hive of SID
ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2020.102366

سامانه‌های نوری طبیعی ارگونومیک در موزه‌های هنری*

مهسا شهپرنیا[1]- نیلوفر نیکقدم[2]

۱. کارشناسی ارشد معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. استادیارگروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۱ تاریخ اصلاحات: ۹۷/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۰۴/۳۱ تاریخ انتشار: ۹۸/۱۲/۲۹

چکیده

عرضه آثار عملکرد اولیه و قابلیت دیدن و لذت بردن از بازدید عملکرد متعالی موزه‌هایی با محوریت نمایش آثار هنری است. بر این اساس، استفاده از نور به‌عنوان عامل بنیادین ادراک بینایی یکی از راه‌های ارتقاء عملکرد موزه و لذت‌بخش کردن فضا برای انسان است. لذا پرداختن به چگونگی امکان تحقق نورپردازی ارگونومی به‌عنوان دانشی انسان‌محور در قالب سامانه‌های نوری طبیعی به‌عنوان کامل‌ترین طیف نور می‌تواند گامی مؤثر در بهبود عملکرد موزه‌های هنری[1] تلقی شود. این پژوهش بر پایه فرضیه‌ای مبنی بر کاربرد ارگونومی در نورپردازی موزه‌های هنری و پرسشی کاربردی متکی بر استخراج سامانه‌های نوری طبیعی ارگونومیک در این موزه‌ها پی‌ریزی شده است. این نوشتار پژوهشی کیفی با هدفی کاربردی- توسعه‌ای است که مطالعات پایه در آن به صورت کتابخانه‌ای و پردازش داده‌ها به روش تحلیل محتوای توصیفی ـ تطبیقی بر اساس اطلاعات متنی مستخرج صورت گرفته است. علاوه بر آن به جهت بررسی دقیق‌تر کاربرد متقابل دو به دوی مؤلفه‌های مطرح شده در ادبیات پژوهش تکنیک کاربردی SWOT و نیز نرم‌افزاری مرتبط با بررسی اصول نورپردازی ارگونومی جهت تدقیق نتیجه در بخش یافته‌ها به کار رفته است. سامانه‌های نوری طبیعی سقفی جهت نورپردازی در فضای موزه‌های هنری مناسب‌تر از سامانه‌های دیواری است. بررسی دقیق‌تر سامانه‌های متداول در موزه‌ها نشان می‌دهد سامانه فتوولتائیک و سپس سپر نوری مناسب‌ترین سامانه برای نورپردازی طبیعی در موزه است و در رده‌های بعد لوله‌های نوری و تاقچه نوری قرار می‌گیرد. تحقق شاخص‌های بصری نورپردازی ارگونومیک متکی بر کیفیت بالای نور طبیعی، کیفیتی مطلوب در نگریستن به آثار هنری است. در بهینه‌ترین شرایط ترکیب سامانه فتوولتائیک با سپر نوری می‌تواند موجب توزیع مناسب نور ضمن کنترل بیشتر خیرگی، درخشندگی، سایه‌اندازی و کنتراست در موزه‌های هنری شود؛ در این روند در نظر گرفتن نورگیرهای دیواری جهت تأمین ارتباط دیداری درون و بیرون و منظره‌پردازی امری مناسب تلقی می‌شود.

واژگان کلیدی: موزه هنری، نورپردازی ارگونومیک، نور طبیعی، سامانه‌های نوری طبیعی.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول با عنوان «تندیسگری نور؛ موزه‌ی تندیس با رویکرد ارگونومی در نورپردازی متکی بر سامانه‌های نور طبیعی» با راهنمایی نویسنده دوم در گروه معماری دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب می‌باشد.

** E_mail: n_nikghadam@azad.ac.ir

www.SID.ir

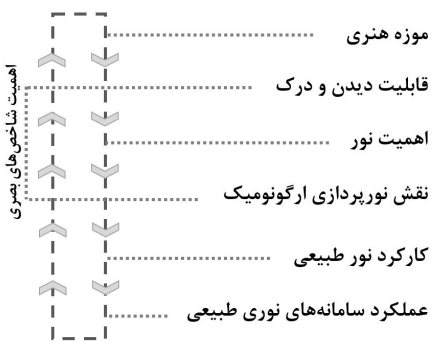
Archive of SID

۱. مقدمه

آنچه که در قالب عملکرد اولیه یک موزه تعریف می‌شود، گردآوری، نمایش و حفاظت از آثار هنری است؛ در این میان توانایی دیدن، درک و لذت بردن از بازدید آثار، کیفیت مهم‌تری است که چنانچه عمومیت آن محقق نشود، نه تنها کارکرد ساختمان را به‌عنوان یک موزه زیر سؤال می‌برد بلکه آن را تنها به آرشیوی از آثار مبدل می‌کند (Maghsoudi, 2009, p. 57). در این میان توانایی دیدن و درک درست آثار در موزه‌های هنری به سبب نوع و تنوع آثار اهمیت ویژه‌ای دارد. استفاده از نور به‌عنوان یکی از عناصر طراحی فضا در معماری (Pirmohammadi, Ahmadi, & Sharifi, 2014, p. 2) و عامل بنیادین ادراک بینایی، یکی از راه‌های ارتقاء عملکرد موزه، ایجاد انگیزش و رضایت در بازدیدکنندگان و لذت‌بخش کردن فضاست. این امر در فضایی همچون موزه به سبب امکان تخریب طیفی برخی آثار به سبب قرارگیری طولانی مدت تحت پرتوهای مادون‌قرمز و فروسرخ اهمیت فزونی می‌یابد.

نورپردازی ارگونومیک به‌عنوان شاخه‌ای از ارگونومی محیطی دانشی است که به مقوله طراحی نور در راستای سلامت جسمی و روحی کاربران، عملکرد بهینه، رضایت‌مندی و آسایش آن‌ها می‌پردازد. تحقیقات نشان می‌دهد که میزان شدت، نوع منبع، رنگ، جهت و شیوه توزیع نور در محیط‌های متفاوت فعالیت‌های انسانی می‌تواند تا حدود زیادی بر رفتارها، روحیات، بازدهی وی تأثیر بگذارد (Pourdeihimi & Haji Seyedjava-di, 2008, p. 67). از دیدگاه ارگونومی، نورپردازی در گرو تحقق شاخص‌هایی کمی- کیفی پیامدهای مؤثری نیل به این مهم دارد. در این میان طیف نور خورشید به‌عنوان کامل‌ترین منبع نور، بهترین نتایج اساسی را برای کاربران به همراه دارد (Javani quoted from Ste-phenson, 2011, p. 16)؛ لذا طراحی و در نظر گرفتن راهبردهایی همچون سامانه‌های نوری طبیعی در معماری، می‌تواند گامی مؤثر در راستای تحقق شرایط ارگونومی در نورپردازی تلقی شود. در شکل ۱ مورفولوژی و ساختار بیان مسأله نوشتار حاضر و سیر چرایی طرح مسأله ارائه شده است.

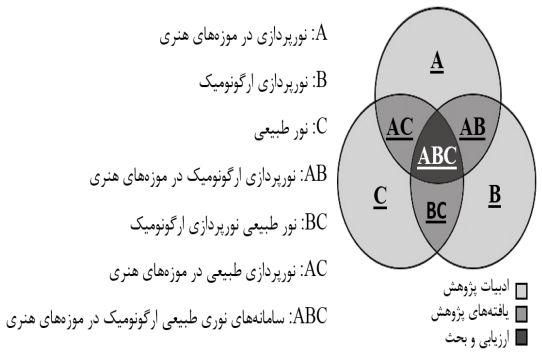
شکل ۱: مورفولوژی بیان مسأله: نورپردازی ارگونومیک متکی بر سامانه‌های نوری طبیعی در موزه‌های هنری



۲. روش پژوهش

این پژوهش بر پایه فرضیه‌ای مبنی بر کاربرد ارگونومی در نورپردازی موزه‌های هنری و در پی پرسش کاربردی ذیل پی‌ریزی شده است: سامانه‌های نوری طبیعی کاربردی مؤثر در بهبود نحوه نمایش آثار در فضای موزه‌های هنری کدامند؟ این نوشتار ماهیتی کیفی با رویکردی مطالعاتی کاربردی- توسعه‌ای دارد که مطالعات پایه و گردآوری اطلاعات در آن به صورت کتابخانه‌ای انجام شده و مبنی بر بررسی واقعیت‌هایی علمی و قیاس آن‌ها جهت نیل به نتیجه‌ای منطقی صورت پذیرفته؛ لذا پردازش داده‌ها در آن بر پایه قیاسی است. بدین منظور عبارات کلیدی اولیه پژوهش- بر اساس مورفولوژی بیان مسأله- در گام نخست استخراج داده‌ها تحت عنوان ادبیات پژوهش ملاک عمل قرار گرفته است؛ در مرحله بعد، وجه اشتراک دو به دوی مؤلفه‌ها بر اساس تحلیل تطبیقی معیارهای کلیدی بخش ادبیات پژوهش، تحت عنوان یافته‌های پژوهش مطالعه و استخراج شده است؛ در این گام به جهت بررسی دقیق‌تر کاربرد متقابل دو به دوی مؤلفه‌های مطرح شده در ادبیات پژوهش تکنیک کاربردی سوات به کار گرفته شده است. در گام نهایی، وجه اشتراک سه‌جانبه این روند جهت تبیین سامانه‌های نوری طبیعی ارگونومیک در موزه در قالب ارزیابی و بحث ارائه شده است. در شکل ۲ نمود گرافیکی روند مطالعاتی نوشتار حاضر قابل مشاهده است.

شکل ۲: مورفولوژی روند مطالعاتی پژوهش



پردازش داده‌ها در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل محتوا توصیفی- تطبیقی بر اساس اطلاعات متنی مستخرج از گردآوری داده‌ها صورت پذیرفته است. در این روند پردازشی، ملاحظات نورپردازی بهینه در موزه‌های هنری تبیین شده و بدین ترتیب معیارهای ارگونومیک در نورپردازی موزه‌های هنری استخراج شده است.

www.SID.ir

hive of SID

سپس به این معیارها بنابر میزان اهمیت، ضریب تأثیری بین یک (کم) الی سه (زیاد) اختصاص داده شده است؛ سپس جهت نیل به الگویی مناسب در نورپردازی طبیعی موزه‌های هنری متکی بر اصول ارگونومی، سامانه‌های نوری طبیعی مورد نظر ـ با توجه به مزایا و معایب آن‌ها ـ در مقیاسی از نمره کامل (عدد پنج) و پایین‌ترین نمره (عدد یک) بر اساس میزان ثمربخشی در تحقق هر معیار نمره‌دهی شده و در نهایت معدل‌گیری صورت گرفته است. علاوه بر سیستم مذکور، با توجه به اهمیت بررسی داده‌ها و تدقیق نتیجه از ارزیابی کامپیوتری توسط نرم‌افزار زومتابل[۲] بهره گرفته شده است. در این نرم‌افزار اطلاعاتی به‌عنوان پیش‌فرض استاندارد نورپردازی ارگونومیک در هر کاربری و فضا (همچون موزه) در نظر گرفته شده است. سپس سطح کیفیت نورپردازی ارگونومیک در آن فضا بر اساس پاسخ به تعدادی سؤال کیفی در حیطه عوامل مؤثر در تحقق شاخص‌های نورپردازی ارگونومیک سنجیده می‌شود. این شاخص‌ها سه معیار بصری و دو معیار غیربصری را شامل می‌شود؛ در پژوهش حاضر با توجه به اهمیت بیشینه قابلیت دیدن و درک بهتر محیط و آثار هنری در موزه‌ها، شاخص‌های بصری در نورپردازی ارگونومیک اعم از عملکرد، آسایش و رضایت بصری ملاک عمل قرار گرفته است.

۳. ادبیات پژوهش

آنچه که در اهم پژوهش‌هایی درباره موزه و نوشتارهای مشابه آن کمتر به چشم می‌خورد، الگو کاربردی دست یافتن به عملکرد بهینه یک موزه به ویژه موزه‌های هنری، از جمله ترکیب فضایی و معماری موزه، نورپردازی مناسب در چنین فضایی، فاکتورهای محیطی درخور فضا و غیره است. البته مقوله‌ای چون نور و اهمیت آن در معماری- به ویژه با توجه به اثرات آن بر انسان و نیز بحران انرژی عصر مدرن- در پژوهش‌هایی چند، مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است؛ از گام‌های مؤثر که در دهه‌های اخیر به تفکیک کاربری فضایی، در راستای تبیین شرایط کیفی استاندارد در بهره و طراحی نور طبیعی و مصنوعی پرداخته شده است باید به انتشار کتاب «هندبوک نورپردازی»[۳] توسط انجمن نور و نورپردازی تحت نظر مؤسسه مهندسین خدمات ساختمانی (CIBSE, 2009) اشاره کرد. در بخشی از این پژوهش با محوریت فضاهای موزه‌های هنری و گالری‌ها، نمایش مناسب آثار، به حداقل رساندن آسیب‌های احتمالی به آثار، خوانا کردن معماری فضا برای مخاطب، تأمین امنیت موزه و بستر مناسب واکنش در شرایط اضطرار و بحرانی از موارد لزوم پرداختن به نور در موزه‌ها به‌عنوان فضایی مخاطب‌محور ـ اثرمحور ذکر شده است.

از دیدگاه ارگونومی به‌عنوان دانشی انسان‌محور در راستای بهبود عملکرد انسان- محیط، نورپردازی در یک فضا پیامدهای مهمی در بر دارد. کن پارسنز (Parsons, 2000) طی مقالاتی از جمله «ارگونومیک محیطی: مرور و بررسی اصول، نوع و روش‌های آن» بر تشریح و شفاف‌سازی شرایط ارگونومی محیطی مطلوب از جمله نورپردازی ارگونومی از سوی سازمان استاندارد جهانی (ISO) پرداخته است؛ در مجموعه این مطالعات بر اثرات ارگونومی محیطی بر چهار مقوله عمده واکنش‌های انسانی، کارایی فردی و فضایی، سلامت انسان و راحتی و آسایش وی تأکید شده است. از اینرو انتظار می‌رود نورپردازی ارگونومی در موزه‌های هنری به ویژه در شرایطی متکی بر نور طبیعی با توجه به اثرات مبرم آن بر سلامت انسان و بهبود مؤلفه‌های بصری (Ghiabaklou, 2013) گامی مهم در ارتقاء عملکرد و کارایی بهینه محسوب شود. با وجود آن، از آنجایی که دانش ارگونومی به صورت تحت‌اللفظی علم قوانین و اصول طبیعی و بهینه کار تعریف شده و در ابتدا در طراحی تجهیزات مورد استفاده قرار گرفته است، تا به امروز نیز بهره از آن به طور عمده به محیط‌های کاری و آموزشی محدود شده است؛ لذا خللی که در بهره از این دانش سودمند و مفید در طرح‌های پژوهشی و کارکردی به چشم می‌خورد، اثرات ارگونومی محیطی از جمله کارایی ثمربخش آن در عملکردی همچون فضاهای فرهنگی، موزه‌ها و گالری‌هاست که شرط لازم در تحقق موفقیت آن‌ها، دیدن و دیده شدن در معرض نور مناسب می‌باشد. لذا در این بخش، به تفکیک کلیدواژه‌های مقاله اعم از نورپردازی در موزه‌های هنری، نورپردازی ارگونومیک، نور و نورپردازی طبیعی با توجه به مورفولوژی بیان مسأله و روند مطالعاتی پژوهش شرح داده و به سابقه‌های پژوهشی آن‌ها در راستای مرتبط با مقاله پرداخته شده است.

۳-۱- نورپردازی در موزه‌های هنری

کاربرد عنصر نور در معماری موزه، تدبیری ضروری جهت تأمین قابلیت رؤیت است که می‌تواند ایجاد جاذبه‌های مهیج حسی، دریافت زیباشناختی و نیز بیان مفهومی در فضا را سبب شود؛ در گامی فراتر، اهمیت نورپردازی در فضای گالری‌ها به واسطه امکان تخریب طیفی برخی آثار تشدید می‌شود. از این رو ایجاد تعادل میان جنبه‌های مختلف طراحی، گستره‌ای از ملاحظات را در نورپردازی موزه پیش‌رو می‌کشد. به عبارتی، نورپردازی در فضای موزه عملکردی چندوجهی دارد؛ نمایش بهینه آثار، کاهش تخریب آثار، عرضه و نمایش معماری فضا، تأمین امنیت و تسهیل خروج اضطراری از محیط از جمله این کارکردهاست (CIBSE, 2009, p. 198). در این روند گره کار صرفاً در تأمین نور نیست، بلکه تنظیم منابع نوری برای خلق محیطی مناسب و شرایط بصری مطلوب مسأله اصلی است (Farzi, 2009, p. 15). تلاش معمار بر آن است که فضاهایی طراحی کند که کاربر بتواند با آن ارتباط برقرار نماید و در شرایط مطلوب محیطی با آسودگی به فعالیت

www.SID.ir

Archive of SID

بپردازد (Ghiabaklou, 2013, p. 27). با توجه به تمامی موارد مذکور، چالش طراحی نورپردازی در موزه شامل ملاحظات جدول ۲ می‌باشد. هر یک از این چالش‌ها در گرو معیارهای کلیدی مثل شدت روشنایی، درخشندگی، سایه‌اندازی و موارد دیگر است که در بخش توضیحات جدول مذکور به صورت پررنگ‌تر مشخص شده است.

۳-۲- نورپردازی ارگونومیک

محور اصلی ارگونومی انسان و هدف آن تحقق سلامت و شرایط بهینه آسایش وی می‌باشد (Weerdmeester & Dul, 2011, p. 1-2). از آنجایی که نور کلیدی‌ترین ابزار محیطی در تحقق بینایی و ادرک است، در بررسی نورپردازی ارگونومیک پرداختن به مکانیزم دیدن و پدیده‌های وابسته به سیستم بینایی و نورپردازی محیط گامی ضروری تلقی (جدول ۱) می‌شود.

جدول ۱: مبنای بررسی نورپردازی ارگونومیک

مکانیسم دیدن	پدیده‌های وابسته به سیستم بینایی و نورپردازی محیط
نور بخشی از طیف الکترومغناطیسی است که توسط چشم انسان پس از برخورد با شبکیه چشم به صورت رنگ درک می‌شود (Heidari, 2012, pp. 21 - 22). نور سفید از طول موج‌های متفاوتی تشکیل شده است که چشم انسان در فرآیند دیدن آن‌ها را از یکدیگر تفکیک کرده و به صورت رنگ متمایز می‌نماید (Ghiabaklou, 2013, p. 4)؛ با توجه به تعداد متفاوت رنگ‌دانه‌ها در شبکیه چشم، تأثیر طول موج‌های مختلف بر میزان بینایی انسان یکسان نیست و طول موج‌های ناحیه‌ی زرد ـ سبز بیشترین و طول‌موج‌های قرمز و آبی کمترین اثر را بر بینایی دارند؛ بدین ترتیب رنگ اشیاء زمانی معنا دارد که نور به آن‌ها اصابت کند (Ibid, p. 4)؛ بدین معنا که رنگ علاوه بر نیاز به نور برای دیده شدن، خود عاملی وابسته به نور است. توجه به این امر در کنترل تخریب طیف نور در محیط ضمن حفظ کیفیت مطلوب بصری برای انسان امری مهم تلقی می‌شود.	سطحی بهینه از عملکرد بینایی زمانی تحقق می‌یابد که عوامل اختلال و حواس‌پرتی حذف شده و یا کنترل شوند و مؤلفه‌های کیفیت‌بخش ارتقاء یابند. در جدول ۳ به اهم این پدیده‌ها پرداخته شده و عوامل مؤثر در آن شرح داده شده است. کلیدواژه‌های این توضیحات به صورت پررنگ‌تر نشان داده شده است.

پارسنز (Parsons, 2000, pp. 589 - 590) معتقد است ثمرات پرداخت مناسب به شرایط نورپردازی ارگونومی، در شکل‌گیری واکنش و رفتار انسان‌ها در محیط به واسطه اثر بر سلامت انسان، آسایش کاربران، کارایی وی و نیز عملکرد فرد به ویژه عملکرد بصری قابل بررسی است؛ چراکه نور عاملی است بر چشم و دیگر اندام‌ها تأثیر مستقیم دارد و بر نحوه و مقدار فعالیت بدن و واکنش‌های رفتاری متکی بر آن مؤثر است. از سوی دیگر مقوله‌ای همچون رنگ نور علاوه بر اثر کاربردی، در روحیه و بازدهی انسان نیز مؤثر است (Weerdmeester & Dul, 2011, p. 87). بر این اساس می‌توان هدف از نورپردازی ارگونومیک را در چهار مقوله عمده ایمنی و سلامت، عملکرد بهینه، آسایش و رضایت‌مندی کاربران و نیز ابعاد زیباشناختی بررسی کرد (CIBSE, 2009, pp. 118-122). بر این اساس و به طور کلی شاخص‌های اصلی نورپردازی ارگونومیک عبارت‌اند: عملکرد بصری، آسایش بصری، رضایت بصری، دورنما و توانمندسازی (Zumtobel Staff, ELI Calculation). در این میان آنچه در فضایی همچون موزه با محوریت فعالیت‌های بصری و اهمیت دیدن و دیده شدن در حیطه نورپردازی در گام ابتدایی طراحی بر عهده معماری یک فضا است، سه شاخص بصری ارگونومی اعم از عملکرد بصری، آسایش بصری و رضایت بصری است. این سه شاخص در گرو عوامل شرح داده شده در شکل ۳ می‌باشند[۴]. این عوامل بر پایه شرط دستیابی به سطح مطلوبی از کیفیت نورپرازی در فضا، در گرو کنترل مؤلفه‌های سبب‌ساز اختلالات سلامتی، بصری و روانی و ایجاد و ارتقاء ثمرات مثبت نورپردازی شرح داده شده در جدول ۳ استخراج شده است.

۳-۳- نور و نورپردازی طبیعی

منظور از واژه نور طبیعی مجموعه‌ای از سه عبارت نور روز، نور خورشید و نور آسمان است (CIBSE, 2009, p. 18). بهره مناسب از نور طبیعی مستلزم توجه به شرایط اقلیمی- محیطی منطقه است (Heidari, 2012, pp. 31-32). این مهم جهت نورپردازی در معماری زمانی میسر است که منطقه مقدار ساعت آفتابی و نیز حداقل روشنایی مناسبی داشته باشد. نور طبیعی به‌عنوان یک منبع کامل طیف نوری، با بیولوژی بدن انسان و واکنش‌های دیداری وی تطابق دارد؛ لذا بهترین منبع روشنایی برای پاسخ به نیازهای دیداری است (Ghiabaklou, 2013, p. 4)؛ ضمن آن‌که جلوه‌های پیوسته و متغیر از کنتراست نوری در فضا به واسطه نور طبیعی، فرصت تطابق را به چشم انسان می‌دهد و مانع از خستگی چشم می‌شود (Pourdeihimi & Haji Seyedjavadi, 2008, p. 71). چنین نوری به واسطه طیف متغیر در طول روز میزان مناسبی از یکنواختی دارد؛ اما با توجه به عمق نفوذ آن

www.SID.ir

hive of SID

در فضا بایستی با طراحی مناسب، در تمام سطح یک فضا درجه مناسبی از یکنواختی نور را حاکم کرد. علاوه بر آن، شاخص تجلی رنگ بالا نور طبیعی، مناسب‌ترین منبع جهت تشخیص رنگ و مشاهده اشیائی همچون آثار هنری است (Boyce, Hunter, & Hewlett, 2003, pp. 16-18) و این مزید بر علت اهمیت نور طبیعی در موزه‌هاست. بر اساس فرضیه بایوفیلیا مبنی بر ارتباط غریزی بین انسان و سایر سامانه‌های زنده از جمله طبیعت، افراد تمایل دارد در فضای داخلی نیز با محیط خارجی به گونه‌ای در ارتباط قرار گیرند (Boyce et al., 2003, p. 30). وارد ساختن نور طبیعی به فضا به ویژه اگر توأم با منظره‌پردازی باشد، از مؤثرترین راهکارهای برقراری ارتباط درون و بیرون است. تحقیقات نشان می‌دهد توزیع نور طبیعی در فضا کاهش استرس و افسردگی موقت را برای کاربران آن به همراه دارد (Boubekri, 2008, pp. 77-78). پویایی در شدت و انعطاف در رنگ نور طبیعی اثرات مثبتی بر سطح آسایش و خلقیات انسان در محیط دارد (Bommel, Beld, & Ooy-en, 2002, p. 5). احساس رضایت، حاصل احساس آسایش عمومی و آن نتیجه ارزیابی حواس انسان است (Ghiabak-lou, 2013, p. 28). عامل نور طبیعی ضمن حفظ سلامتی، به سبب ایجاد احساس پیوستگی با محیط طبیعی، شرایط مطلوب‌تر و دلپذیرتری را برای افراد فراهم می‌سازد؛ و بدین طریق ضمن ارتقاء عملکرد بصری، باعث ایجاد آسایش بصری از یک سو و افزایش حس رضایت‌مندی در فضا از سوی دیگر می‌شود (Pourdeihimi & Haji Seyedjavadi, 2008, p. 68). حال آن‌که معایبی همچون عمق نفوذ کم، ایجاد انعکاس بر روی برخی اشیاء صیقلی، عدم یکنواختی متداوم و گسترده، امکان ایجاد خیرگی (Zareiy & Ghiabaklou, 2012, p. 6) و دارا بودن اشعه ماورابنفش نسبتاً زیاد (Shawn & Innes, 1993, p. 2) نیز در نور طبیعی وجود دارد. اما از آنجایی که شبیه‌سازی کامل کیفیت و مزایای نور روز غیرممکن است و ارتباط با محیط بیرون توأم با نورپردازی طبیعی ارتباطی مؤثر برای کاربران محسوب می‌شود (Shawn, 1999, p. 4) و بنا بر دیگر دلایل همچون توجیه اقتصادی و مصرف انرژی نورپردازی، اگر مسائل حفاظتی اجازه دهد، ارجحیت با نور روز است (Ghiabaklou, 2013, p. 295). ضمن آن‌که معایب احتمالی آن به واسطه تعبیه سامانه‌های نوری مناسب قابل جبران است.

بهره بهینه از نور طبیعی در گرو چگونگی وارد ساختن، توزیع، میزان نور در فضا و کنترل برخی عوامل مزاحم ضمن تقویت پتانسیل‌های آن است؛ و این مهم مشروط به بهره از سامانه‌های نوری مناسب است. این سامانه‌ها با سه هدف عمده دریافت، کنترل و انتقال نور طبیعی (Ghiabaklou, 2015, p. 157) در پی آوردن نور طبیعی به عمق بیشتری از یک فضا و نیز کنترل کمی و کیفی و توزیع نور در فضا طراحی شده‌اند (Littlefair, 1990, p. 1). هر یک از سامانه‌ها قابلیت‌ها و ویژگی‌های متنوعی دارد که کارکرد متناسب آن‌ها را با مقاصد مختلف سبب می‌شود. در جدول ۴ به بررسی متداول‌ترین سامانه‌های نوری طبیعی که در موزه‌ها نیز کاربرد دارند پرداخته شده است[۵].

جدول ۲: ملاحظات نورپردازی در موزه

	ملاحظات نورپردازی در موزه
تخریب طیفی نور	میزان حساسیت مواد در برابر نور، **شدت و نوع پرتوهای تابانده شده به شیء**، مدت زمان تابش نور بر آثار و نوع حفاظت از اشیاء بر پدیده تخریب آثار به واسطه طیف‌هایی از نور مؤثر هستند. در میان طیف موج‌های پرتو نور، بخش مرئی سبب تحقق پدیده دیدن می‌شود و آنچه که تخریب آثار را به همراه دارد، **پرتوهای فرابنفش و مادون قرمز آن** است (Maghsoudi, 2009, p. 60). بر این اساس و در یک سنجش ده ساله آثار به سه دسته بسیار حساس شامل آثار روی کاغذ، پارچه، فرش، اشیاء شامل مواد گیاهی و یا اجزایی از حیوانات، مستعد آسیب با حساسیت میانه شامل انوع نقاشی‌های رنگ‌روغن روی بوم، اکثر آثار چوبی با رنگ طبیعی، استخوان و عاج و غیرحساس شامل فلزات، اشیاء سنگی، سرامیک، شیشه و اشیاء چوبی بدون رنگ طبیعی تقسیم می‌شوند (Shawn, 1999, p. 5). در موزه‌های هنری و با توجه به دوره و مدت زمان گالری‌ها در این موزه‌ها آثار عمدتاً در دسته دوم و سوم جای می‌گیرند.
میزان روشنایی	به طور کلی **شدت روشنایی** کم در یک فضا اختلال در دیدن و تشخیص و شدت زیاد روشنایی تخریب طیفی آثار را به دنبال دارد (CIBSE, 2009, p. 199). روشنایی مناسب در گالری‌های یک موزه متناسب با میزان حساسیت اشیاء آن به نور و مدت زمان قرارگیری آثار در معرض تابش سنجیده می‌شود.
توزیع روشنایی و درخشندگی	در موزه‌ها بایستی متناسب با نوع عرضه و نمایش اشیاء موزه‌ای صورت پذیرد. بر این اساس، برای اشیاء دیواری با توجه به هدف طراح، نورپردازی می‌تواند به صورت موضعی و یا پراکنده، خطی و یا در سطح کار اعمال شود (Zumtobel Staff, 2004, p. 84). از سوی دیگر در این گروه از آثار، **اجتناب از سایه و انعکاس پوشاننده** و نیز **یکنواختی مناسب** نور در سطح دیوار شامل اثر و خود اثر امری ضروری است (CIBSE, 2009, p. 201). حال آن‌که نورپردازی آثار سه‌بعدی و مجسمه‌ها بایستی از چند جهت و در ترکیبی از نور پراکنده و نور موضعی انجام شود تا **سطحی مناسب از میزان سایه روشن** را جهت تشخیص جزییات اثر با **اجتناب از چشم‌زدگی** فراهم آورد (CIBSE, 2009, p. 202; Zumtobel Staff, 2004, p. 86). در توزیع روشنایی، بایستی **نورپردازی آثار در تعادل با نورپردازی فضا** قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص تجلی رنگ منبع نور	این شاخص برای نمایش بهینه آثار موزه‌ای بایستی عالی و به عبارتی بین ۸۰ الی ۱۰۰ در نظر گرفته شود (CIBSE, 2009, p. 199). نور روز با شاخص نزدیک به ۱۰۰ در این زمینه مناسب‌ترین منبع نوری محسوب می‌شود؛ در میان منابع نور مصنوعی، لامپ‌های ال.ای.دی بالاترین شاخص را دارند و پس از آن لامپ‌های رشته‌ای سیمابی و لامپ‌های کم‌مصرف قرار می‌گیرد (Zumtobel Staff, 2004, p. 10). با توجه به اهمیت رنگ‌ها در آثار موزه‌ای و لزوم تشخیص درست آن، **شاخص تجلی رنگ بالا** از مهم‌ترین فاکتورهای نورپردازی در فضای موزه می‌باشد.
قدرت انطباق چشم انسان با میزان روشنایی	در سیستم بینایی انسان قابلیت تطابق و یا به عبارتی حساسیت تنظیم‌پذیر چشم با شرایط نوری محیط و زمان انطباق آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ چنانچه این تغییرات ناگهانی و شدید باشد، زمان بیشتری جهت سازگاری چشم با محیط لازم است (Heidari, 2012, p. 25). بدین منظور توصیه می‌شود موزه بر اساس آثار خود **زون‌بندی نوری** شود و بین لایه‌های اصلی با روشنایی مختلف، جهت تطابق چشم کاربر با فضای اصلی، فضای میانجی و واسطه با **میزان نور مناسب و منعطف** تدریجی قرار گیرد (Shawn, 1999, p. 6). بر این اساس توزیع نور در فضا بایستی همراه با **یکنواختی** مناسبی در نظر گرفته شود.
انعکاس نور	**ترکیب نورهای** مستقیم و انعکاس یافته در فضا باعث بهینه شدن رؤیت‌پذیری می‌شود (Smith , 2009, p. 151). از سوی دیگر **موقعیت منبع نور** باید به گونه‌ای باشد که از انعکاس نور به طرف چشم کاربر و از ایجاد **سایه و انعکاس پوشاننده** جلوگیری شود؛ بدین منظور منبع نور بایستی بالای سطح مورد رؤیت و یا در طرفین آن قرار گیرد (Weerdmeester & Dul, 2011, p. 91).
خیرگی	این پدیده تمرکز حواس و لذا عملکرد و آسایش بصری را با اختلال مواجه می‌سازد و لذا اجتناب از آن در بهینه‌سازی نمایش آثار در موزه امری ضروری است. **اجتناب از خیرگی و چشم‌زدگی** با کنترل **نحوه تابش از منبع نور** (Zumtobel Staff, 2004, p. 61). چه طبیعی و چه مصنوعی همچون فیلتر کردن آن و یا پخش کردن آن در فضا میسر می‌شود. **کنترل چشمک زدن منبع نور** نیز از دیگر این راهکارهاست. نور طبیعی کم‌نوسان‌ترین منبع نوری به حساب می‌آید.
سایه‌اندازی	**سایه‌اندازی** و **کنتراست مناسب** و **میزان یکنواختی متناسب** کمکی مؤثر در تشخیص فرم و جزییات اشیاء سه‌بعدی است؛ و از سوی دیگر سایه‌اندازی نامناسب تشخیص اشیاء را با اختلال مواجه می‌سازد (CIBSE, 2009, p. 200). به طور کلی، زمینه بسیار بازتابنده و **منبع نور** گسترده، سایه‌ای ایجاد نمی‌کند؛ در حالی‌که زمینه با انعکاس کم و نورافکن باریک نواری می‌تواند سایه زیاد ایجاد کند. تعادل بین این دو مرز بایستی متناسب با هدف طراح اتخاذ شود.
سهولت در جهت‌یابی	در گرو فراهم آوردن سطح مطلوبی از **میزان روشنایی** است؛ ضمن آن‌که زون‌بندی فضاهای یک موزه به واسطه نورپردازی و **توزیع نور مناسب** می‌تواند گامی مهم در خوانایی بیشتر و سهولت در جهت‌یابی در آن موزه محسوب شود.
فراهم آوردن چشم‌انداز	**در نظر گرفتن دیدو منظری مناسب ضمن نورپردازی فضا** موجبات آسودگی چشم و تازگی فکر بازدیدکننده را فراهم آورد (Ghiabaklou, 2013, p. 297)؛ طراحی این بخش به ویژه در فضاهای نمایشی بدون محدودیت و نیز فضاهای عبوری بسیار مؤثر است و سبب آسایش و رضایت کاربران می‌شود.
انعطاف‌پذیری	وجود گالری‌های موقت در موزه‌ها، لزوم توجه به شرایط منعطف نورپردازی اعم از **میزان نور، نحوه توزیع نور، موقعیت منبع نور** و حتی **رنگ نور** را گوشزد می‌نماید (CIBSE, 2009, p. 201; Shawn & Innes, 1993, p. 5). علاوه بر آن جهت انجام فعالیت‌های فوق برنامه نظافتی و تعمیراتی، لازم است به لحاظ میزان و نیز مصرف انرژی نور مناسبی در این اوقات فراهم باشد (CIBSE, 2009, p. 200). از سوی دیگر امکان مسدود کردن نور و برداشتن نور از آثار موزه‌ای در ساعات خارج از محدوده فعالیت موزه می‌تواند کمکی در کاهش تخریب طیفی نور محسوب شود.
ایمنی و اضطرار	برای حرکت ایمن در فضای موزه، حداقل ۲۰ لوکس **شدت روشنایی** لازم است (Ibid, p. 201)؛ ضمن آن‌که ارزشمند و قیمتی بودن اشیاء موزه‌ای موجب می‌شود که منابع نوری و نورگذرهای با **تمهیدات و ملاحظات ویژه ایمنی** در نظر گرفته شود.
تعمیرات و نگهداری	در تعبیه **انواع منابع نوری** و طراحی نورپردازی در موزه بایستی به دوره زمانی لازم جهت نظافت و بازرسی و نیز سهولت در دسترسی به آن جهت نظافت دوره‌ای و تعمیرات توجه نمود (Ibid, p. 201)؛ به طوری‌که منبع نوری منتخب نباید زحمت و هزینه مضاعف بر موزه‌داری تحمیل کند.

www.SID.ir

hive of SID

جدول ۳: پدیده‌های وابسته به سیستم بینایی انسان و نورپردازی محیط

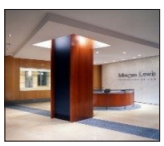
مؤلفه‌های پدیده‌های وابسته به سیستم بینایی انسان و نورپردازی محیط	
آسیب بافت[۶]	چنین اختلالی (که در بافت پوست و در بافت کالبد بینایی مُحمل است) تحت شرایط نوری عمدتاً **به واسطه پرتوهای پر انرژی و با طول موج کوتاه الکترومغناطیسی** رخ می‌دهد که به طور عمده خارج از طیف مرئی است؛ اما در اجتناب از این اختلال، کنترل طیف بنفش و آبی در گستره مرئی نیز ضروری تلقی می‌شود. التهاب موقت قرنیه و خطر نور آبی از جمله موارد چنین آسیبی است (Boyce, Hunter, & Hewlett, 2009, pp. 2-3). **کاهش، فیلتر کردن و یا حذف پرتوهای فرابنفش، کنترل منبع ایجادکننده عامل مزاحم** در این آسیب مهم‌ترین گام در کاهش اثرات سوء آن می‌باشد.
خستگی چشم[۷]	چنین اختلالی به لحاظ فیزیولوژیک بر اثر استفاده زیاد از ماهیچه‌های کنترلی چشم جهت انطباق با شرایط محیط و به لحاظ ادراکی بر اثر وجود مفرط شرایط مخل دید مناسب و حواس‌پرتی رخ می‌دهد و به صورت سوزش چشم و اختلال در دید و حتی سردرد و سرگیجه بروز می‌یابد (Ibid, pp. 7-8). **روشنایی محیط، رنگ اشیاء** و **محدوده دید شرایط محیطی** مؤثر در شرایط ذهنی و خستگی چشم، می‌باشد (Smith , 2009, p. 134)؛ به طوری‌که نور ضعیف، عدم توازن مناسب **میزان درخشندگی، بازتاب‌های نامطبوع** و شدید، **منابع نوری چشمک‌زننده، یکنواختی** بسیار کم و یا مفرط در فضا و نیز **رنگ نور** نامناسب در فضا و محدوده دید می‌تواند سبب بروز یا تشدید این پدیده شود (Bommel, Beld, & Ooyen, 2002, p. 6; Parsons, 2000, p. 589).
چشم‌زدگی و خیرگی[۸]	پدیده‌ای ناشی از **مقدار شدید و ناخواسته نور** از یک سطح به سمت چشم و یا **کنتراست شدید درخشندگی** در یک میدان دید است که می‌تواند سبب اختلال در تشخیص اشیاء، عدم راحتی دید، حواس پرتی و یا حتی ناتوانی دید شود (Smith, 2009, pp. 44-45). در بررسی این اختلال، **کنترل درخشندگی منابع، توزیع درخشندگی و کنتراست، موقعیت منبع نور و شیء** و نیز مدت زمان قرارگیری در میدان دید نقشی اساسی دارد (CIBSE, 2009, pp. 38 - 39).
سوسو زدن[۹]	سوسو زدن اختلالی به معنای درک تصویر به صورت گسسته است که از عوامل اصلی عدم آسایش می‌باشد (Smith, 2009, p. 45) و به واسطه **نوسان در منبع نوری** (فرکانس خاموش و روشن شدن جریان پرتودهی آن) و یا به عبارتی سوسو زدن منبع نوری رخ می‌دهد. مقابله با این پدیده با **حذف نوسان** و یا بهره از دو منبع نوری با اختلاف فاز در مجاورت بلافصل یکدیگر امکان‌پذیر است؛ نور روز یک منبع کاملاً بدون نوسان دانسته می‌شود (Ibid, p. 145).
متامریسم[۱۰]	چنانچه یک شیء تحت یک منبع نوری، متفاوت از رنگ واقعی خود به نظر برسد، متامریسم رخ داده است (Ibid, p. 63). این پدیده بیش از هر چیز وابسته به **شاخص تجلی رنگ منبع نوری** (به معنای کیفیت منبع نور در بازنمایی رنگ واقعی اشیاء) و علاوه بر آن تحت تأثیر **شدت روشنایی** است. در بین منابع نوری متداول در فضاهای معماری، نور روز در رده برتر شاخص تجلی رنگ و پس از آن به ترتیب انواعی از لامپ ال.ای.دی، برخی از لامپ‌های سیمابی، لامپ‌های کم مصرف و پس از آن لامپ‌های مهتابی قرار دارد (Zumtobel Staff, 2004, p. 10).
اثر رنگ نور بر ادراک فضا	طیف نور مرئی به صورت **رنگ** درک می‌شود؛ از سوی دیگر رنگ و پدیده دیدن علاوه بر ابعاد فیزیکی و یا فیزیولوژیکی، دارای بُعد روانی نیز می‌باشند. بدین معنا که برداشت روانی و حسی از رنگ یک فضا و بدین ترتیب کیفیات روحی اعم از حس مکان در آن، تابع عواملی همچون فرهنگ کاربر، عوامل اجتماعی و تجربیات فردی نیز می‌باشد و بر این اساس رنگ دارای **بار ادراکی** و همچنین **حرارتی** است (Ghiabaklou, 2013, pp. 7-11).

شکل ۳: شاخص‌های نورپردازی ارگونومیک در موزه و مؤلفه‌های آن‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴: بررسی سامانه‌های نوری طبیعی پرکاربرد

سامانه نوری طبیعی	نوع سامانه	مزایا	معایب	شرایط بهینه
تاقچه نوری (Ghiabaklou, 2013, pp. 70, 75, 84, & 87; Zareiy & Ghiabaklou, 2012, p. 2; Boubekri, 2008, pp. 114-115; Littlefair, 1990, pp. 10-11; Karlen & Benya, 2004, p. 34)	ترکیب‌شونده با پنجره، کنترل‌کننده و پخش‌کننده نور	• افزایش عمق نفوذ • کاهش نور مزاحم و سایه‌اندازی در نزدیک پنجره • کنترل خیرگی • توزیع نور گسترده‌تر و یکنواخت‌تر • کاهش بار حرارتی فضا • هزینه مناسب طراحی و اجرا • عدم تداخل با ارتباط بصری با بیرون	• کارایی نسبتاً پایین در شرایط آسمان ابری • نیاز به نظافت دوره‌ای و مستمر	• جبهه جنوبی، شرقی و غربی • رویه فوقانی روشن و مات و یا نیمه‌آیینه‌ای • نصب در ارتفاع یک سوم فوقانی پنجره • عمق بخش داخلی ۶۵ و خارجی ۸۰ سانتی‌متر • ارتفاع بلند فضا • سقف شیروانی یا منحنی
سپر نوری (Pirmohammadi, Ahmadi, & Sharifi, 2014, p. 12; Ghiabaklou, 2013, pp. 100-101; Smith, 2009, pp 9, 140- 142; Park, Joo, & Yang, 2007, p. 4)	ترکیب‌شونده با نورگیر سقفی، کنترل‌کننده و پخش‌کننده نور	• توزیع گسترده و یکنواخت نور • حذف خیرگی و چشم‌زدگی • کنترل شدت طیف ورودی و تحریب طیفی آن بر آثار • جلوگیری از انعکاس پوشاننده • عدم کنتراست زننده در لایه‌های نزدیک نورگیر	• ممانعت از دید به آسمان	• جنسی مشابه آلومینیوم • متشکل از دو بال منحنی • وجود منفذهای ریز روی بال‌ها • سقف منحنی • مصالح روشن جداره‌های داخلی جهت انعکاس و پخش بهتر نور
سایه‌بان فتوولتائیک (سقفی و متحرک) (Ghiabaklou, 2013, pp. 159 -160; Vafaei, 2009, pp. 74, 76-77; Ghiabaklou, 2015, pp. 230, 239, & 242; Bagheri Rad & Mofidi Shemirani, 2015, pp. 3-5)	ترکیب‌شونده با بام، نما، پنجره و سایه‌بان‌ها، دریافت‌کننده و کنترل‌کننده نور، تولید انرژی الکتریسیته	• عملکرد مناسب در همه فصول و میزان‌های مختلف تابش • تولید و ذخیره انرژی • کاهش مصرف انرژی الکتریکی • کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی • عمر مفید بالا • امکان حذف طول‌موج‌های مضر نور • کاهش شدت جذب گرما • تأمین درجات مختلف نور و سایه • کنترل کنتراست و خیرگی • توزیع گسترده و یکنواخت نور • امنیت بالا • امکان شستشو خود به خود توسط باران • عدم تداخل طراحی با سازه بنا	• هزینه نصب و اجرا (که البته با توجه به بازده سامانه در تولید انرژی در مدت کوتاهی برگشت‌پذیر است).	• کرکره متحرک صفر الی ۴۵ درجه و پنل متحرک صفر الی ۹۰ درجه • روی بام و متمایل به جنوب • سازه اصلی از فلز آلومینیوم و یا استیل ضدزنگ • شیشه فتوولتائیک شفاف با قابلیت کنترل طیف فرابنفش و فروسرخ • جهت‌گیری بنا مطابق با ملاحظات اقلیمی مبنی بر دریافت بیشترین میزان انرژی و تابش خورشیدی • برقراری تهویه در لایه پشت سامانه • پلان کشیده‌تر و بلندتر
لوله نوری (عمودی و دولایه) (Ghiabaklou, 2013, pp. 177, 188-189, 193, 215, 218, 221, & 224; Zareiy & Ghiabaklou, 2012, pp. 3-4; Pirmohammadi, Ahmadi, & Sharifi, 2014, p. 13; CIBSE, 2009, pp.136-137; Boubekri, 2008, p. 125; Littlefair, 1990, pp. 1-3)	دریافت‌کننده و انتقال‌دهنده نور 	• هدایت و انتقال نور در ساختمان‌هایی با پلان عمیق و طبقات زیرین • امنیت بالا • امکان حذف و یا کاهش طیف فروسرخ • کاهش مصرف برق • کاهش بار و انتقال حرارتی • توزیع نور یکنواخت • کنترل خیرگی و چشم‌زدگی	• کاهش نور ورودی به ازای افزایش طبقات • کارایی کم در شرایط آسمان غالباً ابری • هزینه بالای نصب و نگهداری • اندازه نسبتاً بزرگ تمهیدات • جذب بخشی از نور در لوله حامل • تأثیر بر سازه و معماری بنا	• گردآورنده نوری از نوع برش‌خورده لیزری • ثابت هرمی و یا چرخان محوری • لوله حامل منشوری و داری کمترین خم • پخش‌کننده چندلایه لمینت‌شده با حداقل میزان جذب نور • لوله حامل دوگانه • تجهیز به سپر نوری جهت افزایش یکنواختی توزیع نور

www.SID.ir

hive of SID

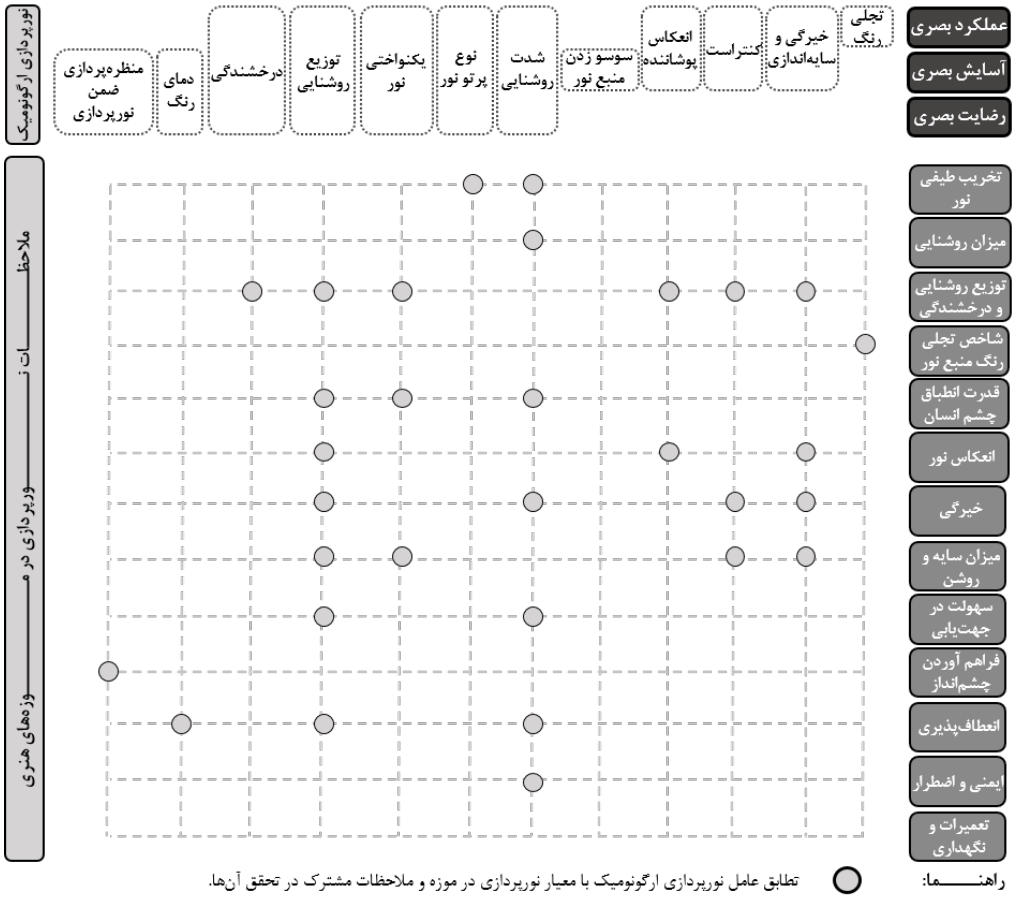
۴. یافته‌های پژوهش

چنانچه در مورفولوژی روند مطالعاتی پژوهش نیز اشاره شد، در این مرحله، وجه اشتراک دو به دوی مؤلفه‌های پژوهش اعم از نورپردازی ارگونومیک، نور طبیعی و نورپردازی در موزه‌های هنری بر اساس تحلیل تطبیقی معیارهای کلیدی بخش ادبیات پژوهش بررسی و استخراج شده است؛ در این گام به جهت بررسی دقیق‌تر رابطه‌ی کاربردی متقابل دو به دوی مؤلفه‌های مطرح شده تکنیک کاربردی سوات و قیاس تطبیقی به کار گرفته شده است.

۴-۱- نورپردازی ارگونومیک در موزه‌های هنری

در میان حواس بشری، بینایی به مراتب از سایر حواس در فراهم آوردن اطلاعات از محیط و تحقق پروسه ادراکی قدرتمندتر است؛ تحقق این پروسه نیز به یک نورپردازی خوب نیاز دارد تا افراد بتوانند از پیرامون اطلاعات گرفته و تمامی تصاویر محیطی را ضمن تشخیص، تحلیل و درک نمایند. لذا پرداختن به مقوله نورپردازی به‌عنوان یکی از ارکان بنیادین دیدن و فراهم آوردن شرایط مطلوب بصری برای انسان در موزه به‌عنوان فضایی اثرمحور و در عین حال مخاطب‌محور بایسته است. از آنجایی که نورپردازی ارگونومی بر محوریت بهینه‌سازی شرایط کاربر و کاربری بر مبنای مؤلفه‌های بصری بنا گشته است انتظار می‌رود تحقق شرایط نورپردازی ارگونومیک در موزه گامی مؤثر در ارتقاء بازدهی موزه تلقی شود. جهت بررسی تطبیقی دقیق‌تر کارکرد نورپردازی ارگونومیک در موزه در شکل ۴ اهم ملاحظات نورپردازی در موزه‌های هنری و نیز شاخص‌های نورپردازی ارگونومیک و مؤلفه‌های آن ارائه و با تحلیلی تطبیقی، همسویی و سازگاری آن‌ها بررسی شده است. مطابق تحلیل تطبیقی شکل ۴ تحقق شرایط ارگونومی در نورپردازی عاملی مؤثر در محقق شدن ملاحظات نورپردازی در موزه جهت نیل به ارتقاء سطح کیفیت و بهبود نحوه نمایش آثار محسوب می‌شود؛ به طوری‌که عمده معیارهای نورپردازی ارگونومیک در تطابق با بیش از دو معیار نورپردازی ارگونومیک قرار دارند و ملاحظات آن‌ها مشترک است. به طور کلی می‌توان اینطور اذعان داشت، ارگونومی از جنبه‌های فیزیکی، ادراکی و روانی بر تحقق ملاحظات نورپردازی در موزه مؤثر واقع می‌شوند؛ ناگفته نماند که تحقق این مؤلفه‌های بصری، در وهله نخست مشروط به فراهم آمدن شرایط ایمنی محیط و سلامت کاربران می‌باشد.

شکل ۴: نمودار تحلیلی- تطبیقی کارکرد نورپردازی ارگونومیک در موزه



www.SID.ir

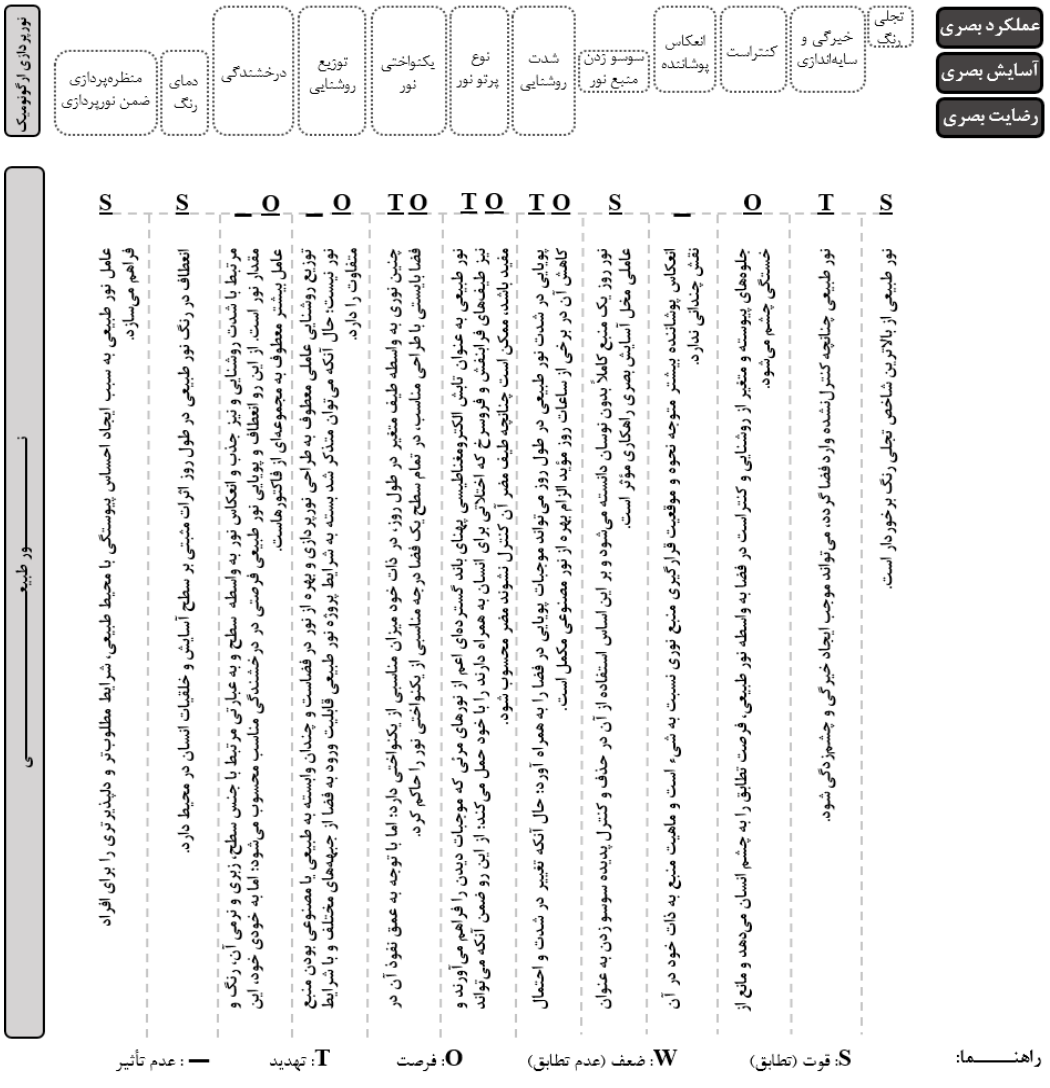
Archive of SID

۴-۲- نور طبیعی در نورپردازی ارگونومیک

مطالعات حاکی از آن است که نور با توجه به کمیت و کیفیت آن در ابعاد مختلف می‌تواند به میزان قابل توجهی بر کارایی، آسایش و روحیات انسان در محیط‌های متفاوت تأثیر بگذارد. چنانچه پیشتر نیز اشاره شد نور طبیعی به‌عنوان یک منبع کامل طیف نوری قادر است بخش مهمی از نیازهای محیط و کاربر به نور را تأمین نماید؛ ضمن آن‌که بیشترین تطابق را با عکس‌العمل‌های بصری انسان دارد. از این رو و با توجه به اهمیت مؤلفه‌های بصری در تحقق نورپردازی ارگونومیک انتظار می‌رود نور طبیعی عنصری مهم در نورپردازی ارگونومیک تلقی شود.

جهت بررسی دقیق‌تر کاربرد نور طبیعی در تحقق نورپردازی ارگونومیک، میزان تطابق این نور با مؤلفه‌های نورپردازی ارگونومیک در پنج رده قوت، فرصت، تهدید، ضعف و بی‌تأثیر در شکل ۵ در قالب نموداری ارائه و چرایی آن در ذیل هر مؤلفه تبیین شده است. بر این اساس نور طبیعی قادر است با فراهم آوردن بستر مناسب برای اکثریت معیارهای ارگونومی در نورپردازی در تحقق آن مؤثر واقع شود؛ حال آن‌که برخی محدودیت‌ها و نواقص این نور، مؤید لزوم بهره از سامانه‌های نوری مناسب برای نیل به بیشینه شرایط بهینه آن است.

شکل ۵: نمودار تحلیلی- تطبیقی کارکرد نور طبیعی در نورپردازی ارگونومیک



۴-۳- نور طبیعی در نورپردازی موزه‌های هنری

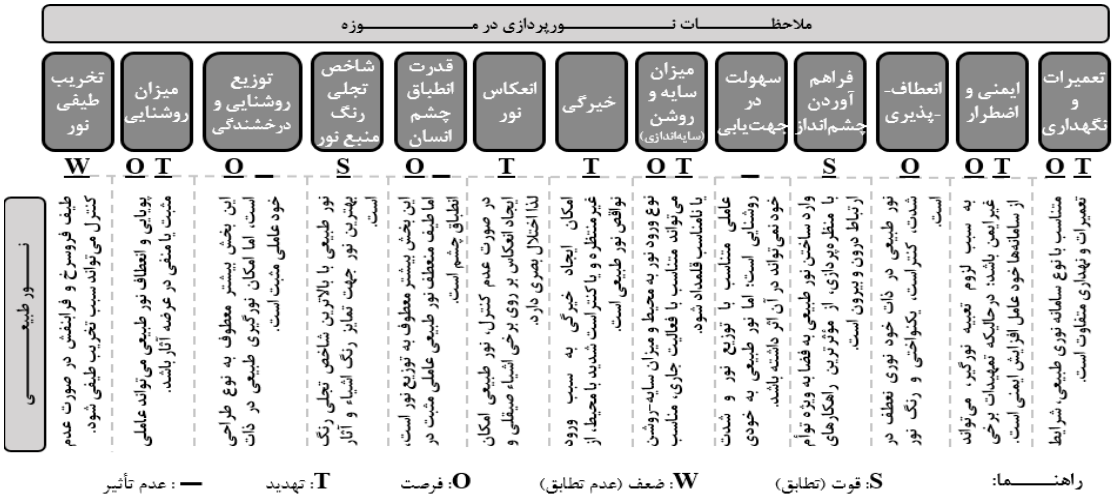
با توجه به تطابق بالای نور طبیعی در واکنش‌های بصری، این نور می‌تواند جهت فعالیت‌های بصری و محیط‌هایی با محوریت دیدن و دیده شدن، اولویت اول نورپردازی قرار گیرد مشروط به آن‌که مسائل امنیتی- حفاظتی اجازه دهد.

جهت بررسی دقیق‌تر این انطباق، در شکل ۶ میزان سازگاری نور طبیعی با هر یک از معیارهای نورپردازی در موزه سنجیده شده است. طبق این نمودار، نور طبیعی قادر است اهم ملاحظات نورپردازی در موزه‌های هنری را پوشش دهد؛ حال آن‌که وجود طیف فروسرخ و فرابنفش نقطه ضعف مهم آن در امکان تخریب برخی از آثار موزه‌ای محسوب می‌شود.

www.SID.ir

hive of SID

شکل ۶: نمودار تحلیلی- تطبیقی کارکرد نور طبیعی در نورپردازی موزه



۵. ارزیابی و بحث

بر اساس یافته‌های پژوهش، فضاسازی به واسطه نور ضمن تحقق عملکرد بصری، آسایش بصری و رضایت بصری چالش‌های نورپردازی در ارگونومیک در موزه‌های هنری محسوب می‌شود؛ در این میان، نور طبیعی قادر است ضمن توجه به معیارهای ارگونومی، نیازهای نورپردازی در موزهای با محوریت نمایش آثار هنری را نیز پوشش دهد؛ حال آن‌که رفع محدودیت‌ها و نواقص آن نیازمند بهره از سامانه‌های نوری طبیعی مناسب است. از این رو در این گام از پژوهش، سامانه‌های طبیعی متداول و پرکاربرد در موزه‌ها که پیش از این به بررسی آن‌ها پرداخته شد، بر اساس میزان تحقق شرایط نورپردازی ارگونومیک در موزه‌ها ارزیابی می‌شوند.

۵-۱- سامانه‌های نوری طبیعی ارگونومیک در موزه‌های هنری

جهت نیل به الگویی مناسب در روند ارزیابی سامانه‌های مورد بررسی، مجموعه‌ای از معیارها با توجه به جدول ۲ و شکل ۴ استخراج و به هر یک از آن‌ها ضریب تأثیری از سه الی یک داده شده است. در این روند چنانچه عملکرد بصری را قابلیت دیدن و امکان انجام فعالیت‌های بصری بدون نقص، آسایش بصری را انجام امور بصری در شرایط آسایش و بدون اختلال و مزاحمت و رضایت بصری را انجام فعالیت‌های بصری با رضایت‌مندی و تمایل به حضور مجدد در آن فضا تعریف نماییم، شرط لازم تحقق کارایی بهینه موزه، تحقق عملکرد بصری و فاکتورهای آن است (ضریب ۳)؛ در مرحله بعد رفع دلزدگی و خستگی از موزه در گرو تحقق آسایش بصری واجد اهمیت است (ضریب ۲)؛ پس از آن ایجاد جذابیت فضایی و رغبت در مخاطب برای تجربه چندباره فضا اهمیت دارد که به واسطه تحقق عوامل وابسته به رضایت بصری و امکان تجربه منعطف آثار موزه‌ای امکان بروز می‌یابد (ضریب ۱). علاوه بر آن باید به احتمال تخریب طیفی آثار در موزه نیز توجه نمود؛ از آنجایی که اشیاء در این موزه‌ها به طور عمده غیرحساس به نور و یا دارای حساسیت میانه به نور هستند، تخریب طیفی معیاری متوسط (ضریب ۲) به جهت میزان اهمیت در نورپردازی موزه‌های هنری در نظر گرفته شده است.

بر این اساس می‌توان معیارهای نورپردازی ارگونومیک در موزه را بر اساس ضریب به شرح زیر بیان نمود:

• ضریب سه (بیشترین اهمیت): شدت روشنایی و میزان نور ورودی، یکنواختی نور، کنترل خیرگی، درخشندگی، سایه‌اندازی و کنتراست، توزیع گسترده روشنایی و عمق نفوذ زیاد، شاخص تجلی رنگ بالا، کنترل انعکاس‌های مزاحم همچون انعکاس پوشاننده و امنیت منبع نور.

• ضریب دو: دمای رنگ و به عبارتی رنگ نور مناسب، منظره‌پردازی ضمن نورپردازی، امکان حذف و یا کاهش اشعه فروسرخ و فرابنفش و عدم نوسان منبع نور.

• ضریب یک: انعطاف در میزان نور ورودی و انعطاف در رنگ نور توزیع شده در فضا.

در جدول ۵ ارزیابی سامانه‌های مذکور بر اساس معیارهای نورپردازی در موزه به تفکیک ضریب تأثیر و در مجموعه شکل ۷ نمودارهای نمود گرافیکی (سمت راست؛ معیارهای A تا M به ترتیب معیارهای جدول ۵) و ارزیابی کامپیوتری سامانه‌ها با نرم‌افزار زومتابل (سمت چپ) ارائه شده است. امتیازدهی به سامانه‌ها در مقیاس مذکور برای هر معیار، به واسطه قیاس نقش هر سامانه در میزان و یا تحقق آن معیار انجام شده است. به‌عنوان مثال، مطالعات (جدول ۴) نشان می‌دهد انواع خاصی از سامانه‌های فتوولتائیک قادر هستند طیف فروسرخ و فرابنفش را جهت تولید الکتریسته استفاده و لذا نفوذ آن به در فضای داخلی حذف نمایند، حال آن‌که سپر نوری متناسب با جنس آن صرفاً می‌تواند میزان طیف فروسرخ و فرابنفش ورودی را تعدیل و کنترل نماید. لازم به ذکر است از آنجایی که عملکرد تمامی این

www.SID.ir

Archive of SID

سامانه‌ها بر پایه نور طبیعی است، معیارهای رنگ نور و نیز عدم نوسان منبع نور در تمامی آن‌ها یکسان سنجیده شده است. از سوی دیگر، معیار شاخص تجلی رنگ نیز به طور کلی بر اساس نوع منبع نور که در اینجا نور طبیعی است سنجیده می‌شود، اما توزیع یکنواخت و یکدست نور و عدم سایه‌اندازی‌های نامطلوب و زننده عاملی در جهت بهره بیشتر از این پتانسیل نور طبیعی تلقی می‌شود؛ از این رو در سنجش سامانه‌های مورد مطالعه در این معیار به ملاک‌های یکنواختی و عدم سایه‌اندازی‌های مزاحم نیز توجه شده است.

پی‌جویی روند تأثیر نور طبیعی در قالب سامانه‌های نوری طبیعی بر تحقق شرایط ارگونومی جهت نیل به ارتقاء سطح کیفیت و بهبود نحوه نمایش آثار در موزه‌های هنری به سبب گستردگی و پیچیدگی، در وهله نخست نیازمند مطالعه وسیع در مجموعه فرآیندهای تشکیل‌دهنده نورپردازی بهینه در موزه‌های هنری و در گام نهایی ملزوم به جمع‌بندی مناسب، ارزیابی و ارائه الگویی مناسب بر اساس مطالعات تحلیلیـ تطبیقی است. ارزیابی‌های صورت گرفته در این پژوهش نشان می‌دهد سامانه‌های نوری طبیعی که به صورت سقفی و در ترکیب با آن به کار می‌روند، جهت نورپردازی در فضای موزه‌هایی با محوریت نمایش آثار هنری مناسب‌تر است؛ چراکه ضمن توزیع نور گسترده‌تر می‌توانند نور یکنواخت‌تر را در فضا منتشر و پخش نمایند؛ علاوه بر آن احتمال خیرگی و چشم‌زدگی و لذا خستگی چشم در آن‌ها کمتر از سامانه‌های نوری دیواری است. این سامانه‌ها به سبب طیف سایه روشن و کنتراست حاصله در سطح فضا، موجبات دیدن و درک بهتر آثار سه‌بعدی را فراهم می‌آورد. بررسی دقیق‌تر سامانه‌های متداول در موزه‌ها نشان می‌دهد سامانه‌ی فتوولتائیک و سپس سپر نوری مناسب‌ترین سامانه برای نورپردازی طبیعی در این موزه‌ها است و در رده‌های بعد لوله‌های نوری و تاقچه نوری قرار می‌گیرد؛ در این میان لوله‌های نوری به سبب پیچیدگی نسبی در طراحی و اجرا، صرفاً زمانی مناسب است که هدف، روشنایی طبیعی بخشیدن به فضایی دور از دسترس نور طبیعی باشد. اما در روند بهره از این سامانه‌ها توجه به نوع و کارکرد آن‌ها نیز ضروری است؛ به طوری‌که به‌عنوان مثال کارایی بهینه سایه‌بان‌های فتوولتائیک در گرو متحرک بودن آن و یا عملکرد بهینه لوله نوری در موزه‌های هنری مشروط به دو لایه بودن آن است.

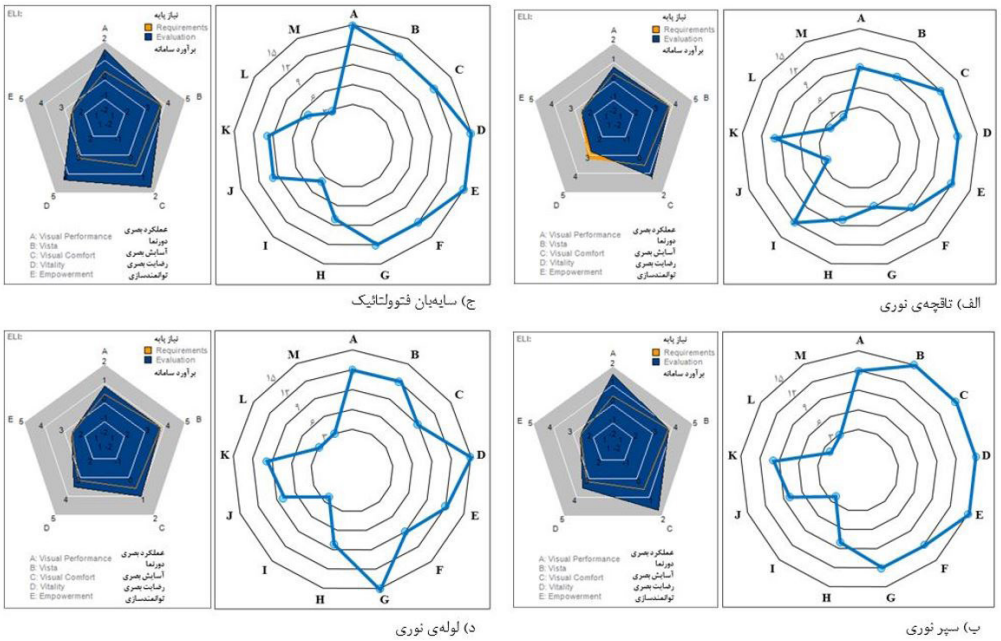
جدول ۵: ارزیابی سامانه‌های نوری طبیعی در تحقق نورپردازی ارگونومیک و نمایش بهینه آثار در موزه

معیار (ضریب تأثیر) / سامانه نوری طبیعی	شدت روشنایی (۳)	یکنواختی نور (۳)	کنترل خیرگی، درخشندگی، سایه‌اندازی و کنتراست (۳)	توزیع گسترده نور و عمق نفوذ بالا (۳)	تجلی رنگ (۳)	کنترل انعکاس‌های مزاحم (۳)	امنیت منبع نور (۳)	دمای رنگ نور (رنگ نور) (۲)	منظره‌پردازی ضمن نورپردازی (۲)	حذف یا کاهش طیف فرابنفش و فروسرخ (۲)	عدم نوسان منبع نور (۲)	انعطاف در میزان نور ورودی (۱)	انعطاف در رنگ نور توزیع شده در فضا (۱)	معدل
تاقچه نوری	۳	۳	۴	۴	۴	۳	۲	۴	۵	۱	۵	۲	۲	۳,۳۲
سپر نوری	۴	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۱	۴	۵	۲	۳	۴,۱۶
سایه‌بان فتوولتائیک	۵	۴	۴	۵	۵	۴	۴	۴	۲	۵	۵	۵	۳	۴,۳۰
لوله نوری	۴	۴	۳	۵	۴	۳	۵	۴	۱	۴	۵	۳	۳	۳,۸۰

www.SID.ir

hive of SID

شکل ۷: نمودار تحلیلی- تطبیقی کارکرد نورپردازی ارگونومیک در موزه



۶. نتیجه‌گیری

تحقق شاخص‌های بصری نورپردازی ارگونومیک متکی بر کیفیت بالای نور طبیعی، به‌عنوان کیفیتی مطلوب در نگریستن به آثار هنری مطرح است. فضاسازی به واسطه نور ضمن تحقق عملکرد بصری، آسایش بصری و رضایت بصری چالش‌های نورپردازی در موزه‌های هنری محسوب می‌شود؛ نور طبیعی که شبیه‌سازی کامل کیفیت و مزایای آن غیرممکن است، به دلیل کیفیت بالا، طیف رنگی، تنوع و تغیر آن، ایجاد قابلیت تجربه‌ی برخی از محرک‌های محیطی و دادن دید مناسب در پیشبرد و مواجهه با این چالش دارای اهمیت بسیار است؛ حال آن‌که معایبی همچون عمق نفوذ کم، احتمال خیرگی، انعکاس‌های مزاحم و عدم یکنواختی نیز در آن وجود دارد. این معایب با در نظر گرفتن سامانه‌های نوری مناسب قابل جبران است. در این میان هر یک از سامانه‌ها قابلیت‌ها و ویژگی‌های متنوعی دارد که کارکرد متناسب آن‌ها را با مقاصد مختلف در فضاهای موزه‌های هنری را سبب می‌شود. به طور کلی سامانه‌های نوری طبیعی که به صورت سقفی و در ترکیب با آن به کار می‌روند، جهت نورپردازی در فضای موزه مناسب‌تر هستند چرا که ضمن کنترل خیرگی و انعکاس‌های مزاحم، عمق نفوذ بیشتری دارند. علاوه بر آن با طیف کنتراست منعطف امکان دیدن و درک بهتر آثار فراهم می‌آورد؛ شایان ذکر است حال آن‌که امکان تخریب برخی آثار هنری حساس به اشعه فروسرخ و فرابنفش نور طبیعی در دراز مدت، تهدیدی در این بین محسوب می‌شود که نیازمند کنترل و رفع به واسطه سامانه‌های نوری مناسب است. در این میان سایه‌بان‌های فتوولتائیک متحرک قادرند ضمن تولید و تأمین بخشی از انرژی الکتریسیته مجموعه از انرژی خورشیدی، با امکان تغییر و انعطاف در میزان نور طبیعی ورودی، شدت روشنایی طبیعی مناسب فضاهای موزه را ضمن توزیع گسترده فراهم آورد. از سوی دیگر در میان سامانه‌های نوری طبیعی شناخته شده متداول، این سامانه می‌تواند بیشترین میزان کنترل و حتی حذف طیف مخرب نور طبیعی اعم از اشعه فرابنفش و فروسرخ را مهیا سازد. ترکیب این سامانه با سپر نوری می‌تواند موجب توزیع یکنواخت‌تر نور ضمن کنترل بیشتر خیرگی، درخشندگی، سایه‌اندازی و کنتراست در موزه شود. ترکیب این دو سامانه قادر است اهم معیارهای نورپردازی ارگونومیک در موزه‌های هنری را در سطح بالایی فراهم آورد؛ حال آن‌که منظره‌پردازی ضمن نورپردازی در سامانه‌های سقفی به حد مطلوبی تأمین نمی‌شود؛ از این رو در نظر گرفتن نورگیرهای دیواری جهت تأمین ارتباط دیداری درون و بیرون امری مناسب تلقی می‌شود. یادآور می‌شود ترکیب مناسب نورپردازی طبیعی و نور مصنوعی (در مواقع لزوم) در نیل به عملکرد نوری مناسب در موزه‌های هنری (به ویژه آن دسته که از آثار که در ویترین‌ها و محفظه‌ها ارائه می‌شوند) امری بایسته است.

www.SID.ir

Archive of SID

پی‌نوشت

۱. از آنجایی که موزه‌ها بر اساس موضوع آن به انواع هنری، اکوموزه، علوم، باستان‌شناسی و دیگر موارد تقسیم می‌شوند و چالش‌های طراحی آن‌ها اعم از نورپردازی بر اساس نیاز آن متفاوت می‌باشد، پیگیری روند تأثیر نورپردازی ارگونومی و ارزیابی سامانه‌های نوری طبیعی مؤثر در این روند نیازمند مشخص نمودن نوع موزه است. از این‌رو در نوشتار پیشرو روند مطالعاتی برپایه بررسی نیازها و شرایط موزه‌های هنری در نظر گرفته شده است. علاوه بر آن متذکر می‌شود سامانه‌های نوری طبیعی در این نوشتار به سامانه‌های نورپردازی عمومی محیطی جهت عرضه آثاری که در فضای موزه و خارج از محفظه نمایشی و ویترین‌ها ارائه می‌شوند اشاره دارد.

۲. Zumtobel ELI/ LENI Calculation (ساخته شده توسط گروه مطالعاتی- تولیداتی در زمینه نورپردازی زومتابل در کشور اتریش): در این نرم‌افزار اطلاعاتی به‌عنوان پیش‌فرض استاندارد نورپردازی ارگونومیک در هر فضا در نظر گرفته شده است. سپس سطح کیفیت نورپردازی ارگونومیک در آن فضا بر اساس پاسخ به تعدادی سؤال کیفی در حیطه عوامل مؤثر در تحقق شاخص‌های نورپردازی ارگونومیک اعم از عملکرد بصری، آسایش بصری، رضایت بصری، دورنما و توانمندسازی سنجیده می‌شود. در پژوهش حاضر با توجه به اهمیت بیشتر قابلیت دیدن و درک بهتر محیط و آثار هنری در موزه‌ها، سه شاخص عملکرد، آسایش و رضایت بصری ملاک عمل قرار گرفته و دو عامل دیگر یعنی دورنما به معنای نورپردازی با هدف تفکیک زون‌های فعالیتی ضمن پرداختن به شرایط نگهداری از ابزار روشنایی و توانمندسازی با اشاره به مباحث مدیریت نورپردازی در سطح پیش‌فرض برنامه در نظر گرفته شده است.

3. The SLL Lighting Handbook

۴. مؤلفه‌های مذکور در شکل ۳ مستخرج از منابع زیر است که به علت تعدد منابع در استخراج عوامل از ذکر جز به جز آن در هر بخش اجتناب شده است:

- اِن. اسمیت (۱۳۸۸). اصول طراحی روشنایی از دیدگاه ایمنی و بهداشت. ترجمه: کاوه احمدیان تازه محله. تهران: نشر طراح.
- جِی. دال و بی. ویدمیستر (۱۳۹۰). ارگونومی برای مبتدیان. ترجمه: اکبر شیر خورشیدیان. تهران: نشر طراح.

CIBSE. (2009). The SLL Lighting Handbook. London: Institute of Building Service Engineers, The Society of Light and Lighting.

Parson, K.C. (2000). Environmental Ergonomics: A Review of Principles, Methods' and Moels. Applied Ergonomics, 31, 581-594.

Skansi, R. (2012). Ergonomics of Light. Balkanlight.

Zumtobel Staff. (2009). Thorn Lighting and Sustainability: Improving Quality of Life by Lighting People and Places. Durbin: Zumtobel Gmbh.

Zumtobel Staff. (2015). Ergonomic lighting Indicator (ELI).

۵. از بین سامانه‌های نوری، با توجه به مجموعه مطالعات تفصیلی، متداول‌ترین سامانه‌ها که با توجه به بررسی نمونه‌های موردی با کاربری موزه، کاربردی نیز می‌باشد انتخاب و بررسی شده است.

6. Tissue Damage
7. Eyestrain
8. Glare
9. Flicker
10. Metamerism
11. Visual Performance
12. Visual Comfort
13. Visual Satisfaction, Vitality
14. Veiling Reflection

www.SID.ir

Archive of SID

REFERENCES

- Bagheri Rad, S., & Mofidi Shemirani, M. (2015). Photovoltaic Systems Integrated with the New Buildings, a New Method in Sustainable Architecture. 1st International Conference on Architecture, Civil and Urban Development at the Beginning of the Third Millennium; 2015 June; Associations of Iranian Architects, Tehran, Iran.
- Boubekri, M. (2008). Daylight, Architecture and Health. New York: ELSEVIER, Architectural Press.
- Boyce, P., Hunter, C., & Hewlett, O. (2003). The Benefits of Daylight through Window. New York: Rensselaer Polytechnic Institute. https://www.semanticscholar.org/paper/The-Benefits-of-Daylight-through-Windows-Boyce-Hunter/99e627e7725f4ffd58792d8ee7a1687dd731ab3
- Boyce, P., Hunter, C., & Hewlett, O. (2009). The Impact of Light in Buildings on Human Health. 2nd International Conference on Sustainable Healthy Buildings; 2009 October; Seoul, Korea.
- Bommel, W.J.M., Beld, G.J., & Ooyen, M.H.F. (2002). Industrial Lighting and Productivity. The Netherlands: Philips Lighting.
- CIBSE. (2009). The SLL Lighting Handbook. London: Institute of Building Service Engineers, The society of Light and Lighting.
- Farzi, A. (2009). Lighting in Interior Spaces. *Memari-Farhang*, 10(35), 100-104.
- Ghiabaklou, Z. (2013). Fundamentals of Building Physics 5: Daylighting. Tehran: Publication of Jihat Amirkabir University.
- Ghiabaklou, Z. (2015). Fundamentals of Building Physics 2: Environmental Control. Tehran: Publication of Jihat Amirkabir University.
- Heidari, Sh. (2012). Architecture and Lighting. Tehran: University of Tehran Press.
- Javani, Z. (2011). Institute of Architecture with the Approach of Ergonomics Lighting [MA]. Isfahan, Isfahan University of Art.
- Karlen, M., & Benya, J. (2004). Lighting Design Basics. New Jersey: Wiley.
- Littlefair, P. (1990). Innovative Daylighting: Review of Systems and Evaluation Methods. *Lighting and Technology*, 22(1), 1-17. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/096032719002200101
- Maghsoudi, A. (2009). Lighting Design in Museum and Gallery. *Memari-Farhang*, 10(35), 57-61.
- Park, J.H., Joo, Y., & Yang, J. (2007). Cycloids in Louis I. Kahn's Kimbell Art Museum at Fort Worth. *The Mathematical Tourist*. 2, 1-7. https://doi.org/10.1007/BF02986205
- Parsons, K.C. (2000). Environmental Ergonomics: A Review of Principles, Methods' and Models. Applied Ergonomics. 31, 581-594. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687000000442
- Pirmohammadi, M., Ahmadi, M., & Sharifi, M. (2014). Application of Natural Light in Architecture and Energy. The 1st National Conference on New Approaches in Empowerment and Sustainable Development in Architecture, Civil, Tourism, Energy and Environment; 2014 July; Shahid Mofatteh University, Hamedan, Iran.
- Pourdeihimi, Sh., & Haji Seyedjavadi, F. (2008). The Impact of Daylight on Humans. *Soffeh Quarterly Research Journal*, 17(46), 67-75. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=111267
- Shaw, K., & Innes, M. (1993). Museum and Gallery Lighting. http://www.kevan-shaw.com/ksld_upload/pdf/museums_art.pdf (Access Date: June 3 2015).
- Shawn, K. (1999). Museum Lighting; A Three Part Lecture on Aspects of Museum Lighting Originally Given to a Forum for Exhibitors in Norrkoping, Sweden. http://www.kevan-shaw.com/ksld_upload/pdf/museum_lecture.pdf. (Access Date: June 3 2015).
- Skansi, R. (2012). Ergonomics of Light. Balkanlight.
- Smith, N.A. (2009). Lighting for Health and Safety. (K. Ahmadian, Trans.). 2nd Ed. Tehran: Tarrah Publication.
- Vafaei, R. (2009). Studying Building Integrated Photovoltaic Systems. *Soffeh Quarterly Research Journal*, 19(49), 69-80. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=122439
- Weerdmeester, B., & Dul, J. (2011). Ergonomics for Beginners: A Quick Refrence Guide. (A. Shirkhorshidian, Trans.). 1st Ed. Tehran: Tarrah Publication.
- Zumtobel Staff. (2004). The Lighting Handbook. Durbin: Zumtobel Gmbh.
- Zumtobel Staff. ELI Calculation. Durbin: Zumtobel Gmbh.
- Zareiy, Sh., & Ghiabaklou, Z. (2012). Classifying Daylighting Systems in Terms of Climate and Function of the Place 2nd Annual Clean Energy Conference (ACEC); 2012 June; International Center for Science, High Technology and Environmental Sciences, Tehran, Iran.

www.SID.ir

Archive of SID

نحوه ارجاع به این مقاله

شهپرنیا، مهسا و نیکقدم، نیلوفر. (۱۳۹۸). سامانه‌های نوری طبیعی ارگونومیک در موزه‌های هنری. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۲(۲۹)، ۶۵-۸۰.

DOI:10.22034/AAUD.2020.102366

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_102366.html

www.SID.ir