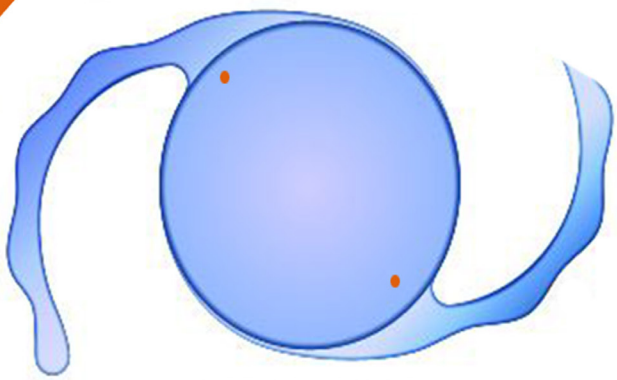
• **دکتر نیلوفر محمدباقری رفسنجانی**

* Limbal relaxing incisions(LRI)
* Clear Corneal Incision(CCI)

• **اپتومتریست علی مرادی**

Premium IOLs in Patients with Corneal Conditions

2.5
امتیاز بازآموزی برای گروه های چشم پزشک و بینایی سنج
شناسه برنامه: 192478

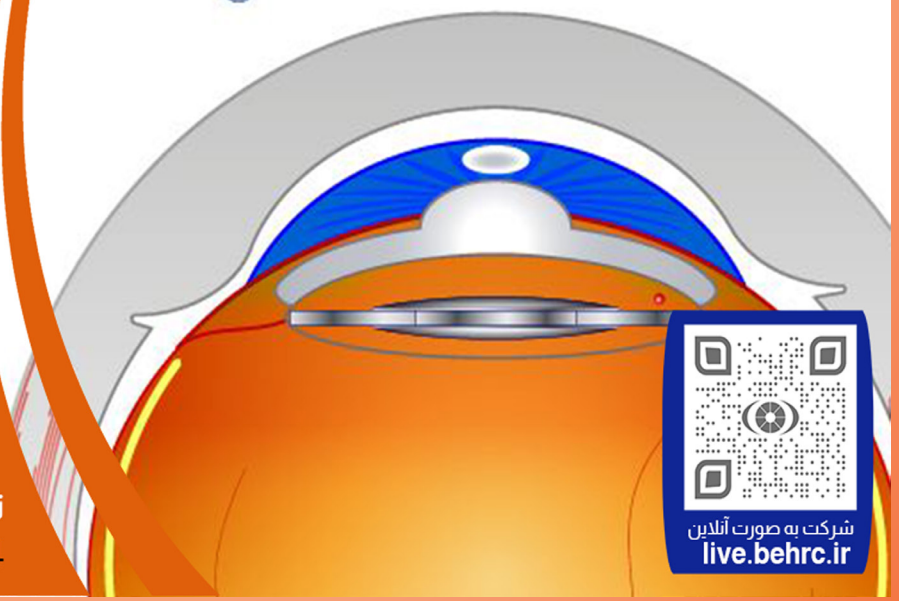


زمان :
یکشنبه 16 بهمن ماه
ساعت 19 الی 21

مکان:
حضوری : سالن کنفرانس کلینیک فوق تخصصی چشم پزشکی بصیر
لینک شرکت به صورت غیر حضوری
live.behrc.ir

ثبت نام:
www.ircme.ir
قابلیت شرکت در نشست بصورت مجازی با استفاده از اپلیکیشن آموزش مداوم

تلفن تماس
021-66940404



شرکت به صورت آنلاین
live.behrc.ir

تهران،

بلوار کشاورز، خیابان جمال‌زاده شمالی،
نبش کوچه شیبانی، شماره ۳۵۹
تلفن : ۶۶۵۶۵۷۵۷
فکس: ۶۶۴۲۸۷۸۱
info@basirclinic.ir

شیراز،

بلوار پاسداران، خیابان مبعث نرسیده
به پارک حدیث
تلفن : ۰۷۱۳ ۶۴۸۴۸۱۴
۰۷۱۳ ۸۲۳۴۶۷۸
فکس: ۰۷۱۳ ۶۴۸۳۰۶۹
shirazinfo@basirclinic.ir

کرمان،

خیابان استقلال کوچه شماره ۱۰ ، پلاک ۶۴
تلفکس : ۰۳۴۳ ۲۵۲۲۶۳۰
kermaninfo@basirclinic.ir