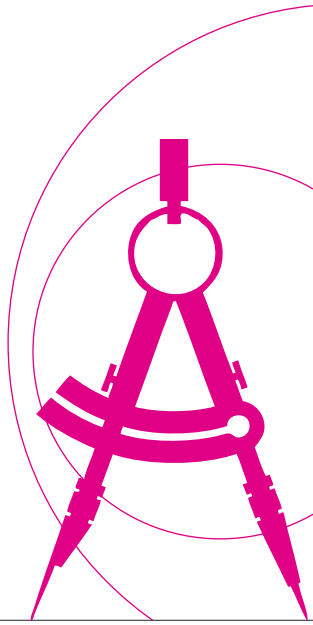


# نگاهی به نمودهای فیزیک در هنـــر معـــماری

## با تأکید برحوزه‌های انرژی، کارایی و زیبایی

محمد علیپورزاده
دانشجوی کارشناسی آموزش فیزیک، پردیس شهید رجایی شیراز، دانشگاه فرهنگیان

**چکیده**

**فیزیک و معماری به‌عنـــوان دو دانش دیرین در تاریخ بشریت همواره خدمات متقابلی برای پیشرفت یکدیگر ارائه داده‌اند. معماری را از یک ســـو می‌توان اوج تبلور فیزیک در سازه‌ها دانست و از سوی دیگر می‌توان آن را بستری برای پیشرفت و شکوفایی فیزیک در عرصه‌های صنعتی و ساختمانی برشمرد. درواقع معماری را می‌توان نمود ظاهری دانش فیزیک در برخی حوزه‌ها دانســـت. ایرانیان نیز به‌عنوان یکی از سردمداران معماری اسلامی، در طول تاریخ ابتکارهای فیزیکی بســـیاری در صنعت معماری داشته‌اند که این امر با بررسی معماری شهرهایی چون یزد، ابرکوه، شوش و شوشتر به روشنی قابل مشاهده است. در این مطالعه که به روش بنیادی ـ نظری و استدلال منطقی و عقلانی و در قالب توصیفی ـ تحلیلی انجام شده است، تلاش می‌شود تا بررسی مختصری درباره این تنیدگی میان‌رشته‌ای و مزایای اســـتفاده از اصول و کارکردهای فیزیکی در سازه‌های ســـاختمانی صورت گیرد. اهمیت این موضوع در آن است که امروزه با پیشرفت‌های اصول فیزیکی و آزمایش‌های متعدد، روش‌های نوینی در صنعت معماری نوین به وجود آمده است که در تمام حوزه‌ها اعم از کارایی و بهره‌وری ســـازه، امکان حمل‌ونقل، استحکام و امنیت، ارتباط با محیط زیســـت، زیبایی و بهینه‌سازی انرژی مصرفی در سازه‌ها به روشنی قابل مشاهده است. متخصصان امر نیـــز معتقدند که در معماری نوین تحلیل ساختمانی از آن چنان اهمیتی برخوردار است که مطالعات و آزمایش‌های کنونی از بعد زیبایی‌شـــناختی به سمت بعد فیزیکی و ویژگی‌های رفتاری ســـاختمان رفته است. استنادهای این مقاله عمدتاً از طریق منابع کتابخانه‌ای و نوشتارهای پیشـــین قوت می‌گیرد و در تلاش است تا به هدف نهایی که به تصویر کشـــیدن ارتباط تنگاتنگ این دو عرصهٔ دانش، یعنی فیزیک و معماری و روابط فیزیکی حاکم بر پدیده‌ها و الگوهای معماری اســـت، دست یابد. با توجه به حوزه‌های مورد تأکید در این مطالعه، می‌توان استفاده از بادگیرها و ساخت سازه‌ها در حاشیه رودخانه‌ها در حوزهٔ انرژی، استفاده از نور و موسیقی جهت نوردهی و زیبایی‌بخشی فضای سازه، ایجاد و ابداع روش‌های نوین همچون میراگرها برای افزایش استحکام بنا و ایجاد ارتباط میان طبیعت و معماری در راستای خلق ایده‌های نو را از مهم‌ترین دستاوردهای این پیوند میان‌رشته‌ای دانست.**

**کلیدواژه‌ها:** فیزیک، زیبایی، معماری، سازه‌های فیزیکی

### مقدمه

فیزیک به‌عنوان یکی از کهن‌ترین علوم طبیعی از یک ســـو، و معماری به‌عنوان دانش ســـاخت بناها از سوی دیگر، علاوه‌بر اشـــتراک‌های تاریخی، لازم و ملزوم یکدیگرند. به‌عبارت دیگر می‌توان معماری را زاییده و آمیزه‌ای از هنر و فیزیک دانســـت. شـــاید برخی اســـاس معماری را ریاضیات بدانند اما باید توجه داشـــت که بخش اعظم ویژگی‌ها و امکانات یک سازه به فضا و کمیت‌ها و ویژگی‌های فیزیکی آن وابسته است. در حقیقت آن مقدار از ریاضیات به کار رفته نیز، برای محاسبات فیزیکی در این امر مورد نیاز است و نه بیشتر. درواقع، ارتباط معماری با ریاضیات بیشـــتر مربوط به بعد هنری آن است؛ زیرا هنر، نوع خاصی از هندسه را در خود دارد. امروزه نیز در معماری معاصر، تحلیل‌های

ساختمانی اهمیت بالایی یافته و بخشی از فاکتورهای معماری را از زیبایی به ویژگی‌های رفتاری و فیزیکی متمایل ساخته‌اند [۱۰]. استفاده از فیزیک در دانش ساخت سازه‌ها از قدمت فراوانی برخوردار است به‌گونه‌ای که در شهر یزد، به‌عنوان دومین شهر تاریخی جهان، می‌توان نمونه‌های بسیاری از این درهم‌تنیدگی را مشاهده کرد. استفاده از اصول فیزیکی در ایجاد آب انبارها، بادگیرها و ستون‌ها، تنها نمونه‌ای از این کاربرد در معماری کهن ایرانی است. معماران ایرانی، از زمان‌های بسیار دور، با استفاده از دانش‌هایی نظیر نورشناسی، رنگ‌شناسی و شناخت عدسی‌ها و آینه‌ها (که امروزه به مجموعه این دانش‌ها اپتیک و فوتونیک گفته می‌شود) و با بهره‌گیری از نور طبیعی خورشید، علاوه‌بر کاهش مصرف انرژی جهت روشنایی سازه‌ها و یا گرمایش، جلوهٔ فوق‌العاده‌ای از آمیزش رنگ و نور به سازه‌ها القا کرده‌اند. اوج این نوع از کاربرد را به سادگی می‌توان در معماری‌هایی نظیر مسجد نصیرالملک یا ارگ کریم‌خان زند دید.

علاوه‌بر قدمت، طبیعت را می‌توان دومین عامل ارتباطی میان فیزیک و معماری عنوان کرد به‌گونه‌ای که فیزیک‌دان در تلاش است به شناختی جامع در حوزه قوانین طبیعت برسد و معمار می‌کوشد این قانون‌ها را برای استفاده بهتر از طبیعت به کار بندد.

ریشهٔ این‌گونه معماری را که از طبیعت گرفته شده است را می‌توان از زمان‌های بسیار دور و زمان فراعنه مصر، امپراتوری روم و حکومت یونان نیز ردیابی کرد. درواقع مهندسان عصر باستان با بهره‌گیری از طبیعت به ایجاد سازه‌ها همت گماشتند [۱]. به عبارت دیگر قوانین حاکم بر طبیعت که ما اکنون آن را با فیزیک می‌شناسیم و ساده‌ترین تعریف از این دانش بنیادی را شناخت قانون‌های حاکم بر طبیعت به منظور پیش‌بینی دقیق‌تر رویدادها می‌دانیم. معماران و فیزیک‌دانان هر دو می‌دانند که بهترین راه برای ایجاد یک سازه پایدار، استفاده و الهام از طبیعت است؛ زیرا ساختاری که در طبیعت و شرایط طبیعی بتواند از استحکام و پایداری خوبی برخوردار باشد، در شرایط ساختمانی نیز قابل کاربرد است. امروزه، سازگاری با طبیعت مؤلفهٔ جدانشدنی معماری نوین است.

علاوه بر این موارد، معماران از دیرباز در تلاش‌اند با بهره‌گیری از قانون‌های فیزیک، مصرف انرژی در سازه‌ها را تا حد امکان کاهش دهند. ساخت سازه‌های سبک‌تر و مقاوم در برابر عوارض طبیعی نیز گوشه‌ای از همکاری عمیق فیزیک و معماری است.

تمام این امور مؤید پیوند ناگسستنی میان فیزیک و معماری هستند. با عنایت به این موارد به‌خوبی می‌توان به اهمیت جایگاه فیزیک در معماری پی برد؛ جایگاهی که با پیشرفت روزافزون علم، در حال توسعه و تنیدگی بیشتر است. با خلق سازه‌های عظیم در راستای پیشرفت علم نظیر شتاب‌دهنده بزرگ هادرونی و یا آشکارساز امواج لیگو، این تنیدگی به اوج خود در جهان پیشرفتهٔ علم می‌رسد.

## روش‌ها

در این گفتار با روش بنیادی- نظری و استدلال منطقی و عقلانی در قالب توصیفی- تحلیلی تلاش شده است درباره این تنیدگی بین رشته‌ای و مزایای استفاده از اصول و کارکردهای فیزیکی در سازه‌های ساختمانیِ بررسی مختصری انجام شود. استنادهای این مقاله عمدتاً از طریق منابع کتابخانه‌ای و نوشتارهای پیشین قوت می‌گیرد و در تلاش است تا به هدف نهایی، که به تصویر کشیدن ارتباط تنگاتنگ این دو عرصهٔ دانش یعنی فیزیک و معماری و روابط فیزیکی حاکم بر پدیده‌ها و الگوهای معماری است، دست یابد. لذا در این بین ابتدا به بررسی کاربردهای دانش فیزیک در بخش انرژی سازه‌ها و بهینه‌سازی آن پرداخته شده است و پس از آن به ترتیب افزایش کارایی و زیبایی در سازه‌ها مورد بحث قرار خواهد گرفت و در پایان به بالاترین نوع ارتباط یعنی معماری با الهام از طبیعت پرداخته شده است.

## کاربردهای فیزیک در حوزه انرژی

یکی از مهم‌ترین مباحث قابل بحث در حوزه فیزیک ترمودینامیک، مبحث انرژی و چگونگی کنترل و بهینه‌سازی آن است. آن‌گونه که از بررسی اسناد و شواهد تاریخی برمی‌آید، به‌نظر می‌رسد اهمیت مفهوم انرژی و به‌ویژه استفاده از انرژی‌های طبیعی برای جلوگیری از اتلاف و اسراف در انرژی از ابتدای تشکیل تمدن‌های بشری مورد توجه انسان بوده است. این امر را به‌وضوح می‌توان از ایجاد تمدن‌های پایدار در حوزه رودخانه‌ها جهت استفاده از انرژی آب موجود در رودها دریافت.

اگرچه بسیاری معتقدند سکونت در کنار رودخانه‌ها صرفاً به‌خاطر استفاده از آب برای کشاورزی بوده، به نظر می‌رسد کمتر بودن دما در حاشیه رودخانه‌ها و تبادل دمایی بهتر این مکان‌ها نیز دلیل اضافی بر این انتخاب بوده است. ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه آب از سایر اجسام بیشتر است؛ به همین خاطر آب قابلیت ذخیره گرمای بیشتری نسبت به معدل ذخیره گرمای سایر اجسام دارد. در کل وجود منابع آب در اقلیم منطقه می‌تواند باعث اعتدال دما در شبانه‌روز شود. در داخل ساختمان به‌عنوان یک اقلیم کوچک نیز آب می‌تواند نوسان دما را کاهش دهد. یکی از دلایل عمده وجود حوض آب در حیاط اغلب ساختمان‌های سنتی و حاشیه کویری افزایش رطوبت و اعتدال بناست. تبخیر آب و کاهش خشکی هوا نیز از دیگر کاربردهای فیزیکی آب در بناهاست. [۲]

با پیشرفت دانش فیزیک در سده‌های اخیر، نقش آب در تولید انرژی با اختراع توربین‌ها و نیروگاه‌های برق آبی و سیکل ترکیبی افزایش یافته است و این امر نیز جایگاه فیزیک را در حوزه انرژی مستحکم‌تر می‌کند. علاوه بر آب؛ استفاده فیزیکی و شیمیایی از نور خورشید به منظور تولید انرژی نیز، امروزه به دلیل ارزانی و

**اگرچه بسیاری معتقدند سکونت در کنار رودخانه‌ها صرفاً به‌خاطر استفاده از آب برای کشاورزی بوده، به نظر می‌رسد کمتر بودن دما در حاشیه رودخانه‌ها و تبادل دمایی بهتر این مکان‌ها نیز دلیل اضافی بر این انتخاب بوده است**

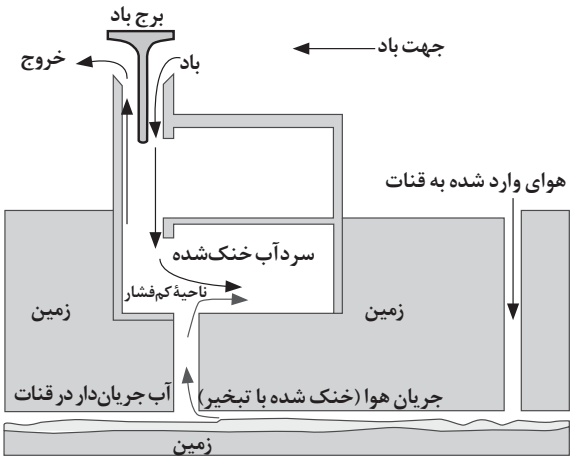
دائمی بودن از جایگاه ارزشمندی برخوردار است.

یکی دیگر از کاربری‌های بی‌بدیل فیزیک در حوزهٔ انرژی سازه‌ها، پنجره‌ها و درهای دوجداره است. در این فناوری که امروز در اغلب معماری‌های خانگی و صنعتی حضور پررنگی دارد، با استفاده از ویژگی‌های فیزیکی مواد نظیر ظرفیت یا ضریب انتقال گرمای ماده، می‌توان پنجره‌هایی را با کارآیی بالاتر و اتلاف انرژی کمتر تولید کرد. بدون شک این پیشرفت‌ها در صنعت معماری بدون دانش فیزیک در حوزه انرژی قابل تصور نیست.

## بادگیرها، اوج فیزیک در معماری

قبل از پیدایش برق و روش‌های جدید تهویه مطبوع و خنک‌سازی، قرن‌ها در مناطق کویری ایران از بادگیرها برای تأمین آسایش گرمایی در تابستان استفاده می‌شد. به‌نظر می‌رسد آغاز استفاده از این فناوری در ایران بوده باشد؛ زیرا قدیمی‌ترین بادگیرهای جهان امروزه در شهر یزد دیده می‌شوند.

بادگیرها برج‌هایی هستند که هوای نسبتاً خنک‌تر و با گرد و غبار کمتر در ارتفاعات را به‌طور طبیعی به داخل ساختمان مسکونی یا داخل آب‌انبارهای عمومی هدایت می‌کنند(شکل ۱). در هدایت هوا به داخل ساختمان سعی می‌شده که هوا را از روی سطوح نمناک زیرزمینی عبور دهند و آن را تا اندازه‌ای خنک کنند. سازندگان بادگیرها در طراحی‌های خود از اصول ترمودینامیک، ایرودینامیک، انتقال گرما و آسایش گرمایی انسان استفاده کردند و شاهکار آفریدند [۳]. مواردی نظیر زاویه و ارتفاع قرارگیری این بادگیرها نیز با قاعده‌های فیزیکی و با توجه به مکان سازه تعیین می‌گردید.



شکل ۱

## مکان‌یابی بناها

مکان و محل ساخت یک سازه از مهم‌ترین عوامل کارآمدی ساختمان است. انتخاب محل دقیق و مناسب برای ساخت یک بنا با پارامترهای فیزیکی ارتباط تنگاتنگی دارد.

بیمارستان‌ها، سدها، تونل‌ها، برج‌ها و از همه بیشتر رصدخانه‌ها و دکل‌ها، محل فعلی خود را مرهون دانش فیزیک هستند. مراد از مکان‌یابی، انتخاب مناسب‌ترین مکان از دید عوامل فیزیکی (هواشناسی، نجومی، محلی و ژئوفیزیکی) است [۴]. قرارگیری دکل‌های مخابراتی در مکان مناسب به‌گونه‌ای که علاوه بر کاهش آسیب‌های زیستی آن، کارایی بالایی داشته باشد و گیرندگان بیشتری قادر به دریافت امواج ارسالی باشند از مواردی است که امروزه به‌شدت مورد توجه است.

## ایمن‌سازی و استحکام

با افزایش میزان خسارات ناشی از حوادث طبیعی در سال‌های اخیر، ایجاد فناوری‌های نوین در مقابله با حوادث طبیعی چون زلزله به‌شدت مورد نیاز است. تقریباً می‌توان گفت کلیه روش‌ها و فنون مقابله با این حوادث از قانون‌ها و اصول فیزیک پیروی می‌کنند. استفاده از میراگرها در ساختمان‌های بلند یا ستون‌های میانی در نقش المان مرکز جرم تنها گوشهٔ واضحی از حضور پررنگ پارامترها و اصول فیزیک در این‌گونه معماری‌هاست. میراگرهای انرژی در سازه، مستهلک‌کننده انرژی جانبی سازه هستند که با کارآیی بالا، جهت طراحی سازه جدید و مقاوم‌سازی سازه‌های موجود کاربرد دارند. میراگرها، انرژی ورودی به سازه را ۳ تا ۵ برابر کمتر می‌کنند و جابه‌جایی را نیز ۲ تا ۳ برابر کاهش می‌دهند. به عبارتی دیگر، میراگرها به دلیل جذب انرژی ورودی به سازه، سبب کاهش نیروی اعضای سازه و تغییر شکل‌ها می‌شوند و توزیع نیرو در سازه را تغییر می‌دهند لذا می‌توان به‌عنوان یک گزینه مناسب از این روش جهت اصلاح توزیع نیروها استفاده کرد [۵].

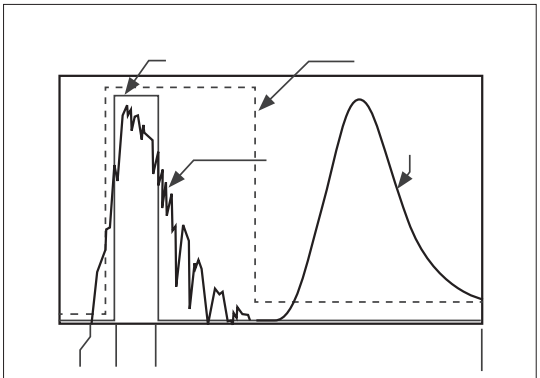
## نور در معماری

نور زیبایی می‌آفریند و زیبایی‌های دیگر را نیز می‌نمایاند و خود نیز زیبایی محض است. وجودش شرط ضروری زیبایی است که اگر در جای مناسب ظاهر شود هر زیبا را زیباتر می‌کند. زیبایی معماری بیش از هر چیز از نور مساعد مدد می‌گیرد [۱۱]. تاریخچه استفاده از نور در زیباسازی و افزایش کارایی ساختمان‌ها به سده سوم از هزاره چهارم پیش از میلاد باز می‌گردد. کشور ایران در منطقه‌ای واقع شده است که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد و میزان تابش در کشور ما بالاتر از میانگین جهانی است، به‌گونه‌ای که در ایران به طور متوسط بیش از ۲۸۰ روز آفتابی در سال گزارش شده که آمار بسیار قابل توجهی است [۷].

بدیهی است که هنر استفاده از نور جهت روشنایی و گرمابخشی و بهینه‌سازی این مصرف مرهون دانش فیزیک است؛ چرا که دانش اپتیک و مهارت استفاده از شیشه در بنا، با میزان انرژی

**با افزایش میزان خسارات ناشی از حوادث طبیعی در سال‌های اخیر، ایجاد فناوری‌های نوین در مقابله با حوادث طبیعی چون زلزله به شدت مورد نیاز است**

دریافتی از نور خورشید رابطه مستقیم دارد. تناسب اقلیم مورد نظر و محل ساخت بنا، با نوع شیشه مورد استفاده و زاویه تابش نور ارتباط تنگاتنگی دارد. سازمان انرژی آمریکا در نموداری اقلیم‌های گرم را به استفاده از شیشه‌های با انتقال طیف نور مرئی بالاتر و اقلیم‌های سرد را به استفاده از شیشه‌های با انتقال فروسرخ بالاتر تشویق می‌کند [۷].(شکل ۲)



▲ شکل ۲. طیف عبوری پیشنهادشده توسط سازمان انرژی آمریکا برای اقلیم‌های متفاوت

این کاربردهای نوری علاوه بر حوزه انرژی بر زیبایی معماری ایرانی نیز افزوده است، تا جایی که استفاده از نورپردازی طبیعی در بناها از اهمیت و جایگاه خاصی برخوردار است. تجلی این نورپردازی‌ها را می‌توان در مسجد نصیرالملک شیراز به‌وضوح یافت. این شیوهٔ استفاده از رنگ و نور از زمان صفویه وارد معماری ایران شده و تا امروز نیز کاربردهای متفاوتی پیدا کرده است [۷]. نور علاوه بر ایجاد روشنایی، به ایجاد رنگ نیز می‌انجامد.

بی‌تردید بدون رنگ، معماری و طراحی دکوراسیون داخلی و خارجی ممکن نیست. از دیرباز تا امروز، معماران با کمک رنگ‌های طبیعی و مصنوعی که همگی زاییده نوراند، به زیبایی سازه‌ها افزوده‌اند.

## موسیقی در معماری

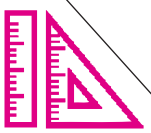
موسیقی را بی‌شک می‌توان اوج هنر دانست، همان‌طور که شوپنهاور- فیلسوف بزرگ آلمانی- آن را بالاترین هنر انسانی می‌داند [۸]. در خصوص ارتباط میان موسیقی و معماری همین بس که متخصصان امر، معماری را هنر سه‌بعدی و موسیقی را هنر تک‌بعدی در زمان می‌دانند و درواقع معماری تجلی سه‌بعدی خواسته هنرمند و موسیقی روح آن اراده است. اما پر واضح است که بین موسیقی و فیزیک هیچ مرزی نیست؛ بلکه موسیقی تماماً زاییدهٔ فیزیک است. تلاقی ضربه با تارها و کوبه‌ها را جز با قانون‌های فیزیک نمی‌توان شناخت. معماری و موسیقی هر دو از ضرب‌آهنگ بهره می‌برند و این فیزیک است که نحوه پیوستگی و ایجاد این ضرب‌آهنگ‌ها را تبیین می‌کند. گاهی این ضرب‌آهنگ ساکن است و به صورت خطوط هندسی شامل سایه‌ها و چین‌ها در معماری ظاهر می‌شود و گاهی به حرکت درمی‌آید و موسیقی را می‌سازد، اما آنچه مهم است حضور پررنگ دانش فیزیک در هر دو حوزه است. البته در هر حال نباید از نقش هندسه در پیوند موسیقی و معماری نیز چشم پوشید؛ چرا که اصول هندسه نقش کلیدی در پیوند این دو ایفا می‌کند [۹]. امروزه اگرچه در ساخت بناهای مسکونی و اداری از موسیقی بهره چندانی برده نمی‌شود، اما در ساخت و طراحی فضاهای تفریحی، آب‌نماها و سازهای موسیقایی از این هنر فیزیکی به‌خوبی می‌توان بهره برد و بر زیبایی کار افزود.

## زیست فنی، کمال پیوند علم و طبیعت

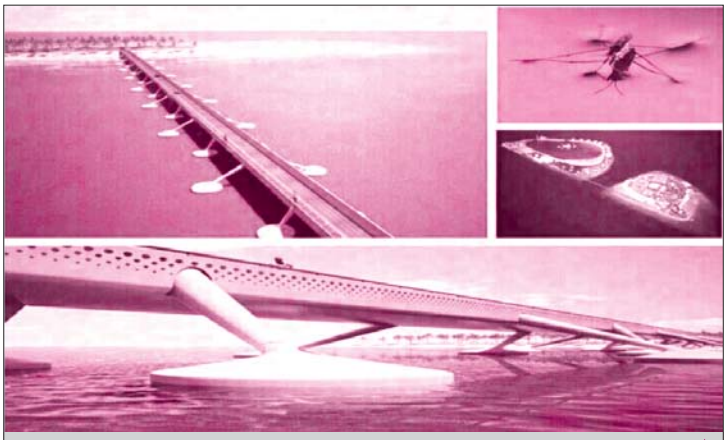
همان‌گونه که در آغاز کلام گفته شد، انسان از نخستین روزهای حیات به دنبال الگوبرداری از طبیعت و رویدادهای طبیعی بوده و بسیاری از مهارت‌های زندگی و ابزارآلات مورد نیاز خود را با این الگوبرداری‌ها تولید کرده است. امروزه این پیوند میان طبیعت و صنعت به افق‌های دوردست‌تری دست یافته است و از بزرگ‌ترین سازه‌ها تا کوچک‌ترین واحدهای زیستی در طبیعت را شامل می‌شود. این الهام‌گیری دانش و صنعت از طبیعت را امروزه با نام «بیونیک» یا «زیست فنی» می‌شناسیم. به تعریف دقیق‌تر بیونیک عبارت است از کاربرد سامانه‌ها و روش‌های زیست‌شناختی موجود در طبیعت در سامانه‌های مهندسی و فناوری‌های جدید [۱].

زیست فنی درواقع دانشی است که مسائل فنی را از راه‌های زیستی حل می‌کند. در بیونیک، تحقیق فقط به یک رشته خاص علمی محدود نمی‌شود. اگرچه خود زیست فنی هنوز به‌عنوان یک علم نوپاست، فعالیت متخصصان این رشته را می‌توان در حوزه علوم کاربردی مطرح کرد که همچون رابطی پدیده‌های گوناگون را با الگوهای زنده مقایسه می‌کنند، به‌عبارتی دیگر برای هر پدیده، الگوی زنده‌ای می‌یابند [۱۰].

یکی از نخستین معماری‌شناسی‌های زیست فنی را به پاکستون، معمار انگلیسی تبار، نسبت می‌دهند که به مطالعه برگ‌های نیلوفر آبی در سال ۱۸۴۶ پرداخت [۱]. امروزه الهام‌گیری از سامانه و ساختار بدن جانوران زنده، الگوی بی‌نظیری برای پیشرفت معماری نوین شده است. پل شناور مالدیو که در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ در جزیره مالدیو ساخته شد، با الهام‌گیری از نحوه نشستن پشه روی آب و با استفاده از ویژگی کشش سطحی آب طراحی و ساخته شد. استادیوم ورزش‌های آبی پکن، موزه هنر میلواکی و برج ترنینگ از دیگر شاهکارهای زیست فنی در صنعت معماری‌اند. این تنها نمونه از کاربرد این دانش در صنعت معماری است. (شکل ۳)



**بی‌تردید بدون رنگ، معماری و طراحی دکوراسیون داخلی و خارجی ممکن نیست. از دیرباز تا امروز، معماران با کمک رنگ‌های طبیعی و مصنوعی که همگی زاییده نوراند، به زیبایی سازه‌ها افزوده‌اند**



▲ شکل ۳. پل شناور مالدیو که با الهام از کشش سطحی حشرات روی آب ساخته شده است.

## معماری نوین؛ فراتر از دانش

امروزه با پیشـــرفت دانش و نیاز به طراحی‌های پیشـــرفته‌تر در معماری، این دانش پابه‌پای ســـایر علوم پیشـــرفت و خود را با آخرین نیازها سازگار کرده است. اگر نیک بنگریم در می‌یابیم که بزرگترین سازه‌های دست بشر امروز، که مدیون دانش معماری اســـت، در خدمت دانش فیزیک مشـــغول فعالیت‌اند. از ایستگاه بین‌المللی فضایی تا شتاب‌دهنده بزرگ هادرونی (HLC) که شگفتی‌های معماری قرن اخیراند، همه و همه ســـازه‌هایی فیزیکی به‌شمار می‌آیند که در ابعادی فوق‌العاده و با ساختمانی عظیم در حال خدمت‌رسانی به علم فیزیک‌اند. این امر نیز تنیدگی معماری و فیزیک را از زاویه‌ای متفاوت نشان می‌دهد. این بار برخلاف دوره‌ها و مباحث گذشته که در آن‌ها فیزیک به ساخت و معماری سازه‌ها کمک می‌کرد، دست تلاشگر معماران به یاری فیزیک‌دانان آمده اســـت تا بتوانند با طراحی بهینه‌تر، مراکز پژوهشی خارق‌العاده‌ای را ایجاد کنند. ایجاد رصدخانه قلب یخی در عمق دو کیلومتری زمین یا شناساگرهایی در قطب‌های زمین به منظور مطالعات جوی و کیهان‌شناسی، تنها بخشی از این همکاری علمی را نشان می‌دهند.

## نتیجه‌گیری

همان‌گونه که گفته شـــد، از ابتدای شـــکل‌گیری دو دانش فیزیک و معماری، آن‌ها ارتباطی تنگاتنگ با هم داشته‌اند. شاید امروز به جرئت بتوان گفت که چنین پیشرفتی در دانش معماری بدون استفاده از قواعد و اصول فیزیک امکان‌پذیر نبود و به‌طور متقابل فیزیک هم بخش زیادی از فعالیت‌ها و دســـتاوردهای خود را مدیون دانش معماری است. درواقع معماری را می‌توان نمود ظاهری دانش فیزیک در برخی حوزه‌ها دانست. بهینه‌سازی انرژی و یافتن روش‌های بهتر برای مصرف آن در حوزه انرژی، استفاده از نور و موســـیقی به‌عنوان دو پارامتر فیزیکی و هنری در حوزه زیبایی و طبیعت‌مداری با استفاده از دانش زیست فنی و پیوند سه ضلع فیزیک، معماری و طبیعت و از همه مهم‌تر بهره‌گیری از قانون‌های فیزیک برای افزایش کارآمدی و بهره‌وری سازه‌ها تنها گوشه‌ای از این خدمات متقابل میان این دو رشته است.


**منابع**

۱. طلوعـــی، هدیه؛ ۱۳۹۴، معماری بیونیک معماری همســـان با طبیعت، مقاله ارائه شـــده در اولین کنفرانس بین‌المللی معماری، شهرســـازی، عمران، هنر و محیط زیست؛ افق‌های آینده، نگاه به گذشته ICAUCAE ۲۰۱۶.

۲. ابیلان اصل، لیـــدا و امامی، ســـعید، ۱۳۹۳، تجلی انرژی‌های تجدیدپذیر در معمـــاری، اولین کنفرانـــس بین‌المللی معماری، شهرسازی، عمران، هنر و محیط‌زیســـت؛ افق‌های آینده، نگاه به گذشته ICAUCAE ۲۰۱۶، ایران ، تهران.

۳. بهادری‌نژاد، مهدی و علیرضا، دهقانی، ۱۳۸۷، بادگیر، شاهکار مهندسی ایران، نخستین همایش فناوری‌های بومی ایران، تهران، انجمن فناوری‌های بومی ایران، دانشگاه صنعتی شریف.

۴. توفیق، مریم و رحمانی، قصبه محمد، بررسی مکانیابی استقرار رصدخانه‌ها در ایران، مطالعه موردی رصدخانه مراغه؛ اولین کنفرانس بین‌المللی معماری، شهرســـازی، عمران، هنر و محیط‌زیســـت؛ افق‌های آینده، نگاه به گذشته ICAUCAE ۲۰۱۶، ایران، تهران.

۵. میرزاگل تبار، مهدی، ۱۳۹۱، بررســـی عملکرد روش‌های نوین مقاوم‌ســـازی در کنترل پاسخ لرزه‌ای ســـازه‌ها (جداسازی پایه و استفاده از انواع میراگرهای انرژی)، دومین کنفرانس ملی سازه، زلزله و ژئوتکنیک، بابلسر، مؤسسه آموزش عالی پردیسان.

۶. سیل ســـپور، عطیه و نقصان محمدی، محمدرضا و امیدواری، سمیه؛ جایگاه نور در زیبایی بصری معماری؛ اولین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری؛ شهرسازی و مدیریت شهری، ۱۳۹۴، ایران، یزد.

۷. قیابکلـــو، زهرا و حق‌شـــناس، محمد، ۱۳۸۷، بررســـی تأثیر شیشـــه‌های رنگی بر میزان نور و انرژی عبوری در محدوده مرئی، نشریه علمی-پژوهشی علوم و فناوری رنگ/ ۲، ۱۳۸۷، صص ۲۱۳-۲۲۰.

۸. پناهـــی، امید؛ بررســـی تأثیر موســـیقی در معمـــاری ایرانی؛ اولیـــن کنفرانس بین‌المللی معماری، شهرســـازی، عمران، هنر و محیط‌زیســـت؛ افق‌های آینده، نگاه به گذشـــته ICAUCAE ۲۰۱۶، ایران، تهران.

۹. بـــرادران توکلی، داوود و باوندیان، علیرضـــا و پوررمضان، زهرا؛ بررسی پیوند مفهومی ادراکی موسیقی و معماری؛ اولین کنفرانس بین‌المللی معماری، شهرســـازی، عمران، هنر و محیط‌زیســـت؛ افق‌های آینده، نگاه به گذشته ICAUCAE ۲۰۱۶، ایران، تهران.

۱۰. داورپناه، احسان و بهمنی چاهستانی، امیر و میرفتاح، علی اصغر و نوری‌نژاد، حامد؛ ۱۳۹۴، اســـتفاده از دانش بیونیک در معماری پایدار، اولین همایش ملی اندیشه‌ها و فناوری‌های نو در معماری، تبریز، انجمن مهندسان معمار تبریز.

۱۱. م و عباسی، ز، نوشادی؛ بررسی مفهوم نور از جنبه زیبایی‌شناسی در معماری سنتی ایران. همایش ملی معماری و شهرسازی ایرانی-اسلامی؛ مؤسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ایران؛ ۱۳۹۱.