

راز سنگ ساعت مسجد امام (شاه عباسی) اصفهان

مهندس احمد سعید نیا*

استاد یاریان نشسته، دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۱/۲۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۸۷/۴/۱)

چکیده:

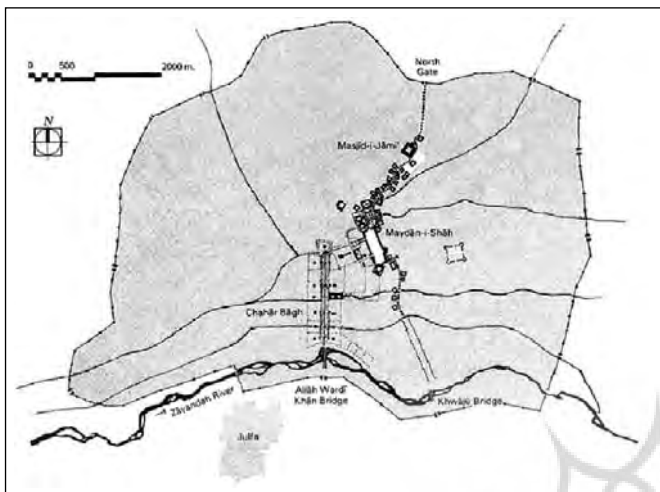
در حیاط غربی مسجد امام (شاه عباسی) اصفهان، واقع در میدان نقش جهان، قطعه سنگی در کنار دیوار شمالی نصب شده است که در تمام روزهای سال (۳۶۵ روز) هنگام نیمروز، لحظه ظهر را بدون سایه نشان می‌دهد. آن گاه موذن بر گلدسته رفته مردم شهر را به نماز فرا می‌خواند. سنگ ساعت از دو بخش تشکیل شده است، یکی سنگ مستطیل شکل و دیگری سنگ مثلثی شکل که در کنار آن نصب شده و مجموعاً یک دوزنقه قائم الزاویه را تشکیل می‌دهند و در هنگام نیمروز، آفتاب با زاویه ۱۲۵ به بدنه جنوب غربی می‌تابد و با بدنه شمال غربی مماس می‌گردد. مسجد امام برای جهت گیری به سمت قبله ۴۵ درجه به سمت جنوب غربی چرخیده است در حالی که میدان نقش جهان برای انطباق با تابش خورشید ۱۴ تا ۱۷ درجه به سمت جنوب شرقی جهت گیری نموده است. اختلاف این دو زاویه در دالان ورودی مسجد شاه و همچنین در دالان ورودی مسجد شیخ لطف‌اله به نحو شگفت‌انگیزی انعکاس یافته است. این شگفتی در سنگ ساعت مسجد شاه نیز وجود دارد. این سنگ نیز توسط شیخ بهایی تنظیم شده و در مسجد شاه نصب شده است. سنگ ساعت مسجد شاه انعکاسی از دو زاویه مسجد به سمت (جنوب غربی) قبله و میدان به سمت (جنوب شرقی) دیگر می‌باشد. راز این سنگ تنها در نحوه تابش آفتاب نیست، بلکه در نحوه پوشاندن سایه توسط سنگ مثلثی شکل است که در این تحقیق چگونگی آن آشکار شده است.

واژه‌های کلیدی:

سایه، سنگ ساعت، نیمروز، آفتاب نما.

مقدمه

از مشخصات محلی فراهم شده است، و با ترسیم ویژگی‌های سنگ و چگونگی سایه آن در این مقاله راز آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم. برای گشودن این راز ناگزیر بایستی نحوه استقرار مسجد و جهت میدان نقش جهان و چگونگی تابش آفتاب در رابطه با همدیگر مورد بررسی قرار گیرد.



نقشه ۱- موقعیت مسجد امام و میدان نقش جهان در اصفهان.
ماخذ: (اردلان-بختیار، ۱۳۸۰، ۹۷)

در سال ۱۳۸۲ در یک سفر "گردش علمی" با دانشجویان شهرسازی و معماری به اصفهان و شیراز، فرصت دوباره‌ای پیش آمد، تا با دقت بیشتری از شهر اصفهان و ابنیه پیرامون میدان بازدید کنیم. میدان نقش جهان و ابنیه پیرامون آن یکی از زیباترین مجموعه‌های معماری و باشکوه‌ترین فضای عمومی در ایران و جهان به شمار می‌رود. علاوه بر زیبایی و شکوه هر یک از ابنیه پیرامون میدان دارای رمز و رازی معماری و ریاضی هستند. بسیاری از ویژگی‌های این میدان و ابنیه آن را استادانی چون پوپ، گدار، فرای، اردلان-بختیار، توسلی و هنرفر و ... در نوشته‌های خود تشریح کرده‌اند. اما با کمال تعجب راز "سنگ ساعت" مسجد شاه عباسی اصفهان تاکنون ناگفته مانده است و آن ویژگی‌های "سنگ ساعت" مسجد شاه عباسی اصفهان است که در صحن غربی مسجد نصب شده که در تمام روزهای سال در هنگام نیمروز سایه آن محو می‌گردد.

راز این سنگ بی‌سایه (در نیمروز) چیست؟

تابش آفتاب در فصول مختلف در شهر اصفهان مانند همه نقاط دیگر هم در ارتفاع و هم در افق تفاوت می‌کند. اما چگونه است که سنگ در لحظه ظهر سایه‌ای ندارد؟

از سال ۱۳۸۲ تاکنون که این سوال برای من مطرح بوده است و جواب آن را در جایی ندیده‌ام، حال با استفاده از اطلاعات دقیق‌تری که

میدان نقش جهان

در ایران می‌باشد. از جمله اندازه این جهت‌گیری تقریباً برابر است با اندازه جهت‌گیری تخت جمشید به سمت جنوب شرقی.

میدان نقش جهان به درازای ۵۱۰ و پهنای ۱۶۵ متر در قلب شهر اصفهان قرار گرفته است.

در چهارسوی این میدان چهار بنای بزرگ و باشکوه از عصر صفوی وجود دارد، همگی آنها از میراث‌های بزرگ معماری عصر صفوی می‌باشند، در ضلع غربی سردر کاخ‌ها "عالی قاپو" در ضلع جنوبی مسجد امام (شاه عباسی)، در شمال سردر بازار بزرگ قیصریه و در شرق مسجد شیخ لطف‌اله قرار گرفته است. تمام این ساختمان‌ها که در اطراف میدان واقع شده‌اند به وسیله طاق نماهای دو اشکوبه به یکدیگر متصل شده با مجموعه‌ای را تشکیل می‌دهند که یکی از باعظمت‌ترین فضاهای عمومی جهان به شمار می‌رود.

این چهار ساختمان در عین حال نماد ارتباط و پیوند بین حکومت، دین و بازار (مردم) در عصر صفوی است. هر ساختمان به تنهایی و میدان نقش جهان به طور کلی برای خود داستان رمز آمیزی دارند که مایه شگفتی اذهان کنجکاو است.

میدان نقش جهان با زاویه ۱۷ درجه به طرف جنوب شرقی جهت‌گیری نموده است، که ورودی همه ساختمان‌ها در امتداد اضلاع آن قرار گرفته است، اما ساختمان اصلی مسجد شاه و مسجد شیخ با چرخش ۴۵ درجه به طرف جنوب غربی "قبله" توجیه گردیده‌اند و همین چرخش (به اندازه ۴۵ درجه) موجب راز آمیزی ورودی هر دو مسجد در میدان شده است.

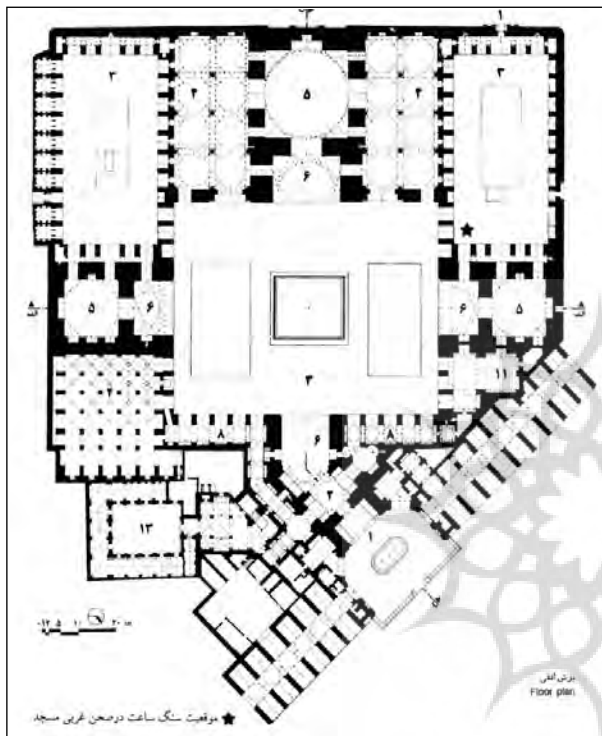
لازم به گفتن است که جهت‌گیری میدان نقش جهان به سمت جنوب شرقی مطلوب‌ترین اندازه جهت‌گیری ابنیه سکونتی و کاخ‌ها



نقشه ۲- موقعیت مسجد امام در میدان نقش جهان اصفهان.
ماخذ: (نجم آبادی، ۱۳۸۱، ۶)

میزان این چرخش را احساس نمی‌کند، ولی با کمال تعجب پس از عبور از دالان درست روبروی سردر شبستان مسجد ظاهر می‌شود!

پروفیسور پوپ، در این مورد چنین نوشته است: "این درگاه بیرونی آنطوری که طرح و موقع میدان ایجاب می‌کرد، رو به سوی شمال نهاده شده، لیکن چون محور اصلی مسجد می‌باید متوجه قبله (از شمال شرقی به جنوب غربی) باشد ضرورت داشت تا برای رفع هر ناهنجاری این تطبیق دشوار انجام پذیرد.



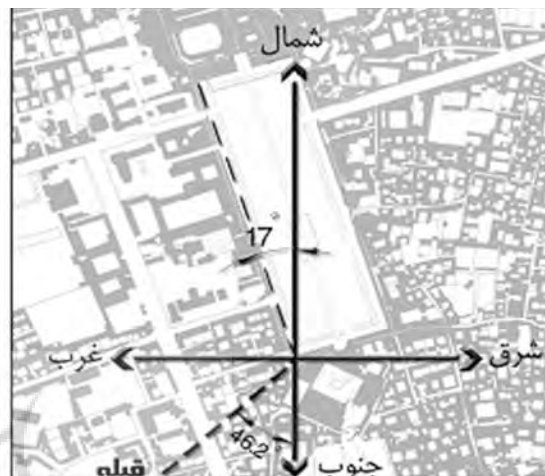
نقشه ۴- موقعیت مسجد امام (شاه) نسبت به میدان.
ماخذ: (کنجنامه، ۱۳۷۵، ۲۴/۱۶)

از میان درگاه بیرونی شخص وارد دهلیز بزرگی می‌شود. این نوع دهلیز از زمان‌های بسیار دور یکی از ویژگی‌های بناهای بزرگ ایران بوده است. این دهلیز دایره‌وار است از این رو جهت خصوصی ندارد بنابراین می‌تواند مبدایی باشد که محور بنا بر مدار آن بگردد. این دهلیز به داخل ایوان بلند طاق‌دار شمالی بازمی‌گردد و از میان اعماق پرسایه این درگاه است که ناگهان شخص در برابر صحن روشن و آفتابی مسجد به درون جهانی دیگر مملو از شکوه که حواس آدمی را در خود متمرکز می‌سازد (پوپ، ۲۵۴) (نقشه ۵).

همین چرخش عمدی، عیناً در مسجد شیخ لطف‌اله در ضلع شرقی میدان نیز انجام گرفته است. این نحوه قرارگیری معنای فضایی رازگونه‌ای به معماری هر دو مسجد و اجزاء آن بخشیده است. البته این چرخش یک الزام آیینی است، تا محراب مسجد به سمت قبله توجیه شود؛ لیکن این عمل آنچنان هنرمندان و استادانه انجام پذیرفته که استادان و دانشجویان معماری از این طرح و معنای فضایی آن در شگفتی می‌مانند!



ماخذ: (عمرانی، ۱۳۸۴، ۳۴۴)



نقشه ۳- موقعیت مسجد امام و میدان نقش جهان.
ماخذ: (نگارنده)

مسجد شاه عباسی

مسجد امام (شاه عباسی) در ضلع جنوبی میدان نقش جهان قرار گرفته است. در حالی که سردر جلو خان مسجد در امتداد ضلع جنوبی میدان است؛ صحن و شبستان یا کل بنای مسجد با چرخش ۴۵ درجه نسبت به ضلع جنوبی میدان و ۳۱ درجه نسبت به جنوب به سمت "قبله" توجیه شده است. همین جابجایی سردر و گنبد مسجد سبب شده است که از نقطه مقابل از سمت غرب میدان به نظر می‌رسد که مسجد دارای چهار گلدسته می‌باشد. زیرا دو گلدسته سردر و دو گلدسته گنبد در امتداد ضلع میدان یکدیگر قرار می‌گیرد. در حالی که از سمت شرق میدان این دو بر یکدیگر منطبق شده و به نظر می‌رسد که مسجد دارای دو گلدسته است.

دالان ورودی مسجد چون مدار فضایی جلوخان را به صحن داخلی مسجد پیوند می‌دهد و نمازگزار با حرکت در دالان مسجد



تصویر ۱- طراحی پاسکال کست از میدان نقش جهان.
ماخذ: (فلاندن، ۱۳۵۶، ۳۵)



تصویر ۳- نسبت سنگ مثلث شکل به سنگ مستطیل.
ماخذ: (مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۸۷)

سنگ ساعت از دو بخش تشکیل شده است: یکی سنگ مستطیل شکل (در واقع دوزنقه) به ابعاد $(+7) 123+67$ سانتی‌متر با ارتفاع ۲۴ سانتی‌متر که از سنگ مرمریت سفید/ خاکستری تراشیده شده و کاملاً معلوم است که آن را به تازگی ساخته‌اند و به جای سنگ قدیمی (که احتمالاً به علت فرسودگی شکسته است)، نصب کرده‌اند. نشانه فرسودگی در سنگ مثلثی مجاور آن نیز قابل مشاهده می‌باشد.

دیگری سنگ مثلث شکلی است از جنس گرانیت که در لبه شمال غربی سنگ اصلی نصب شده و مجموعاً با همدیگر یک دوزنقه قائم‌الزاویه را تشکیل می‌دهند. سنگ‌ها طوری در کنار همدیگر قرار گرفته‌اند که ضلع شمالی آنها کاملاً به دیوار چسبیده است و بدنه شمالی سنگ و سایه آن قابل رویت نمی‌باشد.

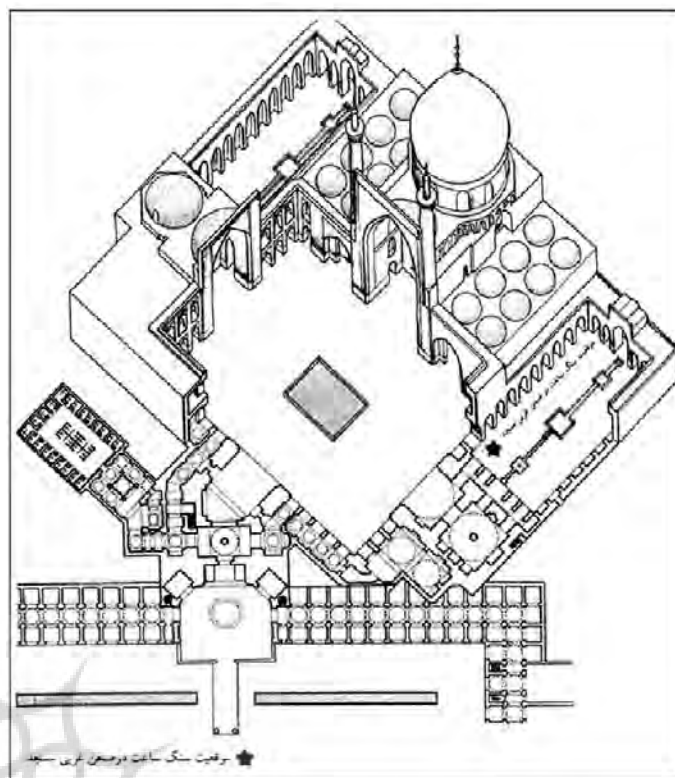


تصویر ۴- موقعیت‌های سنگ ساعت در حیاط غربی مسجد شاه.
ماخذ: (مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۸۷)

همانطوری که گفته شد در تمام روزهای سال در هنگام نیمروز (لحظه ظهر) تابش آفتاب بر بدنه شرقی (جنوب شرقی) و غربی (شمال غربی) این سنگ دوزنقه‌ای مماس می‌تابد و در آن لحظه سنگ هیچگونه سایه‌ای در سه وجه شرق و غرب جنوب ندارد. وجه شمالی سنگ نیز که به دیوار چسبیده و بالطبع سایه‌ی آن پدیدار نمی‌شود.

تابش آفتاب در اصفهان

برای بررسی سایه اشیاء (ساختمان‌ها) در شهر اصفهان آگاهی از نحوه تابش آفتاب ضروری است. زاویه تابش آفتاب و سایه اشیاء

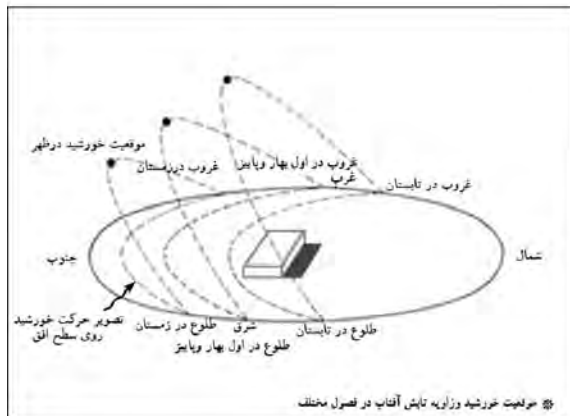


نقشه ۵- پلان صحن و رواق مسجد شاه اصفهان.
ماخذ: (کتاب Isfahan image paradisi)

"صورت‌بندی فضایی مسجد، مسجد شاه از سه صحن و چهار ایوان عمده و هفت فضای داخلی ترکیب شده است. صحن اصلی از خلال ایوان‌ها درون گنبدخانه‌ها به نوبه خود به صحن‌های جنبی باز می‌شود. صحن‌های فرعی غربی و شرقی فضای دو اشکوبه‌ای هستند هماهنگ با تناسبات صحن اصلی، این صحن‌ها هر یک خلوتی هستند دنج و سایه‌دار و محل تفکر و سکینت و آرام دلی" (اردلان-بختیار، ۱۳۸۱، ۱۲۴)



تصویر ۲- جایگاه سنگ ساعت در پای دیوار شمالی.
ماخذ: (مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۸۷)

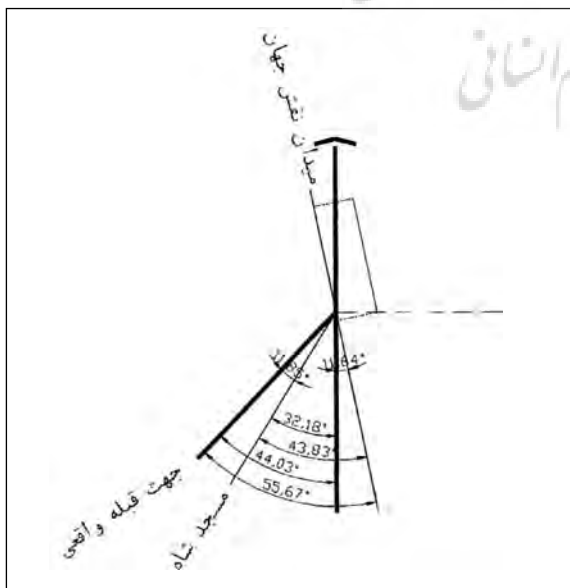


نگاره ۲- ارتفاع نیمروزی خورشید در فصول مختلف
ماخذ: (کسمایی، ۱۳۶۳، ۴۹)

قاعده کلی که در هر موقع سال در هر عرض جغرافیایی صدق می‌کند این است که ارتفاع نیمروزی خورشید در یک نقطه برابر است با ۹۰ درجه منهای قوسی از نصف‌النهار که میان آن نقطه و مداری واقع است که خورشید بر آن قائم است (همانجا)

مسیر خورشید در آسمان

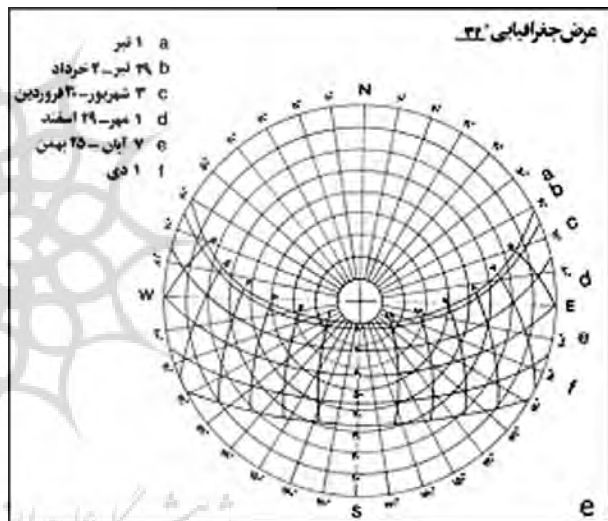
مسیر خورشید در آسمان را در هنگام انقلاب زمستانی و تابستانی و همچنین در هنگام اعتدالین در شکل موقعیت خورشید، نمایش داده شده است. افق به صورت دایره‌ای واقع در صفحه افقی رسم شده است. خورشید در شبانه‌روز یک دایره کامل بر کره آسمان طی می‌کند. بعضی اوقات مثلاً در اعتدالین این مسیرهای مستدیر دوائر عظیمه‌ای بر کره آسمان هستند و در اوقات دیگر دایره صغیره‌اند (همانجا).



نگاره ۳- اندازه جهت‌گیری میدان نقش جهان و قبله مسجد شاه اصفهان.
ماخذ: (<http://tanzil.infor/qibla/>)

در سطح کره زمین روزهای مختلف سال و ساعت‌های مختلف روز به چند عامل به شرح زیر بستگی دارد:

تمایل محور زمین: تمایل محور زمین و حرکت انتقالی آن چهارفصل را پدید می‌آورند. میزان بلندی و کوتاهی شبانه‌روز و همچنین زاویه تابش آفتاب (عرض‌های شمالی زمین) در انقلاب زمستانی به حداقل و در انقلاب تابستانی به حداکثر می‌رسد. در هنگام اعتدالین (بهار و پاییز) در میان آسمان قرار می‌گیرد. همانطوری که می‌دانید صفحه استوا نسبت به صفحه دایره البروج به اندازه تقریبی ۵ درجه و ۲۳ دقیقه تمایل دارد. در نتیجه محور زمین با صفحه دایره البروج زاویه ۵ درجه و ۶۶ دقیقه می‌سازد. هیچ عامل دیگری به تنهایی به اندازه تمایل محور زمین در تابش آفتاب و سایه اهمیت ندارد. ارقام ۵ درجه و ۶۶ دقیقه و ۵ درجه و ۲۳ دقیقه در همه تحقیقات وابسته به ارتباط زمین و خورشید دخالت دارد (دایره‌المعارف فارسی: ۱۳۸۱، ۱۸۹۹)



نگاره ۱- دیاگرام آفتاب در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه.
ماخذ: (کسمایی، ۱۳۶۳، ۴۹)

ارتفاع خورشید در نیمروز

هنگامی که خورشید منتهای ارتفاع را در آسمان دارد در لحظه معینی در نصف‌النهار قرار می‌گیرد و آن هنگام (آن لحظه) ظهر خوانده می‌شود.

لحظه عبور خورشید از نصف‌النهار زاویه میان شعاع واصل از خورشید به زمین را در هنگام ظهر به افق ارتفاع نیمروزی خورشید می‌نامند. (همانجا)

اندازه ارتفاع نیمروزی خورشید را می‌توان از روی زاویه حاصل میان شعاع خورشید و خط مماس بر کره زمین در عرض جغرافیایی مورد نظر به دست آورد. چنانکه ارتفاع خورشید در عرض ۳۲ درجه و ۲۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه اصفهان در اول فروردین ۵۷ درجه و ۴۰ دقیقه باشد در اول تیرماه ۸۰ درجه و ۵۶ دقیقه و در اول دی ماه ۰۶ / ۳۴ می‌باشد.

راز سنگ آفتاب‌نما

در همین جا لازم است ارقام مربوط به اندازه و ابعاد سنگ و همین طور راجع به اندازه زوایای موقعیت مسجد و میدان نسبت به جهات جغرافیایی و نسبت به همدیگر ارائه شود.

در نقشه کلاوس هروگ (۱۳۷۶: ۱۵) که مجموعه میدان نقش جهان و ابنیه وابسته به آن ترسیم شده است ابعاد و اندازه‌های زیر به دست می‌آید:

- اندازه زاویه جهت میدان نقش جهان به سمت جنوب شرقی ۱۴ درجه

- اندازه زاویه جهت میدان نقش جهان با مسجد ۴۵ درجه
- اندازه زاویه جهت مسجد امام با شرق و غرب ۳۲ درجه برابر با اندازه (فرضی) قبله

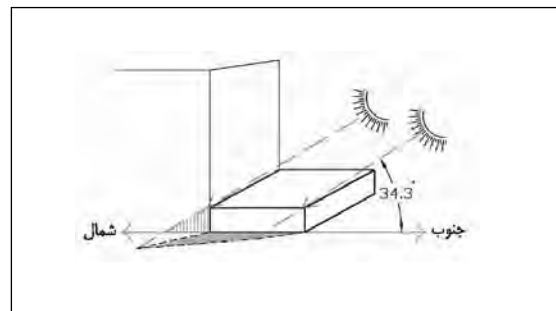
این اندازه با اندازه‌های واقعی که امروزه به وسیله دستگاه‌های دقیق اندازه‌گیری نقشه برداری و نجوم قابل محاسبه است متفاوت می‌باشد. این تفاوت‌ها به شرح زیر است.

- اندازه زاویه جهت میدان نقش جهان به سمت جنوب شرقی ۱۱/۶۴ درجه

- اندازه زاویه جهت میدان نقش جهان با مسجد امام ۴۳/۸۳ درجه
- اندازه زاویه قبله (جنوب غربی) در محل مسجد امام ۴۴/۰۳ درجه



نگاره ۴- سایه جبهه شمالی سنگ ساعت در هنگام انقلاب زمستان و انقلاب تابستانی و اعتدالین. (ماخذ: نگارنده)



نگاره ۵- سایه سنگ مستطیل شکل در غرب هنگام ظهر. (ماخذ: نگارنده)

همین اندازه نیز با اندازه‌های دیگر تفاوت دارند.

- اندازه زاویه جهت میدان نقش جهان به سمت جنوب شرقی بر اساس نقشه سازمان نقشه‌برداری و گیتاشناسی ۱۷ درجه می‌باشد.

- اندازه زاویه قبله در مرکز شهر اصفهان بر اساس محاسبات دکتر ایرج ملک‌پور، محمدرضا ضیاء (۱۳۷۵، ۶۵) برابر ۴۶/۰۲ درجه می‌باشد (طول جغرافیایی اصفهان ۵۱/۴۰ و عرض آن ۳۲/۴۰ در نظر گرفته شده است)

بر اساس پژوهشی که برای اندازه‌گیری انحراف قبله مساجد تاریخی اصفهان توسط گروه تحقیق دانشگاه اصفهان به سرپرستی دکتر مهرداد حجازی انجام گرفته است؛ اندازه‌های زیر در مورد قبله اصفهان و قبله محراب مساجد امام و شیخ لطف‌اله به دست آمده است.

اندازه قبله شهر اصفهان "۳۷/۱۱/۴۶۰"

اندازه انحراف محراب مسجد امام "۲۹/۱۷/۱۲۰"

اندازه انحراف محراب مسجد شیخ لطف‌اله "۴۰/۱۱/۱۴۰" (حجازی، ۱۳۸۵، ۴)

لازم به گفتن است که تحقیق یاد شده به وسیله دستگاه‌های دقیق نقشه‌برداری و به روش علمی (ریاضی) انجام گرفته و نتایج ارزنده آن قابل استناد می‌باشد.

محققین این پژوهش توضیح داده‌اند که علت انحراف محراب مساجد تاریخی اصفهان ناتوانی مسلمانان در اندازه‌گیری قبله نبوده است. بلکه شرایط بافت شهر و انطباق ساختمان با تابش آفتاب و محدودیت‌های محل؛ تغییراتی را در جهت‌گیری مسجد ایجاد می‌کرده است که آن تغییرات باعث انحراف نسبی محراب مساجد تاریخی از قبله شده است. از نظر شرعی نیز از بررسی منابع فقهی این نتیجه به دست آمده است که قبله می‌تواند از طرفین تا ۴۵ درجه به هر سمت انحراف داشته باشد (همانجا).

همانطوری که ملاحظه می‌شود، این تفاوت‌ها در اندازه‌ها به تناسب میزان دقت ابزارهای اندازه‌گیری تغییر می‌کند. پرداختن به چگونگی این تفاوت نیز می‌تواند مانع یافتن جواب درست شود و ذهن خواننده از اصل مطلب منحرف نماید.

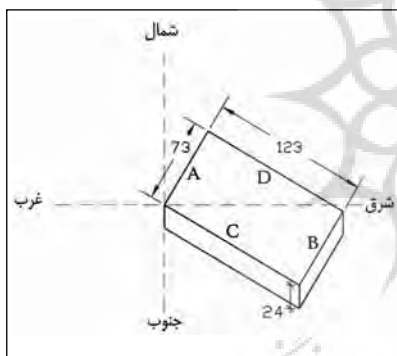
اندازه‌های مورد عمل برای طراحان میدان و مسجد و سنگ همان اندازه‌هایی است که بر روی زمین به عنوان واقعیت عینی (نه واقعیت ریاضی) قابل مشاهده و اندازه‌گیری است. یعنی اندازه‌هایی که ملاک عمل طراحان بوده است. (و در نقشه مندرج می‌باشد)، ما بر اساس آخرین اندازه‌گیری‌های مربوط به قبله موضوع ساعت آفتاب‌نما را مورد بررسی قرار می‌دهیم؛ اما همین اندازه‌ها در یک جا یعنی در اندازه زوایای سنگ ساعت برای انطباق با زاویه تابش آفتاب (در اصفهان) اختلاف پیدا می‌کند. در این حالت روش‌های عملی بیشتر از روش‌های ریاضی، به حل مساله کمک خواهد کرد. (زیرا به علت اختلاف ریاضی عملاً سنگ ساعت با تابش آفتاب در ظهر محلی تطبیق داده شده است و در صفحه بعد بدان اشاره می‌شود.

است. هیچگاه در هنگام نیمروز گریزی از آن سایه نیست.

$$\text{اندازه سایه } h \text{ برابر است با } \frac{0.7}{\text{Tg} \alpha \times (25^\circ)} = 51 \text{ متر}$$

$$\text{سانتی متر } 1 = 51 \text{ (طول ضلع مقابل)} = 0.7 \times 73$$

نکته مهم: برای قرار گرفتن وتر مثلث در راستای نصف النهار، زاویه $23/5^\circ$ مطابقت نمی کرده است، بنابراین طراح سنگ مجبور شده است اندازه زاویه راس مثلث را به 36° درجه افزایش دهد و در مقابل برای جفت و جور شدن سنگ در کنار دیوار، تغییراتی نیز در اندازه زوایا و ابعاد آن اعمال نماید: از جمله زاویه مقابل زاویه راس مثلث را از 90° درجه به 93° درجه افزایش داده تا جمعاً زاویه 125° در راستای نصف النهار تشکیل گردد و تا آفتاب نیمروزی بر بدنه غربی سنگ مثلث شکل مماس گردد. لازم به گفتن است که اندازه حقیقی جهت شمال و جنوب جغرافیایی با زاویه 35° یا 36° درجه راس سنگ مثلث شکل به اندازه 2 تا $2/5$ درجه اختلاف را نشان می دهد. این اندازه برابر است با میزان انحراف سنگ ساعت مسجد امام که در نتایج بررسی گروه تحقیق دانشگاه اصفهان که برابر $2^\circ/42'/21''$ به دست آمده است (حجاری ۱۳۸۵، ۵).



نگاره ۸- مشخصات بخش مستطیل سنگ ساعت.
(ماخذ: نگارنده)

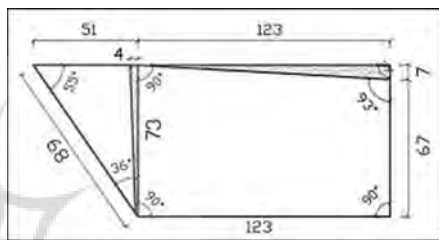
در اینجا نیز شیخ بهایی برای بی سایه کردن این وجه از سنگ (وجه شمال غربی) سنگ مثلثی شکل را درست به اندازه بلندترین اندازه h (۵۱ سانتیمتر) ساخته و در کنار سنگی اصلی نصب نموده است به طوری که تمامی سطح سایه در هنگام نیمروز پوشانده شود و تابش آفتاب با زاویه 123° بر بدنه خارجی سنگ مثلث (در جهت شمال غرب) و درست در جهت نصف النهار محل مماس گردد.

در هنگام مماس شدن اشعه خورشید بر بدنه غربی، سنگ مثلثی شکل (بخش مثلثی سنگ نوزنقه) درست هنگام ظهر شهر اصفهان را نشان می دهد.

هر ذهن هوشمند برای پیدا کردن جواب مساله تلاش می کند تا با بررسی اندازه های سایه و آفتاب وجوه ریاضی و فیزیکی مساله را پیدا کند، در حالی که شیخ بهایی سعی نموده با پنهان کردن سایه یعنی موضوع قابل بررسی، "صورت مساله" را حذف کرده و معمایی را طراحی نموده است که تاکنون کسی به پاسخ آن نپرداخته است.

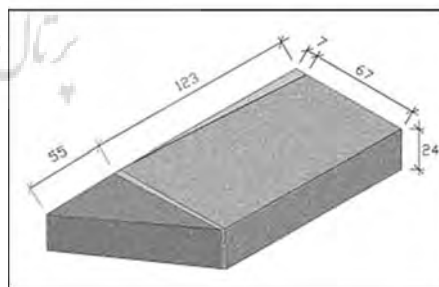
پس از بررسی چگونگی جهت گیری هر سه عنصر سنگ، مسجد و میدان نسبت به چهار جهت اصلی، علت بی سایه شدن سنگ ساعت یا "آفتاب نما" را می توان چنین تحلیل کرد:

جهت گیری سنگ و مسجد به طرف قبله با زاویه $23/5^\circ$ جنوب غربی و تقریباً 45° نسبت به میدان، سبب شده است که در هنگام نیمروز (در تمام فصول سال علیرغم تغییر ارتفاع نیمروزی خورشید) همواره با زاویه 125° درجه به بدنه جانبی سمت جنوبی (C) سنگ اصلی (مستطیل شکل) بتابد، دو سطح جانبی C و B یعنی سطح جنوب غربی و جنوب شرقی و سنگ کاملاً روشن و بدون سایه می ماند. در حالی که بدنه شمال شرقی (D) و شمال غربی (A) هر کدام به دلیل زاویه تابش خورشید در آن جهت دارای سایه هستند.



نگاره ۶- ابعاد سنگ ساعت مسجد شاه.
(ماخذ: نگارنده)

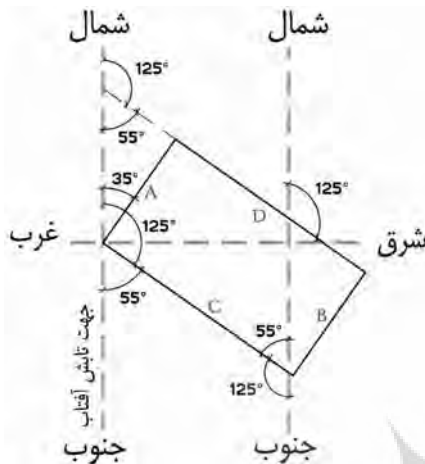
الف) سایه بدنه شمال شرقی بدنه D حاصل ارتفاع نیمروزی خورشید در آسمان است که بر حسب روزهای مختلف سال بلند و کوتاه می شود در نتیجه هیچگاه این وجه از سنگ در هنگام نیمروز بدون سایه نخواهد بود. شیخ بهایی برای بی سایه کردن این وجه از سنگ در هنگام نیمروز وجه شمالی سنگ را (که ضرورتاً دارای سایه است) به دیوار مقابل چسبانیده و عملاً سایه را به وسیله دیوار پوشانیده است تا بالطبع پدیدار نشود!



نگاره ۷- ابعاد و حجم سه بعدی سنگ ساعت اصفهان.
(ماخذ: نگارنده)

ب) بدنه شمال غربی سنگ بدنه A نیز در نیمروز هر روز از سال به علت ارتفاع نیمروزی خورشید از یک سو و جهت قرارگیری سنگ بین 36° و 35° به سمت جنوب غربی و جهت تابش آفتاب 125° همواره در هنگام نیمروز تمام روزهای سال کم و بیش دارای سایه می باشد. اندازه سایه جانبی سنگ اصلی برابر است با $(h:D \times \text{Tg} \alpha)$ که اندازه h در روزهای مختلف یکسان

شیخ و شاه و میدان نقش جهان توجه کنیم و به کسانی که این رازها را برای ما گشوده‌اند آفرین بگوییم.

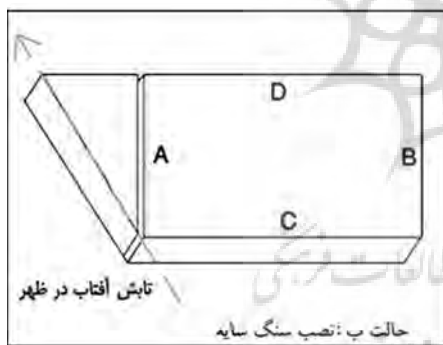


نگاره ۹- زوایای تابش آفتاب به بخش مستطیل سنگ ساعت. (ماخذ: نگارنده)

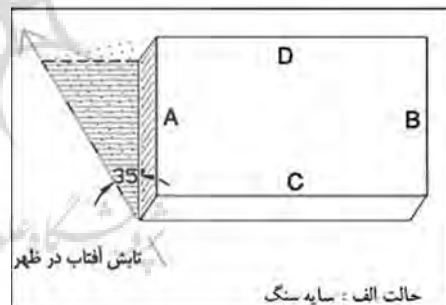
سنگ مثلثی شکل درست به اندازه سایه‌ای درست شده است که عیناً در هر نیمروز در کنار سنگ اصلی تشکیل می‌گردد و با قرار دادن سنگ مثلثی بر روی سایه عملاً آن را از نظرها پنهان کرده است. در واقع سایه را با سنگ پوشانیده است.

به احتمال قریب به یقین، عملاً ابعاد سایه سنگ اصلی را با گچ روی زمین (یا روی کاغذ) رسم نموده و سنگی به اندازه ابعاد آن تراشیده و در همان محل (رسم شده) نصب نموده‌اند. این عمل نیازی به محاسبات ویژه نداشته و عملاً به درستی با نصف‌النهار محل منطبق شده است. اما معمایی را برای اهل حساب و هندسه مطرح ساخته است که تا به امروز به صورت راز باقی مانده است!

در این بررسی علاوه بر مساله سنگ ساعت ضرورتاً تعدادی مساله در میدان نقش جهان و مسجد شاه و شیخ لطف‌اله مطرح شد، که همگی به گونه‌ای در این بررسی دخیل بودند، هر چند جواب مساله در تحلیل ریاضی تابش آفتاب نبود. معهذاً بدون بررسی ریاضی جواب مساله قانع‌کننده به نظر نمی‌رسید. بررسی راز سنگ ساعت مسجد امام (شاه عباسی) این ارزش را داشت تا یک بار دیگر به رازهای مساجد



نگاره ۱۱- حالت ب- اندازه سنگ مثلثی شکل به اندازه سایه سنگ مستطیل. (ماخذ: نگارنده)

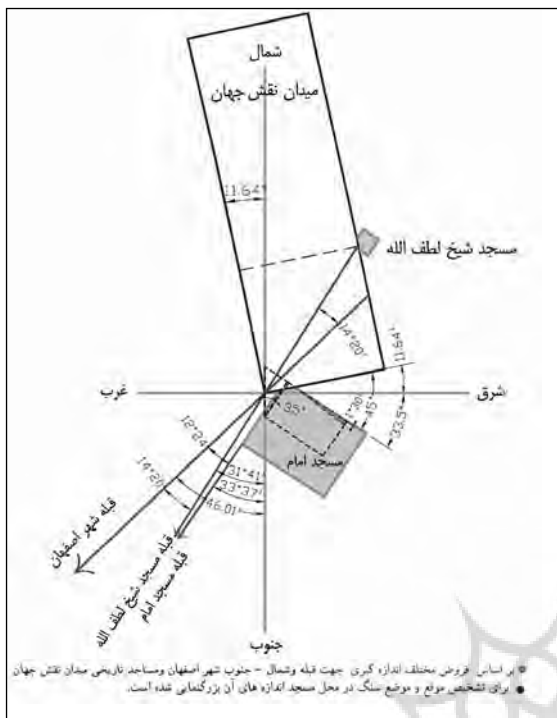


نگاره ۱۰- حالت الف- سایه سنگ ساعت در بخش مستطیل مسجد شاه اصفهان در هنگام ظهر. (ماخذ: نگارنده)

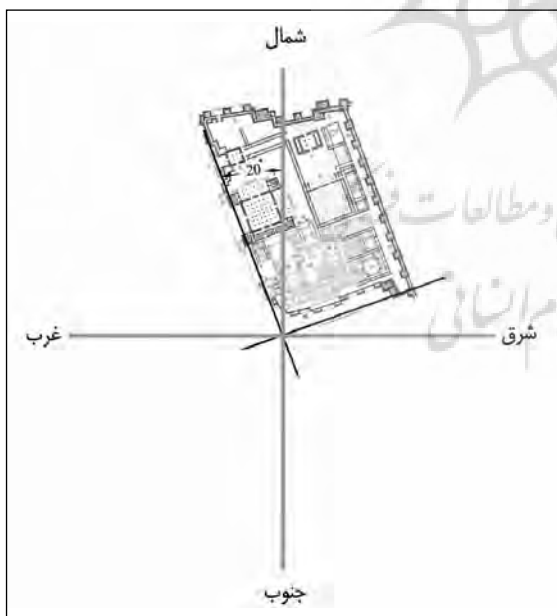
نتیجه

مسجد شاه نیز برای توجیه به طرف قبله (45° نسبت به میدان) به طرف جنوب غربی پیچیده است. (البته این اعداد تقریبی است) در نتیجه موضع "سنگ ساعت" در حیاط غربی مسجد انعکاسی از اندازه هر دو چرخش می‌باشد. آفتاب در هر نیمروز به جای 90° درجه با زاویه 125° درجه به سنگ مستطیل شکل می‌تابد و

سنگ ساعت داخل مسجد شاه اصفهان در عین سادگی نشان‌دهنده پیچیدگی حاصل از تغییر زاویه میدان نقش جهان و مسجد شاه می‌باشد. میدان نقش جهان به منظور انطباق با جهت مطلوب تابش آفتاب در فصول چهارگانه به اندازه تقریبی 12° نجومی تا 17° جغرافیایی به طرف جنوب شرقی چرخیده است.



نکاره ۱۲ - موقعیت سنگ ساعت در مسجد در رابطه با جهت‌های قبله و جغرافیا.
(ماخذ: نگارنده)



نکاره ۱۳ - جهت‌گیری صفا تحت جمشید به سمت جنوب شرق.
(ماخذ: نگارنده)

سایه‌ای به اندازه سنگ "آفتاب‌نما" ۳۵ درجه (زاویه راس) در ضلع شمال غربی سنگ تشکیل می‌دهد. طراح سنگ "آفتاب‌نما" در کنار سنگ مستطیل نصب نموده است، به طوری که آفتاب در نیمروز (تمام روزهای سال) به بدنه سنگ مثلثی شکل مماس می‌تابد و سایه‌ای بر زمین نمی‌افتد. تمام پیچیدگی موضوع در اندازه زاویه مثلث نهفته است. نکته جالب اینکه در هنگام نیمروز سایه‌ای درست به شکل مثلث با اندازه‌زویای 35° ، 55° و 90° در لبه شمال غربی سنگ مستطیل تشکیل و بر زمین می‌افتد. طراح عملاً سنگی به اندازه‌های ابعاد سایه تراشیده و در کنار سنگ مستطیل نصب کرده و راز آن را پنهان داشته است.

پی‌نوشت

^۱ همسانی سمت‌گیری تخت جمشید و تقریب زاویه جهت‌گیری صفا تخت جمشید با زاویه میدان نقش جهان یکی از شگفتی‌هاست. تفاوت آنها مربوط به موقعیت جغرافیایی آنهاست. نخستین بار این مطلب را از گفتارهای استاد پیرنیا شنیده‌ام. بررسی زاویه تخت جمشید و میدان نقش جهان این واقعیت شگفت‌انگیز را تأکید می‌کند.

تخت جمشید در میان جلگه مرو دشت در دامنه کوه رحمت (چمگان) قرار دارد. مجموعه صفا تخت جمشید به اندازه ۱۸ تا ۲۰ درجه در جهت جنوب شرقی مستقر شده است. درازای صفا تخت جمشید ۴۵۷ متر و پهنای آن ۳۰۰ متر است و صفا تخت جمشید طوری توجیه شده است که در هنگام اعتدالین ابتدای سال (نوروز) و ابتدای ماه مهر در هنگام غروب اشعه‌های خورشید مستقیماً از دروازه اصلی به داخل کاخ می‌تابد. این پدیده راز دیگری را برای ذهن کنجکاو به میان می‌آورد که در یک پژوهش دیگر بایستی مورد بررسی قرار گیرد.

قدردانی و تشکر

وظیفه دارم از افراد و موسسات زیر که در تهیه این مقاله به من کمک کردند تشکر کنم.

- مهندس فرخ نوزی، مهندسین مشاور باوند (مشاور منطقه تاریخی شهر اصفهان) که آخرین اطلاعات مربوط به مشخصات ریاضی محل را در اختیار این جانب گذاشته اند در متن به آنها ارجاع شده است.
- مهندسین مشاور شهر و خانه در اصفهان که عکس‌های جدیدی از سنگ ساعت تهیه و با دقت ابعاد آن را اندازه گرفتند که در متن به آنها ارجاع شده است.
- نسیم امامی، که با شکیبایی دیاگرام‌های این مقاله را با آزمون و خطاهای بسیار من ترسیم نمودند که در متن گنجانده شده‌اند.
- از مهندسین مشاور بافت شهر که همه امکانات را بی‌دریغ برای تهیه این مقاله در اختیار من گذاشتند.
- مهندس حسین نصر اصفهانی به خاطر نقشه‌ها و همکاری‌های ایشان که در متن به آنها ارجاع شده است.
- دکتر مهرداد حجازی، به خاطر ارسال متن تحقیق مربوط به انحراف قبله مساجد تاریخی اصفهان.

فهرست منابع:

- اردلان نادر و بختیار، لاله (۱۳۸۰)، حس وحدت، ترجمه‌ی حمید شاهرخ، انتشارات سازمان زیباسازی شهرداری تهران، نشر خاکسار، تهران.
- پوپ، پرفسور آرتور اپهام (بی‌تا)، معماری ایران، ترجمه کرامت‌اله افسر، انتشارات یساولی فرهنگسرا، تهران.
- توسلی، محمود (بی‌تا)، قواعد و معیارهای طراحی فضای شهری، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، تهران.
- حجازی، مهرداد و مومنی، مهدی و طلایی، سارا (۱۳۸۵)، اندازه‌گیری انحراف قبله مساجد تاریخی اصفهان، مجموعه مقالات همایش بین‌المللی نقش اصفهان در توسعه علوم، فرهنگ و تمدن اسلامی، دانشگاه اصفهان، ۲۰-۳۰ آذر.
- ریچاردز، فرد (۱۳۷۹)، سفرنامه، ترجمه مهین دخت صبا، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، تهران.
- عمرانی، مرتضی (۱۳۸۴)، اصفهان به اهتمام سازمان ملی زمین و مسکن، ناشر وزارت مسکن و شهرسازی، تهران.
- کسمایی، مرتضی (۱۳۶۲)، اقلیم و معماری، شرکت خانه‌سازی، تهران.
- کلروس، هروگ (۱۳۷۶)، ساختار شکل در معماری اسلامی ایران و ترکستان، ترجمه محمد تقی مطلق، واحد پژوهش و ترجمه بانیان، مهندسان مشاور نشر بوم، تهران.
- گنجانمه (۱۳۷۵)، مساجد اصفهان، فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، دفتر دوم، دانشگاه شهید بهشتی، شرکت توسعه فضاهای فرهنگی وابسته به شهرداری تهران، تهران.
- فلاندن، اوژن (۱۳۵۶)، سفرنامه فلاندن به ایران، ترجمه محمد حسین سعادت نوری، انتشارات کتابفروشی اشراقی، تهران.
- مصاحب (۱۳۸۱)، دایره‌المعارف فارسی، سازمان کتاب‌های جیبی، تهران.
- ملک‌پور، ایرج و صیاد، محمدرضا (۱۳۷۵)، قبله در ایران، دانشگاه تهران، تهران.
- مکانیک، مینا و موسی آقایی لنگرانی (بی‌تا)، منحنی‌های زوایای خورشید، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن نشریه شماره ۱۰، تهران.
- نجم‌آبادی، محمد حسین (۱۳۸۱)، مسجد شیخ لطف‌اله و ویژگی‌های آن، نشر و پژوهش فرزانه، تهران.
- Urbanisme ISPAHAN SOUS LES GRANDS CHAHS, Deuxième. Annee. Numéro 10 Paris, 1932.