

کاربرد فناوری لیزر در طراحی و توسعه قبله‌نمای هوشمند

برای اماکن مذهبی و فضاهای عمومی

(تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۱۰/۱۵ تاریخ تصویب ۱۴۰۴/۱۲/۰۴)

مصطفی یزدان پناه

چکیده

این مقاله به روش توصیفی-تحلیلی و کتابخانه‌ای با بهره‌گیری از داده‌های فنی و مستندات میدانی تنظیم شده است و هدف آن بررسی کاربرد فناوری لیزر در طراحی و توسعه قبله‌نمای هوشمند برای اماکن مذهبی و فضاهای عمومی است. در فصل اول، مباحث نظری و زیربنایی شامل بیان مسئله، اهمیت موضوع، پیشینه پژوهش و پرسش‌های تحقیق طرح گردید. این فصل با تحلیل ضرورت علمی دقت در تعیین قبله و محدودیت قطب نماهای سنتی (خطا میانگین ۵.۱ تا ۳ درجه) آغاز شد و به معرفی فناوری لیزر به عنوان راهکاری برای کاهش خطا تا سطح زیر ۰.۲ درجه انجامید. در فصل دوم، مبانی نظری و تاریخی جهت‌یابی اسلامی بررسی شد؛ از آرای منجمان مسلمان چون خوارزمی، حبش حاسب، بیرونی تا دیدگاه‌های فقهی شیخ طوسی و علامه حلی درباره «ظن معتبر» در تعیین قبله. همچنین آیات مرتبط قرآنی (بقره ۱۴۴ و نور ۳۵) و اسناد فنی مانند «سند توسعه فناوری‌های نوری و عبادت هوشمند» (۱۴۰۰) مطرح شد. داده‌های فنی پژوهش برگرفته از آزمایش‌های میدانی سامانه LDS-۴۰ با دقت زاویه‌ای ۰.۰۲ درجه بود. در نتیجه، تلفیق یافته‌های فقهی، تاریخی و فناوری نشان داد استفاده از لیزر موجب افزایش دقت و سهولت دسترسی زائران تا ۲۷٪ و ارتقای ادراک فضایی جمعی تا ۲۲٪ گردیده است. این مطالعه، پایه‌ای برای استانداردسازی قبله‌نمای هوشمند در معماری معاصر اسلامی محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: لیزر، قبله‌نمای هوشمند، فناوری، جهت‌یابی، فقه، معماری

مقدمه

یکی از مهم‌ترین نیازهای انسان در زندگی مذهبی، تشخیص دقیق جهت قبله برای انجام عبادات است. از آغاز اسلام، مسلمانان همواره کوشیده‌اند ابزارها و روش‌های مطمئنی برای تعیین جهت قبله بیابند. در گذشته این امر بیشتر با استفاده از محاسبات نجومی، نقشه‌های جغرافیایی و ابزارهای ساده‌ای چون قطب‌نما انجام می‌شد. با وجود پیشرفت‌های علمی، هنوز در بسیاری از مکان‌های مذهبی و فضاهای عمومی - به‌ویژه در بناهای بزرگ، مجموعه‌های گردشگری و ساختمان‌های اداری - تعیین جهت قبله با خطا، کندی و وابستگی به تجربه فردی همراه است. این ضعف‌ها در تناقض با نیاز روزافزون جامعه به ابزارهای دقیق، سریع و کاربرپسند برای جهت‌یابی دینی قرار دارد.

در دهه‌های اخیر، فناوری لیزر به عنوان یکی از دقیق‌ترین و پیشرفته‌ترین فناوری‌های سنجش موقعیت، در بسیاری از حوزه‌های مهندسی و طراحی فضا به کار گرفته شده است. پرتوهای لیزری با توانایی بالا در جهت‌دهی و حفظ دقت زاویه می‌توانند مسیری کاملاً مستقیم و واضح ایجاد کنند. این قابلیت سبب شده است تا محققان به فکر استفاده از آن در طراحی قبله‌نمای هوشمند بیفتند؛ سامانه‌ای که از ترکیب لیزر، سنسورهای موقعیت‌یاب و واحد پردازش دقیق بهره می‌برد تا جهت قبله را به صورت بصری، فوری و خطای بسیار پایین مشخص کند.

با وجود این امکانات، اغلب پژوهش‌های موجود تنها بر جنبه فنی فناوری لیزر متمرکزند و کمتر به کاربرد مذهبی و فرهنگی آن در نظام‌های جهت‌یابی اسلامی پرداخته‌اند. نبود مدل‌های استاندارد و آزموده برای طراحی قبله‌نمای لیزری موجب شده است تا نهادهای مذهبی و مهندسی‌ساز هنوز از نسخه‌های سنتی یا الکترونیکی ساده استفاده کنند که دقت محدود دارند. از طرفی، طراحی چنین سامانه‌ای مستلزم شناخت ویژگی‌های جغرافیایی، فقهی و معماری

اسلامی است تا استفاده از لیزر با اصول شرعی و الزامات فرهنگی سازگار باشد. بنابراین، مسأله اصلی این پژوهش آن است که چگونه می‌توان فناوری لیزر را به گونه‌ای در طراحی قبله‌نمای هوشمند به کار گرفت که ضمن حفظ صحت فقهی و هندسی، دقت ابزاری، سرعت و سهولت در کاربرد را افزایش دهد و الگویی استاندارد برای استفاده در اماکن مذهبی و عمومی ارائه کند. بررسی علمی، فنی و فقهی این موضوع می‌تواند زمینه‌ساز تحول در ابزارهای جهت‌یابی اسلامی و ارتقای تجربه عبادت برای مسلمانان در سراسر جهان باشد.

بخش اول: کلیات

الف. مقدمه و سیر تاریخی

مفهوم تعیین قبله از نخستین قرون اسلامی، با نیاز مسلمانان به وحدت جهت در نماز آغاز شد. در سده‌های دوم و سوم هجری، فقیهانی چون محمد بن موسی خوارزمی و حبش حاسب مروزی با استفاده از جداول نجومی کعبه را بر اساس طول و عرض جغرافیایی شهرها محاسبه کردند. در قرون میانه، ابوریحان بیرونی در «تحدید نهايات الاماکن» (۴۲۷ق) نخستین محاسبه دقیق سمت قبله را بر پایه اختلاف طول دایره‌العرض ارائه داد. سپس در جهان اسلام غربی، ابن شاطر دمشقی و قلیچ محمد نیشابوری (قرن ۸-۹هـ) قبله را با ابزار ربع مجیب اندازه گرفتند.

در روش‌های سنتی جهت‌یابی قبله، ابزار اصلی، قطب‌نما یا ربع مجیب بود. پژوهش عباسی (۱۳۹۰) نشان می‌دهد خطای زاویه‌ای قطب‌نما در شرایط معمول بین ۱.۵ تا ۳ درجه است. منشأ خطا را دو عامل می‌سازند: تغییرات میدان مغناطیسی زمین و عناصر فلزی محیط. در نتایج مشابه، مرادی (۱۳۹۳)، پژوهشگاه فضا) اعلام کرد که در ساختمان‌های چندطبقه، تغییر ناچیز جریان‌های الکتریکی باعث انحراف تا یک درجه در نشانگر مغناطیسی می‌شود.

فناوری لیزر با تکیه بر انتشار پرتو هم فاز در طول موج ثابت، خط مستقیمی از نور با واگرایی پایین تر از $0/5$ میلی رادیان تولید می کند (حسینی و زارعی، ۱۳۹۷، فناوری های نوری). از آنجا که انحراف نوری تابعی از فاصله و چگالی هواست، در محدوده فضاهای معماری (کمتر از 30 متر)، خطا کمتر از $0/03$ درجه گزارش شده است. این مقدار در مقیاس مذهبی تقریباً به «صحت قبله یقینی» منجر می شود، زیرا در فقه امامیه انحراف کمتر از یک درجه از نظر بصری و عرفی مغتفر است (لطیفی، ۱۳۹۹، فقه و فناوری).

از جنبه کاربردی، خط نوری لیزر قابلیت رؤیت جمعی دارد. برخلاف قطب نما که جهت را فقط برای کاربر واحد می نمایاند، پرتو لیزر بر دیوار یا سقف مسجد منعکس می شود و کل صف نماز را در یک محور فیزیکی متحد می کند؛ این ویژگی در پژوهش کمالی (۱۴۰۰، مطالعات اسلامی معاصر) به عنوان شاخص «انسجام بصری-عبادی» شناخته شد. بدین ترتیب، دستگاه لیزری افزون بر کارکرد فنی، در شکل دهی نظم جمعی نیز مؤثر است.

از نظر انرژی، بررسی احمدی و صالحی (۱۳۹۵) حاکی است نمونه های اولیه لیزری با توان کمتر از 5 میلی وات و مصرف میانگین $0/7$ وات نسبت به قبله نما ی دیجیتال دارای IMU (مصرف حدود $2/4$ وات) بهینه ترند. در نسخه فعلی پژوهش حاضر نیز، کل سامانه با باتری کوچک سه سلولی بیش از 8 ساعت کارکرد مداوم دارد؛ این امر برای نصب دائمی در محراب یا صحن، بدون نیاز به شبکه برق شهری، مزیتی عملی محسوب می شود.

از سوی دیگر، فناوری لیزر اثرات محیطی را به حداقل رسانده است. در حالی که قطب نما به میدان مغناطیسی و سامانه خورشیدی به موقعیت آفتاب وابسته است، لیزر مستقل از موقعیت یا

نور محیط عمل می‌کند. این استقلال، امکان استفاده در شب، فضاهای زیرزمینی و حتی زیر گنبد‌های فلزی را فراهم می‌آورد (نوذری و همکاران، ۱۳۹۸).

در بعد نگه‌داری، رحیمی و صفایی (۱۴۰۱) نشان دادند که ابزارهای لیزری تنها پس از هر ۳۰۰ ساعت کار نیاز به کالیبراسیون دارند، در حالی که قطب‌نماهای مغناطیسی هر ۳۰ ساعت باید تنظیم شوند. در پروژه حاضر نیز، ماژول خودتصحیح ژيروسکوپ به صورت خودکار، تغییر زاویه را در اثر لرزش یا جابه‌جایی اصلاح می‌کند.

افزون بر معیارهای فنی، لیزر از جنبه فقهی نیز جایگاهی مشروع دارد. فقیهان امامیه، از قرون نخستین، ملاک صحت نماز را غلبه ظن به قبله دانسته‌اند (شیخ طوسی، النهایه؛ علامه حلی، تذکره الفقهاء). بر اساس همین مبنا، هر ابزاری که ظن را تقویت و خطا را کاهش دهد، مقبول است. فناوری لیزر با دقت استاندارد میکرورادیان، سطح اطمینان را چندین برابر می‌سازد و بنابراین در چارچوب «ظن معتبر شرعی» قرار می‌گیرد (لطیفی، ۱۳۹۹).

به این ترتیب، قبله‌نمای لیزری نه صرفاً یک ابزار مهندسی، بلکه پیوند میان علم جدید و اصول فقهی دیرپا است. مفهوم امتداد «قبله علمی» از رساله‌های نجومی قرن چهارم تا سیستم لیزری قرن پانزدهم هجری، بازتاب همین پیوند معرفتی است. این دستگاه همان مسیر بیرونی، خوارزمی، و ابن شاطر را با زبان نیمه‌رساناها و فوتون‌ها دنبال می‌کند و بدین سان میراث علمی مسلمانان را در قالبی فناورانه زنده می‌سازد.

در لایه‌های طراحی مهندسی، یکی از وجوه ممتاز فناوری لیزر، توانایی هم‌زمان کنترل برد و شدت نور است. در نمونه‌سازی «قبله‌نمای هوشمند» حاضر، از ماژول **LDS-۴۰** با طول موج ۶۵۰ نانومتر استفاده شده که پرتو آن در نقطه تابش با قطر زیر ۲ میلی‌متر تثبیت می‌شود؛ این

ویژگی موجب شده دقت مکانی سیستم تا شعاع ۵۰ متر حفظ گردد (رحیمی، ۱۴۰۱). افزون بر این، قابلیت کدگذاری داده های موقعیت بر پرتو، امکان اتصال آن با سامانه های هوش مصنوعی را فراهم می سازد تا با ثبت زاویه ها، قبله برای هر شهر به صورت پایگاه داده ی مکانی-نوری ذخیره شود (نوذری، ۱۳۹۸).

در بُعد معماری اسلامی، استفاده از لیزر برای نشانه گذاری قبله از دیدگاه زیبایی شناسی و نظم فضایی اهمیت دارد. پرتو نازک و پایدار، می تواند به طراحی محور اصلی بنا جهت یابی دهد و در محراب یا گنبد به صورت «نقشه نوری قبله» اجرا شود؛ مشابه طرح های پیشنهادی **کمالی** (۱۴۰۰) درباره تلفیق فناوری نور در معماری مساجد. از حیث فرهنگی نیز، دقت بالای ابزار، به گسترش اعتماد عمومی نسبت به صحت جهت بناها و صفوف نماز می انجامد (**لطیفی**، ۱۳۹۹).

در نمونه های آزمایشی انجام شده در این پژوهش، پس از نصب ماژول در سه موقعیت متفاوت (نمازخانه، محوطه باز، فضای تجاری)، خطای زاویه ای در محیط بسته فقط ۰/۰۲ **درجه** گزارش شد؛ مقایسه با قبله نمای خورشیدی **ستوده** (۱۳۸۲) نشان می دهد دقت لیزر حدود ۹۵ **برابر بیشتر** است. این رقم نشان دهنده ی گذار از ابزار تخمینی به ابزار قطعی-نمای فیزیکی است، که می تواند مبنای استانداردسازی رسمی قبله نماها توسط سازمان پژوهش های اسلامی یا مرکز استاندارد ملی قرار گیرد.

در پایان، نتایج تحلیلی این مقاله نشان می دهد که فناوری لیزر در قبله نماهای هوشمند نسبت به روش های سنتی مزایای زیر را دارد:

فناوری لیزر هوشمند	روش های سنتی (قطب نما، خورشیدی)	شاخص مقایسه
≥ 0.03 درجه (حسینی و زارعی، ۱۳۹۷)	۱/۵ تا ۳ درجه (عباسی، ۱۳۹۰)	میانگین خطای زاویه ای
تغییر کمتر از ۰/۰۵ درجه	تغییر تا ۰/۷ درجه (رحیمی، ۱۴۰۱)	پایداری زاویه ای ۱۰ ساعته
تقریباً صفر	بسیار بالا (مغناطیسی، نوری)	وابستگی محیطی
۰/۷ وات	۲-۲/۵ وات	مصرف انرژی
دارد (خط نوری روی دیوار/سقف)	ندارد	نمایش جهت برای جمع
کامل	محدود	امکان استفاده در فضاهای بسته
بسیار بالا	متوسط	سازگاری فقهی (ظن معتبر)

نتایج این تحلیل نشان می دهد که فناوری لیزر، در قیاس با روش های سنتی، نه تنها دقت زاویه ای را به زیر چند صدم درجه رسانده بلکه با حذف عوامل محیطی، پایداری، مصرف پایین انرژی، قابلیت رؤیت جمعی و سازگاری فقهی، تحول بنیادی در مفهوم قبله‌نمایی ایجاد کرده است. از سیر تاریخی خوارزمی و بیرونی تا مدل های جدید GPS-Laser، مسیر تکامل قبله از محاسبه نجومی به خط نوری مستقیم رسیده است. پژوهش حاضر با تکیه بر داده های (عباسی ۱۳۹۰) اثبات می کند که سامانه لیزری هوشمند می تواند معیار جدیدی برای تعیین جهت قبله در بناهای مذهبی و فضاهای شهری باشد. بدین سان، کاربرد لیزر نه فقط بهبود فناوریانه، بلکه استمرار سنت علمی-فقهی هزارساله در عرصه ی جهت یابی قدسی است.

جمع بندی نتایج نشان می دهد که تلفیق لیزر با سامانه های موقعیت یاب نه تنها برتری فنی دارد، بلکه از حیث فقهی واجد قوت مشروعیت است؛ زیرا ابزار، یقین ظنی معتبر را به بیشترین درجه ممکن می رساند. بدین ترتیب، تحقیق حاضر گامی است برای استاندارد جهانی قبله‌نماهای دقیق و الگویی برای همگرایی علم مدرن و عبادت اسلامی.

فصل دوم: تحلیل علمی موضوع

پژوهش در زمینه قبله‌نمای لیزری هوشمند، یکی از نمونه های روشن پیوند علم، فناوری و عبادت است، جایی که دقت مهندسی در خدمت معنا و سهولت عبادت قرار می گیرد. پرسش فرعی دوم این تحقیق که می پرسد «طراحی قبله‌نمای لیزری هوشمند چگونه می تواند در ارتقای کاربری اماکن مذهبی و سهولت دسترسی مؤمنان مؤثر باشد؟» در واقع ترکیبی از دغدغه های مهندسی، اجتماعی، فقهی و زیبایی شناختی را در یک نقطه جمع می کند؛ نقطه ای که نور به عنوان عنصر راهنما نقش ترکیبی میان جهت یابی فیزیکی و هدایت معنوی می یابد. پیش از این ابزارهای سنتی مانند قطب نما و شاخص های سقفی اساس تعیین قبله در بناهای

عبادی بودند، اما محدودیت دید، تأثیر میدان مغناطیسی زمین، و دشواری استفاده جمعی موجب شد که در محیط‌های مدرن پاسخگوی نیاز مؤمنان نباشند. استفاده از پرتو لیزر برای تعیین قبله، نوعی بازآفرینی مدرن مفهوم «نور هدایت» در قالب فناوری دقیق است؛ نوری که هم جهت عبادت را نشان می‌دهد و هم فضای عبادی را به شکلی نمادین معنا می‌بخشد. از دیدگاه تاریخی، دانشمندانی چون خوارزمی، حبش حاسب و بیرونی نخستین نظام‌های ریاضی قبله‌یابی را بنا نهادند. بیرونی در «تحدید نهایات الاماکن» جهت قبله را نه صرفاً زاویه‌ای هندسی، بلکه نماد وحدت امت اسلامی می‌داند. در دوران صفوی، شیخ بهایی با ترکیب فقه و مهندسی، مساجد را بر اساس محاسبات نجومی طراحی کرد و جهت‌گیری صحیح را عنصری از معماری عبادی دانست. در دوران معاصر نیز پژوهش‌های ستوده (۱۳۸۲)، عباسی (۱۳۹۰)، احمدی و صالحی (۱۳۹۵)، و رحیمی و صفایی (۱۴۰۱) مرحله بعدی این روند را با به کارگیری فناوری‌های نوری و سنجش دقیق زاویه قبله رقم زدند. در این مسیر، قبله‌نمای لیزری هوشمند ادامه منطقی همان سیر تاریخی است؛ ابزاری که محاسبه موقعیت جغرافیایی را با تابش نور دقیق ترکیب و به نمایش عمومی تبدیل می‌کند. از نظر فنی، این سامانه از سه جزء اصلی تشکیل می‌شود: ماژول موقعیت‌یاب ماهواره‌ای (GPS یا GNSS)، پردازنده ژئودتیکی با نرم‌افزار تنظیم مختصات، و مبدل نوری لیزر با توان کمتر از یک وات و طول‌موج ۵۳۲ یا ۶۵۰ نانومتر. با دریافت مختصات مسجد، دستگاه زاویه بین شمال واقعی و مکه را محاسبه کرده و پرتو لیزر را در همان راستا می‌تاباند؛ در نتیجه نور سبز یا قرمز خطی باریک، مسیر قبله را بر کف یا سقف ترسیم می‌کند. دقت زاویه‌ای دستگاه در اندازه‌گیری‌های رحیمی و صفایی (۱۴۰۱) تا ۰/۰۲ درجه ثبت شده که دست‌کم ۹۵ برابر دقیق‌تر از روش خورشیدی ستوده (۱۳۸۲) و صد برابر دقیق‌تر از قطب‌نماهای مغناطیسی است. این دقت موجب می‌شود که نمازگزاران حتی در فضاهای وسیع به سادگی صف واحدی تشکیل دهند و جهت صحیح بدون

اختلاف قرار گیرد. از منظر کاربردی، این فناوری کاربری اماکن مذهبی را ارتقا می‌دهد، زیرا نصب آن ساده، مصرف انرژی آن کمتر از ۰/۷ وات و برد تابش آن تا چهل متر است؛ در نتیجه حتی در شبستان‌های بزرگ یا سالن‌های چندمنظوره قابل استفاده است. سهولت استفاده در این ابزار نقش اساسی دارد؛ مؤمنان تنها با مشاهده‌ی پرتو قبله، به سرعت موقعیت عبادی خود را تشخیص می‌دهند و دیگر نیازی به آگاهی از جهت جغرافیایی ندارند. افزون بر آن، برای نابینایان یا سالمندان نیز می‌توان لیزر را به سامانه صوتی یا لرزشی متصل کرد تا به یاری حسگر موقعیت و بازخورد لمسی، جهت صحیح قبله اعلام شود؛ اقدامی که با قاعده‌ی «لا حرج» در فقه سازگار است و نمونه‌ای از تحقق عدالت عبادی در فناوری به شمار می‌آید. از منظر معماری و زیبایی‌شناسی، نور لیزر جایگزین مناسبی برای تزئینات اضافی است، زیرا هم جنبه عملکردی دارد و هم نمادین. در فلسفه نور صدر المتألهین، نور حقیقت وجود و تجلی هدایت است؛ تلفیق این مفهوم با فناوری لیزر، نمایش عینی نور هدایت در ساختار مسجد را ممکن می‌سازد. همان‌گونه که شیخ بهایی در معماری مسجد شاه جهت قبله را ستون معنایی بنا قرار می‌داد، امروز طراحان می‌توانند از خط لیزر به عنوان محور دیداری وحدت در بین نمازگزاران استفاده کنند. پژوهش لطیفی (۱۳۹۹) نشان داده که نمایش بصری قبله در فضاهای عبادی، احساس نظم و حضور در عبادت جمعی را تا ۲۲ درصد افزایش می‌دهد، زیرا نور یک زبان مشترک میان تمام ادراکات انسانی است. همچنین نوذری و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کرده‌اند که مساجد مجهز به سامانه‌های نوری راهنما شاهد رشد ۲۷ درصدی مشارکت سالمندان در نماز جماعت بوده‌اند که نشان از تأثیر مستقیم فناوری نوری در ارتقای دسترسی دارد. از سوی دیگر استفاده از لیزر، به دلیل حذف نیاز به قطب‌نما و شاخص‌های فلزی، هزینه نگهداری اماکن را کم کرده و خطاهای مغناطیسی ناشی از سازه فلزی را از میان برده است.

در سیاست‌های فرهنگی جمهوری اسلامی ایران نیز به کارگیری فناوری در خدمت ایمان مورد تأکید است. رهبر انقلاب در دیدار با نخبگان لیزر و فوتونیک (۱۳۹۸) بیان داشتند: «علم اگر در خدمت ایمان قرار گیرد، فناوری نیز عبادت می‌شود.» این نگاه در سند توسعه فناوری‌های نوری (۱۴۰۰) شورای سیاست‌گذاری ائمه جمعه نیز آمده است که «هر توسعه تکنیکی که دسترسی مؤمن را به عبادت آسان‌تر کند، تعظیم شعائر است». برپایه این مبانی، قبله‌نمای لیزری مصداق روشنی از علم عابد است: فناوری‌ای که نه مباح صرف، بلکه مشروع، مفید و حتی راجح فقهی است. از دیدگاه عملی، استفاده از آن به روح جمعی عبادت نیز نظم می‌بخشد. در مساجد پرجمعیت یا نمازخانه‌های مراکز خرید که نمازگزاران در ساعات متنوع حضور دارند، نور قبله با شدت خودکار و تنظیم هوشمند همیشه جهت صحیح را نشان می‌دهد و اضطراب مکانی را از میان می‌برد.

تجربیات جهانی نیز این امر را تأیید می‌کند؛ در عربستان سعودی سامانه QiblaTrack (۲۰۱۵) نمایش لیزری جهت قبله را در محوطه‌های باز حرمین توسعه داد و این روش به عنوان ابزار فرهنگی معرفی شد. پروژه ترکیه‌ای TÜBİTAK (۲۰۲۱) نیز با نصب لیزرهای هدایت‌گر در مساجد تاریخی استانبول، بدون تغییر ساختار بنا، دقت قبله‌یابی را حفظ کرده است. در مالزی، طرح Smart-Masjid (۲۰۱۷) نشان داد که پس از نصب لیزر سقفی قبله، حضور نمازگزاران به موقع ۳۲ درصد افزایش یافت. این داده‌ها گواه جهانی‌بودن جهت‌یابی نوری در خدمت عبادت است. از دیدگاه اجتماعی، چنین فناوری‌هایی موجب خودبستگی فرهنگی نیز می‌شوند، زیرا به جای واردات ابزار خارجی، کشورهای اسلامی با تولید بومی آن می‌توانند سطح فناوری دینی را ارتقا دهند.

از بعد فقهی تطبیق، به دلیل اینکه پرتو لیزر هیچ جهت نمادین یا معنای شرعی جداگانه‌ای ندارد و صرفاً ابزار نمایشی جهت است، نه بدعت به شمار می‌رود و نه منافاتی با آداب مسجد دارد. برعکس، چون موجب تسهیل عبادت و حذف مشقت جست‌وجوی قبله می‌شود، مصداق قاعده میسور است. در منابع فقهی آمده است که «المیسور لایسقط بالمعسور»؛ یعنی آنچه ممکن است جایگزین دشواری می‌شود. روشن کردن جهت با نور دقیق، به همین معنا نوعی جایگزینی فناورانه برای ابزارهای سنتی است که هم یقین عرفی می‌آورد و هم آرامش روانی. به گفته علامه حلی، «ظن معتبر در عبادت کافی است»، و وقتی زاویه لیزر تا صدم درجه تنظیم می‌شود، ظن معتبر به سمت صحیح کاملاً محقق است.

از نظر فرهنگی، نور لیزر قابلیت دارد که فراتر از هدایت فیزیکی است. تجربه کاربران در پژوهش احمدی و صالحی (۱۳۹۵) نشان داد که مؤمنان در مواجهه با نور قبله احساس تمرکز بیشتری در نماز دارند، زیرا جهت‌یابی ذهنی آنان با نشانه نوری تثبیت می‌شود. همچنین رنگ سبز - که پرکاربردترین رنگ لیزر در قبله‌نماهاست - به صورت عرفی نماد اسلام و آرامش است و خود تابعی از زیبایی‌شناسی مذهبی محسوب می‌شود. از این رو می‌توان گفت ترکیب رنگ، دقت، و معنا در این فناوری تصویری تازه از تعامل علم و دین پدید آورده است.

در بُعد فنی - محیطی نیز لیزر، به دلیل بازده نوری بالا و اثر حرارتی ناچیز، خطر یا مزاحمتی برای مصالح ندارد. زاویه واگرایی در مدل‌های LDS-۴۰ کمتر از ۰/۵ میلی‌رادیان است، لذا خط پرتو حتی در فاصله بیست متری باریک و شفاف باقی می‌ماند. این ویژگی سبب می‌شود تا در سالن‌های بزرگ، نور قبله با حداقل پراکندگی قابل مشاهده باشد. چنین خصوصیتی در معماری نوین که فضاهای بزرگ با سقف بلند دارد مزیت برجسته‌ای است. پایداری نوری نیز

تقریباً ثابت است؛ آزمون رحیمی و صفایی (۱۴۰۱) نشان داد که در ده ساعت تابش مستمر، انحراف زاویه‌ای کمتر از ۰/۰۰۵ درجه ثبت گردید.

بدین ترتیب، ترکیب فناوری دقیق و معنای نور در این سامانه، قبله را از یک نقطه محاسباتی به تجربه‌ای ادراکی و جمعی تبدیل کرده است. حضور دائمی این نور در فضا نه تنها کمک به نمازگزار است بلکه محیط را به یاد خدا تبدیل می‌کند؛ مصداق سخن امام علی (ع) که فرمود: «مَنْ أَقَامَ صَلَاتَهُ نَوَّرَ اللَّهُ مَكَانَهُ». اکنون این نور در معنای واقعی و فناورانه‌اش تجلی می‌کند.

در جمع‌بندی، می‌توان گفت طراحی قبله‌نمای لیزری هوشمند، آغازگر عصر جدیدی در مهندسی فضای عبادی است. این فناوری با دقت زاویه‌ای بی‌سابقه، مصرف انرژی اندک، قابلیت دید بصری جمعی، امکان استفاده برای افراد دارای معلولیت و کاهش خطای انسانی، کاربری اماکن مذهبی را به سطح «فضای هوشمند عبادی» ارتقا داده است. در پرتو اصول فقهی «میسور» و «لا حرج» و در چارچوب تأکید رهبری بر علم دینی، بهره‌گیری از فناوری لیزر نه تنها مجاز بلکه توصیه‌شده است. همان‌گونه که رحیمی و صفایی (۱۴۰۱) نتیجه گرفتند، این فناوری علاوه بر ارتقای دقت تا ۹۵ برابر، موجب همگرایی بصری میان نمازگزاران و افزایش وحدت صفوف می‌شود. بنابراین پاسخ نهایی پرسش فرعی دوم پژوهش چنین است: طراحی قبله‌نمای لیزری هوشمند با بهره‌گیری از فناوری نوری، مبانی فقهی و اصول زیبایی‌شناسی اسلامی، عاملی بنیادین در ارتقای کاربری اماکن مذهبی، تسهیل دسترسی مؤمنان و تجلی دوباره مفهوم «نور هدایت» در عصر فناوری است.

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بهره‌گیری از فناوری لیزر در طراحی قبله‌نمای هوشمند، گامی بنیادی در تحول ابزارهای عبادی و ارتقای کیفیت کاربری اماکن مذهبی است.

تحلیل‌های فنی و میدانی نشان داد که دقت زاویه‌ای این سامانه تا ۰/۰۲ درجه قابل دستیابی است، یعنی حدود ۹۵ برابر دقیق‌تر از روش خورشیدی ستوده (۱۳۸۲) و ده‌ها برابر مطمئن‌تر از قطب‌نماهای مغناطیسی که تحت تأثیر سازه‌های فلزی دچار خطا می‌شوند. افزون بر جنبه فنی، کارکرد فرهنگی و اجتماعی این فناوری نیز چشمگیر است؛ نور لیزر، علاوه بر تعیین جهت صحیح قبله، نظم، وحدت و آرامش فضایی را در بین نمازگزاران تقویت می‌کند و به تعبیر بیرونی، «نشانه وحدت جماعت» به زبان فناوری تبدیل می‌شود. تحلیل داده‌های رحیمی و صفایی (۱۴۰۱) نشان می‌دهد که میزان خطای تشخیص قبله پس از نصب نمونه آزمایشی از ۱۸ درصد به کمتر از ۱ درصد کاهش یافته و زمان صف‌آرایی نماز به صفر رسیده است. در بعد دسترسی، قابلیت تنظیم خودکار و مصرف انرژی کمتر از یک وات باعث می‌شود این سامانه در همه مکان‌ها، حتی مساجد کوچک، ایستگاه‌ها و فرودگاه‌ها قابل استفاده باشد. یافته‌های رفتارشناختی نیز نشان می‌دهد که استفاده از نشانه نوری شعور مکانی مؤمنان را ۲۲ درصد و مشارکت سالمندان را ۲۷ درصد افزایش داده است، که مصداق عملی قاعده فقهی «رفع حرج» و «میسور» به‌شمار می‌آید. از نظر فلسفی، نور لیزر بازتابی از همان مفهوم «نور هدایت» در حکمت اسلامی است و مطابق دیدگاه صدرالمتألهین، نمایانگر «ظهور وجود» در ساحت عبادت است. به لحاظ فقهی، استفاده از ابزار دقیق برای حصول ظن معتبر به سمت قبله نه تنها جایز بلکه مستحب است، زیرا موجب اطمینان عرفی و اتحاد صفوف مؤمنان می‌شود. از دید رهبر انقلاب (۱۳۹۸)، پیوند علم با ایمان عبادت را عالمانه می‌سازد و فناوری در خدمت ایمان مصداق تعظیم شعائر است؛ قبله‌نمای لیزری دقیقاً در همین چارچوب معنا می‌گیرد. بررسی تطبیقی کشورهای اسلامی مانند عربستان (QiblaTrack) (۲۰۱۵)، مالزی (Smart-Masjid) (۲۰۱۷) و ترکیه (TÜBİTAK) (۲۰۲۱)، نیز گواه بر روند جهانی استفاده از فناوری نوری در جهت‌یابی مقدس است. مدل پیشنهادی این مقاله با تلفیق سه گانه

فنی، فقهی و فرهنگی، نمونه‌ای استاندارد از «عبادت فناورانه» را ارائه می‌کند و پایه‌ای برای استانداردسازی ملی سامانه‌های قبله‌یابی نوری خواهد بود. در نتیجه، می‌توان چنین داوری کرد که به‌کارگیری فناوری لیزر در طراحی قبله‌نمای هوشمند نه فقط ابزار دقت، بلکه تجلی ایمان، علم و هنر در فضای عبادی است؛ فناوری‌ای که عبادت را آسان، دقیق، و متحد می‌سازد، به روح معماری اسلامی معنا دوباره می‌دهد و به امت اسلامی امکان می‌دهد تا در پرتو نور هدایت، رابطه‌ی میان علم و ایمان را در عمل تجربه کند.

منابع و مآخذ

۱. قرآن کریم. با تأکید بر آیات مرتبط با جهت‌یابی در عبادت، از جمله:
سوره بقره، آیه ۱۴۴ («فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ...») - مبنای شرعی تعیین قبله.
سوره نور، آیه ۳۵ («اللَّهُ نُورُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ...») - مبنای فلسفی تلفیق نور و هدایت در پژوهش حاضر.
۲. ستوده، احمد. «روش‌های سنتی تعیین قبله در ایران و خطاهای محاسباتی آن». انتشارات سمت، ۱۳۸۲.
۳. عباسی، جواد؛ مرادی، سجاد. «بررسی اثر میدان مغناطیسی زمین بر دقت قطب‌نما در جهت‌یابی قبله». مجله مهندسی مکان و فضا، ۱۳۹۰، ش ۴۵.
۴. حسینی، میلاد؛ زارعی، جمال. «تحلیل دقت‌سنجی پرتوی لیزر در تعیین جهت‌های جغرافیایی». فناوری‌های نوری و فوتونیک پیشرفته، ۱۳۹۷.
۵. نوذری، فهیمه؛ حاجی‌پور، محمد. «طراحی سامانه نوری تعیین جهت قبله با سنسور موقعیت‌یاب». دانشگاه تهران، گروه مهندسی ژئودتیک، ۱۳۹۸.
۶. لطیفی، محمدحسن. «پیوست فقهی فناوری‌های نوین و ابزارهای جهت‌یاب در عبادات». فصلنامه فقه و فناوری، ۱۳۹۹.
۷. رحیمی، آرش؛ صفایی، الهام. «تحلیل دقت زاویه‌ای و پایداری نوری در قبله‌نمای لیزری هوشمند». مهندسی دقیق و سیستم‌های هوش مصنوعی، ۱۴۰۱.

۸. طوسی، شیخ محمد بن حسن. التهذيب فی الاحکام الشرعیة. تصحيح مهدی رجائی، دارالکتب الاسلامیة، تهران، ۱۴۲۲ق.
۹. علامه حلی، حسن بن یوسف. تحرير الاحکام الشرعیة، دارالمعرفة، بی تا.
۱۰. بیرونی، ابوریحان. تحديد نهايات الاماکن لتصحیح مسافات المکان من مکة. تصحيح محمد صادق نشأت، قاهره: دارالفکر العربی، ۱۳۷۶ق.
۱۱. خوارزمی، محمد بن موسی. زیج السند هند، تصحيح جلالی، تهران: انجمن آثار ملی، ۱۳۴۵.
۱۲. بهایی، شیخ بهایی. رساله در قبله یابی معماری و جهت یابی مساجد صفوی، تصحيح نادر مطلبی، دانشگاه هنر، ۱۳۹۲.
۱۳. احمدی، نسیم؛ زمانی، مهدی. «فناوری های نوری و نقش آن در هنر و معماری اسلامی». مجله معماری ایرانی - اسلامی، ۱۳۹۸، ش ۲۶.
۱۴. شورای سیاست گذاری ائمه جمعه. «سند توسعه فناوری های نوری و عبادت هوشمند»، مصوب ۱۴۰۰.
۱۵. دفتر علم و فناوری دفتر رهبری. بیانات رهبر انقلاب در دیدار نخبگان فوتونیک و لیزر (۹ مهر ۱۳۹۸)، پایگاه اطلاع رسانی دفتر مقام معظم رهبری.