

بررسی آسیب های نورپردازی بر اشیاء با ارزش موزه ها و راهکارهای کاهش تاثیرات نامطلوب آن

حسام خواجه وند (hkhajevand@gmail.com)
 (کارشناسی ارشد مکترونیک، فنی مهندسی، آزاد اسلامی، تهران، ایران)

شهاب غلامحسین باغبانی (Shahab.b.eng@gmail.com)
 (کارشناسی برق قدرت، برق، آزاد اسلامی، تهران، ایران)

چکیده

تاثیر نور بر دیده شدن و درک ارزش فرهنگی و تاریخی یک اثر هنری انکار ناپذیر است و اصولاً نمی توان فضایی را برای نمایش آثار با ارزش بدون در نظر گرفتن نورپردازی ویژه آن متصور شد. اما از آن جایی که نور یک پدیده فیزیکی و حامل انرژی است می تواند در عین حال تاثیرات مخربی را بر آثار با ارزش به جای بگذارد. متأسفانه آسیب های ناشی از نور نظیر بی رنگ شدن، محو شدگی و تغییر رنگ و از شکل افتادگی آثار هنری و تاریخی برگشت ناپذیر هستند و حتی پس از خروج شی از منطقه نوری باقی می ماند، بنابراین حفاظت از آثار با ارزش در برابر این آسیب ها ضروریست. میزان آسیب دیدگی اشیاء ناشی از منابع نور طبیعی و مصنوعی بر اساس جنس شی متفاوت است اما به طور ویژه اشیایی که از مواد ارگانیک ساخته شده اند مانند کاغذ، چرم و بافت نسبت به تاثیرات نور حساس تر بوده و علاوه بر آسیب دیدگی فیزیکی و شیمیایی، ساختار آنان نیز دگرگون می گردد. همچنین طیف نور منابع نوری مختلف در میزان آسیبی که وارد می کنند موثر است. هدف این پژوهش بررسی تاثیرات طیف نور، کیفیت و شدت نور و مدت زمان تابش منابع نور مصنوعی بر اشیاء با ارزش و آسیب های ناشی از آن می باشد. همچنین ارایه راهکارهای عملی متناسب با منابع نوری مصنوعی متداول برای نورپردازی موزه ها به منظور حداقل رساندن این آسیب ها با استفاده از آخرین دستاوردهای علمی از دیگر اهداف این نوشتار است.

کلمات کلیدی: آسیب فتوشیمیایی، ارائه راهکار برای حفاظت از آثار، حفاظت از آثار با ارزش موزه ها، جلوگیری از آسیب به آثار، نورپردازی موزه ها

مقدمه

امروزه چالش اصلی در نورپردازی موزه ها و گالری ها برقراری تعادل بین کیفیت نورپردازی انجام شده و میزان انرژی مصرفی سیستم نورپردازی و روشنایی نصب شده است و برای نمایش هر یک از آثار هنری تعادلی بین قابلیت دیدن، جذابیت، معرفی اثر و حفاظت از آن باید برقرار باشد. نورپردازی در موزه ها و گالری ها باید به گونه ای باشد که نمایش خوبی از بافت، رنگ و شکل آثار داشته باشیم و قدمت تاریخی یا مدرن بودن، دوبعدی بودن (مانند نقاشی) یا سه بعدی بودن (مانند مجسمه) آثار به خوبی قابل تشخیص باشد. از بازی نور و سایه می توان برای نمایش بهتر آثار با ارزش بهره برد. پرتوهای نوری ایجاد شده در فضای تاریک شده ی یک موزه یا گالری می تواند توجه بصری بینندگان را روی آثار جلب کند.



ماهیت نور

نور شکلی از انرژی الکترومغناطیسی است که می تواند به شکل امواج یا بسته های مجزای انرژی (اصطلاحاً کوانتوم) ها در محیط خلا انتشار یابند و یا بسته به شرایط در میان مواد در محیط انتشار یابد. یک بسته ی کوانتومی از فوتون، انرژی نورانی نامیده می شود اگرچه اغلب مفهوم کوانتومی از نور به طول موج آن اختصاص داده می شود. میزان انرژی هر فوتون برای یک طول موج متناسب با عکس طول موج آن است. انرژی فوتون ها را می توان از فرمول زیر (معادله شماره 1) محاسبه کرد (E انرژی فوتون):

$$E = \frac{2 \times 10^{-16}}{\lambda} \quad (\text{معادله شماره 1})$$

انرژی E در سیستم SI براساس ژول و طول موج بر حسب نانومتر است. اگر مجموع انرژی برخورد کرده بر یک جسم با طول موج معینی را داشته باشیم، می توان تعداد فوتون های آن را از فرمول زیر (معادله شماره 2) محاسبه کرد:

$$\text{مجموع انرژی در طول موج لاند} = \frac{\text{تعداد فوتون ها}}{E \text{ حسب}} \quad (\text{معادله شماره 2})$$

مجدداً اگر انرژی بر حسب ژول و طول موج بر حسب نانومتر باشد اگر به جای انرژی کل مقدار توان (نرخ واحد بر ثانیه میزان انرژی تابیده شده بر یک شی) را داشته باشیم می توان از فرمول زیر تعداد فوتون ها بر واحد ثانیه را محاسبه کرد:

$$\text{مجموع توان در طول موج لاند} = \frac{\lambda \times \text{تعداد فوتون ها بر ثانیه}}{2.0 \times 10^{-16}} \quad (\text{معادله شماره 3})$$

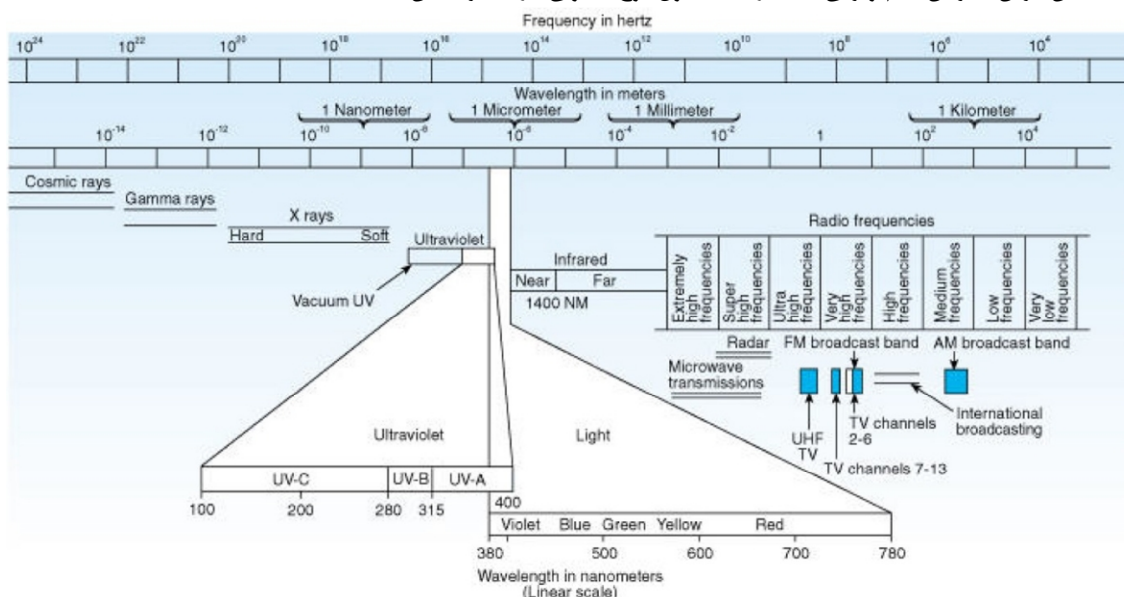
در سیستم SI واحد توان وات W است که معادل ژول بر ثانیه خواهد بود. مفاهیم بیان شده فوق از فیزیک عمومی و پایه، برای درک بهتر از رابطه ی نور و ماده مطرح شده است. طول موج نشان دهنده طیف مرئی قابل مشاهده برای چشم انسان و مقدار انرژی الکترومغناطیسی هر فوتون است. نور مرئی در طول موج 400 نانومتر (آبی) تا 700 نانومتر (قرمز) برای چشم انسان قابل مشاهده است. هرچه طول موج کوتاه تر باشد به فرابنفش نزدیکتر می شود و انرژی فوتون ها در آن بیشتر می شود و برای مقدار مشخصی از انرژی، تعداد آنها کمتر خواهد شد و هرچه طول موج ها بلندتر باشد به فروسرخ نزدیکتر شده و انرژی فوتون ها در آن بیشتر می شود و برای مقدار مشخصی از انرژی، تعداد آنها بیشتر خواهد بود. (تصویر شماره 1) در ادامه به منظور شناخت بهتر طول موج ها به ارائه نظریه ای به عنوان نظریه یکپارچه خواهیم پرداخت. این نظریه که توسط توسط لویی دوبروی و ورنر هایزنبرگ مطرح شده بر دو اصل استوار است:

- هر عنصر در حال حرکت دارای جرم، طول موجی دارد که از فرمول زیر بدست می آید:

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (\text{معادله شماره 4})$$

λ طول موج حرکت موجی / h ثابت پلانک / m جرم ذره / v سرعت ذره

2. مشخص کردن همزمان تمام ویژگی های ذرات که طول موج متفاوتی دارند غیر ممکن است.



تصویر شماره 1: طیف انرژی تابشی (الکترومغناطیسی)

ماخذ (IESNA, Illuminating Engineering Society of North America, Ninth Edition)

نظریه الکترومغناطیسی و کوانتومی موج توضیح مناسبی از ویژگی های انرژی تابشی فراهم ساخته است. طبق این نظریه نور به عنوان یک موج الکترومغناطیسی یا یک فوتون در نظر گرفته می شود که توسط یک پروسه ی الکترونیکی به صورت اشعه تولید خواهد شد. این پروسه برای منابع مختلف به صورت تخلیه الکتریکی در گاز یا یک برانگیختگی الکترون ها در یک ماده جامد و بازگشتن آنها به حالت پایدار و تولید انرژی از این طریق خواهد بود.

رابطه ی بین نور و ماده

تنها نور جذب شده توسط یک ماده می تواند در آن تغییر فتوشیمیایی ایجاد کند. اما این لزوما بدان معنی نیست که هر نور جذب شده ای در مواد تغییر فتوشیمیایی ایجاد می کند. برای توضیح نحوه ی جذب انرژی نور توسط مواد در نظر گرفتن و شرح مدل کوانتومی نور به شکل فوتون به درک بهتر موضوع کمک خواهد کرد. یک مولکول زمانی یک فوتون را جذب می کند که سطح انرژی آن فوتون نزدیک یا دقیقا معادل سطح انرژی آن مولکول برای انتقال از حالت پایدار به اولین تراز انرژی برانگیختگی باشد. در این شرایط چند حالت مختلف ممکن است اتفاق بیفتد: مولکول انرژی را دوباره به صورت تشعشعی منتشر کند یا انرژی را به صورت گرما هدر دهد و یا انرژی را به مولکول دیگری منتقل کند. همچنین مولکول می تواند با انرژی جذب شده برانگیخته شده و به سطح انرژی بالاتری برود و انرژی باقیمانده را به صورت تشعشعی ساطع کرده یا به صورت گرما آنرا هدر دهد و یا پیوند مولکولی آن برانگیخته شده و شکسته بشود. تنها هنگامیکه پیوند مولکولی برانگیخته شده و شکسته شود امکان تغییر شیمیایی وجود دارد.

چگونه نور آسیب می رساند؟

با توجه به آن چه مطرح شد می توان نتیجه گرفت، اگر انرژی نور تابیده شده به یک شی برای برانگیختگی یک مولکول کافی باشد می تواند منجر به شکستگی پیوند مولکولی آن و در نتیجه آسیب فتوشیمیایی گردد و فرایند زوال فتوشیمیایی آغاز بشود. مولکول ها در اشیا متفاوت دارای حداقل میزان انرژی برای شروع واکنش شیمیایی با مولکول های دیگر هستند که به آن انرژی فعال سازی می گویند. مولکول های متفاوت دارای انرژی های فعال سازی متفاوت هستند. اگر انرژی نوری تابیده شده از منبع طبیعی یا مصنوعی نور برابر با

انرژی لازم برای برانگیختگی مولکول های یک جسم باشد، واکنش فتوشیمیایی آغاز می گردد. طبق آنچه گفته شد این واکنش می تواند به شکل های متفاوتی نشان داده بشود، مانند گرما، بازتابش نور یا شکست پیوند مولکولی که می تواند مولکول های کوچکتری ایجاد کند و به طور مثال باعث زوال یک کاغذ بشوند. همچنین این انرژی می تواند آرایش مولکولی جدیدی را به وجود آورد یا از طریق اتم ها به مولکول های دیگر انتقال یابد. یکی از اولین واکنش های فتوشیمیایی اکسیداسیون است که در آن انرژی برانگیختگی مولکولی به مولکول های اکسیژن انتقال می یابد و واکنش فتوشیمیایی را آغاز می کنند که اگر این فرآیند ادامه پیدا کند در نهایت منجر به نابودی کامل خواهد شد. همانطور که گفتیم هرچه طول موج های یک طیف کوتاهتر باشند انرژی آن طیف بیشتر خواهد شد. (طیف UV) این بدان معناست که در تابش طیف های UV انرژی های فعال سازی بیشتری برای مولکول های مختلف خواهد بود. بنابراین فرآیند فتوشیمیایی با سرعت و قدرت تخریب بیشتری انجام می شود. هرچه طول موج ها بلندتر و انرژی آنها کمتر باشد (فروسرخ) انرژی آغاز برای فرآیند فتوشیمیایی در آنها کمتر است. اما باید بدانیم که اگرچه این طیف ها مستقیما باعث آغاز فرآیند فتوشیمیایی نمی گردند اما با بالا بردن دمای مولکول ها به طور غیرمستقیم این فرآیند را سرعت می بخشند. پس توجه به طیف های منابع نوری مختلف با توجه به آنچه گفته شدیم نکته ی مهمی در محافظت آثار از نورپردازی خواهد بود.

طیف مرئی و نامرئی

از آنجا که طیف های UV مخرب و آسیب زا هستند ممکن است به نظر برسد که با حذف آن دیگر نگرانی در مورد تابش منابع نوری از بین خواهد رفت اما در عمل اینگونه نخواهد بود و همه ی طول موج ها در آسیب شناسی باید در نظر گرفته بشوند. در عمل به راحتی می توان طیف های UV را از محدوده های مختلف حذف کرد و تغییر می دهد در آنچه می بینیم حاصل نمی گردد. اما در مورد طیف های مرئی این موضوع متفاوت خواهد بود و باید با دقت آن را کنترل کنیم.

بررسی فرآیند آسیب فتوشیمیایی برای اشیاء موجود در موزه ها

در محیط موزه ها فرآیند فتوشیمیایی با طیف های UV و طیف هایی با انرژی بالاتر از نورمرئی مانند طیف هایی با طول موج 320 تا 500 نانومتر آغاز می گردد. اشعه های UV تقریبا همواره همراه نور مرئی هستند چون این طیف ها توسط نور طبیعی و منابع نوری مصنوعی از قبیل فلوروسنت ها و هالوژن ها تولید شده و انتشار می یابند. واکنش های فتوشیمیایی به ندرت در کوتاه مدت و به طور مجزا اتفاق می افتند. به طور مثال:

گاهی اوقات ماده ی جدیدی که در اثر واکنش فتوشیمیایی اولیه به وجود آمده است، انرژی کافی برای واکنش مجدد با ماده ی اصلی و ایجاد واکنش فتوشیمیایی دیگری در آینده را دارد که آنرا واکنش زنجیره ای می نامند. در این حالت نور نه تنها عامل آسیب به طور مستقیم خواهد بود بلکه به طور غیرمستقیم نیز با ایجاد واکنش زنجیره ای در آسیب فتوشیمیایی تاثیرگذار است و اگر هنگامیکه واکنش زنجیره ای آغاز می گردد همچنان تابش نور ادامه داشته باشد، سرعت واکنش زنجیره ای و در نتیجه سرعت تخریب اثر بیشتر خواهد شد. لذا ذکر این نکته حائز اهمیت است که میزان آسیب تنها به طور موج نور وابسته نیست، بلکه شدت و زمان نور تابیده شده بر اثر نیز در این میزان تاثیرگذار خواهد بود و باید بدانیم برخی از این واکنش ها بعد از این که شی دیگر در معرض تابش نیست هم ادامه پیدا خواهند کرد. حتی وقتی شی را در مکان تاریکی قرار دهیم همچنان این واکنش ها ادامه پیدا خواهند کرد. در واقع آسیب های نور ادامه دار است. در ادامه نمونه هایی از تخریب فتوشیمیایی آثار را بررسی خواهیم کرد:

محو شدن و تغییر رنگ آثار

این مورد را شاید بتوان شایع ترین تاثیر طیف های UV معرفی کرد. همچنین به طور واضحی می توان در بخش هایی که شدت این پرتوها در سطح اشیا بیشتر بوده است این موضوع را مشاهده نمود. به طور مثال یک فرش در بخشی که نور بیشتری بر آن تابیده شده است دچار محو شدگی می شود و بخشی که مقدار تابش بر آن کمتر است رنگ طبیعی خود را حفظ می کند. در تصویر زیر مشخص است (تصویر شماره 2) که بخش هایی مانند زیر بغل لباس که کمتر در معرض تابش بوده اند، رنگ اصلی خود را حفظ کرده اند.



تصویر شماره 2: محو شدن و تغییر رنگ آثار (تصویر برداری شده در ارت لب استرالیا)

از بین رفتن و محو شدن نقاشی های آبرنگی

این مورد اغلب هنگامی قابل مشاهده است که قاب تابلوی نقاشی برداشته شود. معمولا لبه های کار که توسط قاب کار پوشیده شده بوده اند، رنگی قوی تر از سایر نقاط دارند. همانطور که در تصویر زیر (تصویر شماره 3) قابل مشاهده است رنگدانه ها در لبه ی نقاشی که توسط قاب محافظت شده اند به رنگ واقعی خود نزدیکتر هستند.



تصویر شماره 3: از بین رفتن و محو شدن نقاشی های آبرنگی (تصویر برداری شده در ارت لب استرالیا)

زرد شدن کاغذها

در این حالت نیز ممکن است پس از بیرون آوردن کتاب یا سند تاریخی، تغییر رنگ در قسمت های محافظت شده و سایر نقاط قابل مشاهده باشد. این تغییر رنگ می تواند به طور زرد شدگی یا حتی رنگ قهوه ای قابل مشاهده باشد. در تصویر زیر (تصویر شماره 4) می توان تغییر رنگ قسمت هایی که در معرض تابش قرار داشته اند و قسمت هایی که توسط قاب حفاظت شده اند را به وضوح مشاهده کرد.



تصویر شماره 4: زرد شدن کاغذها (تصویر برداری شده در ارت لب استرالیا)

• شکسته شدن کاغذها

با واکنش های فوتوشیمیایی در الیاف خود کاغذ یا واکنش های فوتوشیمیایی مواد استفاده شده در سند تاریخی، مولکول های سلولز (ماده اصلی تهیه کاغذ) شکسته می شوند. شکسته شدن پیوند مولکولی این مواد نتیجه ی ایجاد اسید حاصل از واکنش های فوتوشیمیایی است. اسید تولید شده باعث زوال الیاف کاغذ می شود، حتی زمانیکه تابش طیف های منبع نوری قطع شده باشند.

• تخریب پارچه ها و از بین رفتن رنگ آنها

ابریشم، پشم و پنبه تحت طیف های UV تاثیر پذیر خواهند بود، اما به دلیل تفاوت در ترکیبات شیمیایی آنها واکنش های متفاوتی را شاهد خواهیم بود. پنبه مشابه کاغذ عمل می کند زیرا هر دو از سلولز به وجود آمده اند در نتیجه رنگ آن تیره و شکننده می شود. ابریشم و پشم از پروتئین تشکیل شده اند و رفتاری متفاوت با مواد پایه سلولزی دارند و هنگامیکه تحت طیف های UV قرار بگیرند زرد خواهند شد.

• تغییرات در نقاشی های رنگ روغن

در نقاشی های رنگ روغن این تغییرات می تواند زرد شدن وارنیش و یا افزایش شفافیت رنگ ها باشد. تغییرات همچنین می تواند شامل ترکیب شدن رنگدانه ها، روغن و وارنیش استفاده شده باشد. در تصویر (تصویر شماره 5) یک نمونه موردی از ترمیم وارنیش قابل مشاهده است که به راحتی تاثیر تغییرات ذکر شده را در آن می توان دید.



تصویر شماره 5: تغییرات در نقاشی های رنگ روغن (تصویر برداری شده در اتر لب استرالیا)

جلوگیری قطعی زوال آثار در موزه ها امکان ناپذیر است. با این حال می توان این فرآیند را به حداقل رساند. یکی از راه های آن توجه به نورپردازی و طیف های استفاده شده برای نمایش آثار می باشد.

چگونه می توان از این آسیب ها جلوگیری کرد؟

- همیشه نمی توان به طور کامل از آسیب جلوگیری کرد اما می توان روند آسیب را با استفاده از روش های زیر آهسته و محدود کرد:
 - با روشن کردن اشیاء فقط هنگامیکه می خواهیم آنها را به نمایش بگذاریم
 - حصول اطمینان از اینکه شدت نور تابیده شده بر شیء بیش از حد مورد نیاز آن نیست
 - حذف کردن UV با روش های مختلف از نور تابیده شده بر اشیاء
- مطالعه درباره ی حفاظت از آثار با ارزش موزه ها از جهت نورپردازی و طیف های UV ممکن است منجر به ارزیابی مجدد، تغییر در سیاست های مدیریتی موزه و در پیش گرفتن رویکردهای متفاوت بشود.

انتخاب و کنترل سیستم نورپردازی

نور طبیعی :

به طور معمول از ورود مستقیم نور خورشید به داخل موزه و تابش بر روی اشیاء باید جلوگیری کرد. اما اگر در موارد خاص بخواهیم از نور طبیعی روز برای روشنایی کلی فضای موزه استفاده کنیم نیاز به استفاده از فیلترها و دفیوزرها خواهیم داشت و می توانیم :

- برای پنجره ها و نورگیرها از انواع پرده ها استفاده کنیم
- استفاده از فیلترهای UV بر روی نورگیر یا پنجره برای جلوگیری از ورود این طیف ها از نور خورشید به داخل مجموعه

منابع نوری فلئورسنت یا هالوژن :

اگر از منابع نوری فلئورسنت یا هالوژن بهره می بریم باید به یاد داشته باشیم:

- از فیلترهایی استفاده کنیم که طیف های فرابنفش را حذف کنند
- این فیلترها می توانند بر روی خود لامپ یا در ساختمان چراغ استفاده بشوند
- از فیلم جذب UV ، ورق اکریلیک و یا لاک UV در دسترس استفاده بشود

اگر در سیستم نورپردازی از چراغ هایی که با لامپ های فلئورسنت روشن می شوند استفاده شده است، توجه به نکات زیر ضروری است :

- از لامپ های فلئورسنت با کمترین میزان انتشار UV بهره ببریم که به این موضوع در هنگام خرید یا تعویض لامپ ها باید توجه کنیم.

- مشخص است که لامپ هایی که میزان انتشار UV کمتری دارند نیاز به هزینه ی بیشتری خواهند داشت اما اگر بسته به شرایط از این لامپ ها توانیم بهره ببریم، حتما باید در مورد لامپ های معمولی به بحث فیلتر UV توجه ویژه ای داشته باشیم.

اگر در سیستم نورپردازی موضوعی یا کلی از چراغ هایی که با لامپ های رشته ای روشن می شوند استفاده شده است، توجه به نکات زیر ضروری است :

- هرچه شی مورد نورپردازی به منبع نوری نزدیکتر باشد، شدت و تاثیر نور بر روی آن بیشتر خواهد بود.
- هرچه شی مورد نورپردازی به منبع نوری نزدیکتر باشد، دمای شی تحت تاثیر حرارت ایجاد شده ی منبع نوری بالاتر رفته و احتمال آغاز فرآیند آسیب بیشتری می شود.

استفاده از LED ها در نورپردازی موضوعی یا کلی :

در مقایسه با سایر منابع نوری LED ها مصرف انرژی کمتری و راندمان بالاتری دارند. مهمترین نکته درباره ی آنها منتشر نکردن طیف های UV است که باعث می شود بتوان بهره بهتری از آنها برد. شاخص نمود رنگ در آنها بسیار بالا بوده و با توجه به تجهیزاتی که برای آنها استفاده می شود قابلیت هدایت و کنترل نور در آنها از سایر منابع نوری راحت تر خواهد بود.

طراحی سطوح کنترل نور

سیستم روشنایی می تواند طوری طراحی بشود که تنها زمانی که بینندگان در حال تماشای اثری هستند، بر روی آن اعمال بشود. می توان از تجهیزات مناسبی برای رسیدن به این روش بهره برد یا می توان پوشش هایی بر روی آثار برای رسیدن به این هدف تعبیه کرد این تمهیدات را می توان در طراحی های موزه نیز در نظر گرفت و می توان از علائم راهنما برای آگاه سازی افراد از وجود این شرایط بهره برد. اگر مجموعه شامل آثاری باشد که نسبت به نور حساسیت ویژه ای داشته باشند:

- می توان این آثار را دسته بندی کرد و در منطقه ای مخصوص برای آنها که سطح نور کمتری نسبت به سایر قسمت ها دارند، قرار داد.
- می توانیم سیستم نورپردازی دائمی را برای آنها در نظر بگیریم
- تغییرات و جا به جایی ها را طوری در نظر بگیریم که این آثار در طول سال تحت کمترین میزان تابش قرار بگیرند

می توان از پارتیشن ها و پرده ها برای ایجاد منطقه های مخصوص با شدت نور کم استفاده کنیم و با ایجاد مسیر و ترتیب نمایش برای مناطق طوری برنامه ریزی کرد که منطقه های خاص کمتر تاریک به نظر برسند به طوری که افراد به یکباره از منطقه ی بسیار روشن وارد منطقه ای با سطح نور کمتر نشوند و بتوان با هماهنگی مناسبی افراد را به سمت مناطق خاص هدایت کرد.

ایجاد محدوده های جداگانه برای فعالیت های جداگانه

می توانیم در فضای موزه با توجه به نوع فعالیتی که برای آن محدوده در نظر می گیریم سناریوهای مختلف نورپردازی را طراحی کنیم. به طور مثال:

محل نمایش آثار، محل نگهداری آثار و فضایی که برای کارمندان در نظر گرفته می شود را در طراحی نورپردازی تفکیک و برای هر کدام سناریوی متفاوتی در نظر بگیریم.

یا برای اشیایی که همیشه در معرض دید عموم نیستند فضای مستقلی را در نظر گرفته و بر آن اساس سطح روشنایی مناسب را تامین کنیم و محدوده هایی که در آنها بی قرار است مطالعه انجام شود یا چک کردن شرایط یا از این قبیل موارد در آنها صورت بگیرد سطح روشنایی بالاتری در نظر بگیریم تا کار برای افراد به راحتی قابل انجام باشد که مشخصا با مورد قبلی بسیار متفاوت خواهد بود. حتی در مواردی که تفکیک فیزیکی فضاها امکان پذیر نباشد، می توانیم با نصب تجهیزات روشنایی که قابلیت دیم شدن منابع نوری را داشته باشد این ویژگی را برای تجهیزات ایجاد کنیم که برای محدوده های متفاوت سطوح متفاوتی از روشنایی را داشته باشیم.

چرا برخی مواد نسبت به آسیب حساس تر هستند؟

برخی از مواد نسبت به آسیب های فتوشیمیایی حساس تر هستند. در ادامه برای برخی از موارد توضیحات دقیق تری ارائه خواهیم داد :

- پارچه: نور و طیف های UV دارای بزرگترین آسیب برای پارچه هستند که باعث می شود پارچه ها دچار رنگ پریدگی و از بین رفتن کیفیت رنگ و شکنندگی بافت شوند. به طور مثال پارچه های تولید شده در قرن 19 میلادی نیاز به نگهداری ویژه ای دارند. در این زمان رنگ ها آنیلین تولید و بسیار محبوب شدند. گذر زمان در آنها باعث محو شدگی رنگ در آنها شده است به خصوص در برخی رنگ ها مانند بنفش، آبی و سبز. نمونه ای که در تصویر قابل مشاهده است (تصویر شماره 6) یک مورد پارچه ی ابریشمی با گلهای برجسته می باشد. به طور واضحی آسیب ناشی از انرژی نور در آن در دو بخشی که آسیب کمتر و آسیب بیشتری دیده اند مشخص است.

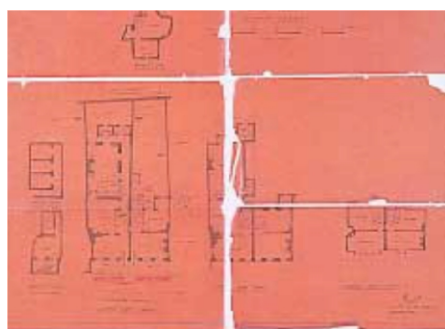


تصویر شماره 6: تغییرات در رنگ پارچه ابریشمی (تصویر برداری شده در اورت لب استرالیا)

• رنگدانه های آبرنگی: رنگدانه های آلی که منشا گیاهی یا حیوانی دارند، حساسیت بیشتری نسبت به سایر مواد دارند. واکنش فتوشیمیایی در آنها به شدت باعث تغییر رنگ خواهد شد. به عنوان مثال رنگ سبز هوکر که در نقاشی ها برای شاخ و برگ درختان استفاده می شود از رنگ آبی ترکیب شده با نارهندی و رنگدانه های زرد بدست آمده از نوعی درخت کامبوجی ساخته شده است.

نارهندی نسبت به آسیب فتوشیمیایی بسیار حساس بوده و رنگ آبی در آن به تدریج محو می شود. بسیاری از این رنگدانه ها در رنگ های روغنی هم استفاده می شوند اما به دلیل ضخامت بیشتر رنگ و روغن ترکیب شده با آن تاثیر کمتری را مشاهده می کنیم.

• کاغذ: بخش بزرگی از کاغذهای تولید شده امروزی از خمیر چوب تهیه می شوند. لیگنین¹ ترکیبی از چوب برای استحکام هرچه بیشتر آن است. لیگنین بسیار واکنش پذیر و مستعد آسیب فتوشیمیایی است. وقتی ترکیب آن شکسته می شود به اسید تولید شده به رنگ زرد یا قهوه ای قابل رویت است مشابه وقتی که یک روزنامه در مجاورت نور خورشید قرار می گیرد. اسیدهای تولید شده باعث از بین بردن بافت الیاف کاغذ شده و آن را شکننده می کنند و واکنش فتوشیمیایی در آنها ناشی از تابش اشعه های UV واکنشی ادامه دار خواهد بود و وقتی تابش بر روی آن قطع شود هم این واکنش ها به کار خود ادامه می دهند. همانطور که در تصویر قابل مشاهده است (تصویر شماره 6)، کاغذ به حالت شکننده در آمده و رنگ آن در حال از محو شدن است.



تصویر شماره 6: تغییرات در رنگ کاغذ و ایجاد شکنندگی در آن (تصویر برداری شده ویکی هافری)

سطوح روشنائی قابل قبول

با توجه به آنچه بررسی و مطرح شد این موضوع واضح است که در یک موزه به منظور به حداقل رساندن آسیب باید کمترین سطح نور کافی را در نظر بگیریم. به این منظور باید بدانیم چه میزان نور کم یا چه میزان نور زیاد است. در ادامه درباره ی این موضوع بحث خواهیم کرد. مهم ترین عوامل در این بخش آن است که بدانیم:

- حساسیت مواد مختلف نسبت به آسیب های اشعه های UV و نورمرئی چگونه است؟
 - فضاهای مختلف را براساس فعالیتی که برای آن در نظر گرفته شده است، مشخص کنیم
- باید به خاطر داشته باشیم که میزان آسیب های فتوشیمیایی بستگی به انرژی تابشی، میزان اشعه انتشار یافته و مدت زمانی که شی تحت این تابش است، دارد. در ادامه به گروه بندی اشیاء بر اساس میزان حساسیت نور خواهیم پرداخت و راهکارهایی را برای آنها ارائه می کنیم. این گروه بندی شامل اشیاء با ساختار حساس، ساختار نیمه حساس و ساختار غیرحساس می باشند.

اشیا با ساختار حساس

- این اشیا شامل پارچه ها و نقاشی های آبرنگی و از این قبیل می باشند.
- سطح روشنایی نباید بالاتر از 50 لوکس باشد.
 - در یک سال نباید از 200 کیلولوکس ساعت بیشتر به شی نور تابیده بشود.
 - تابش اشعه های UV نباید از 75 میکرو وات بر هر لومن تجاوز کند و ترجیحا کمتر از 30 میکرو وات بر هر لومن باشد.

اشیا با ساختار نیمه حساس

- این اشیا شامل نقاشی های رنگ روغن و مبلمان و از این قبیل می باشند.
- سطح روشنایی نباید بالاتر از 250 لوکس باشد.
 - در یک سال نباید از 650 کیلولوکس ساعت بیشتر به شی نور تابیده بشود.
 - تابش اشعه های UV نباید از 75 میکرو وات بر هر لومن تجاوز کند و ترجیحا کمتر از 30 میکرو وات بر هر لومن باشد.

اشیا با ساختار غیر حساس

- این اشیا شامل سنگ، آهن و از این قبیل می باشند.
- البته اشیایی که به نور حساس نیستند هم باید مورد حفاظت قرار بگیرند.
 - این اشیا را در معرض تابش نور زیاد و اشعه های UV نباید قرار بدهیم.
- البته باید این موضوع را در نظر داشته باشیم آثاری که شامل چند ماده ی مختلف هستند ممکن است حاوی مواد حساس باشند و باید در سیستم نورپردازی به آن توجه کنیم.
- در ادامه به معرفی پارامترهای گفته شده می پردازیم:

لوکس (Lux) :

واحدی برای اندازه گیری شدت روشنایی است. هرچه به منبع نور نزدیکتر باشیم شدت روشنایی آن بیشتر خواهد بود. بنابراین فاصله ی شی مورد نورپردازی از منبع روشنایی در شدت لوکس تابیده شده بر آن تاثیرگذار می باشد. به طور مثال فرض کنید یک شی در فاصله ی یک متری از یک منبع نوری قرار دارد و شدت روشنایی بر روی آن 100 لوکس است، حال با افزایش فاصله تا 2 متری می توان شدت روشنایی را تا 25 لوکس کاهش داد.

کیلو لوکس ساعت (KiloLUX Hours) :

این واحد برای نشان دادن شدت روشنایی در یک پریود زمانی بر روی یک شی به کار می رود. برای توضیح آن در ادامه مثالی را ارائه می دهیم. فرض کنید موزه ای 5 روز در هفته و روزی 5 ساعت برای بازدید عموم باز است و شی در آن موزه تحت تابش با شدت 200 لوکس قرار دارد. پس برای یک سال میزان کیلولوکس ساعت آن را می توان به نحو زیر محاسبه می گردد.

$$260000 \text{ لوکس بر ساعت} = 200 \text{ لوکس} \times 52 \text{ هفته} \times 5 \text{ ساعت} \times 5 \text{ روز}$$

که معادل 260 کیلو لوکس بر ساعت در طول یک سال خواهد بود.

این محاسبه می تواند به ما برای در نظر گرفتن استانداردهای مورد نیاز برای هر شی کمک کند مثلاً می توان با کاهش زمان در این فرمول کیلولوکس کمتری را در طول یک پریود زمانی مشخص بر شی تابانید. دوباره فرض می کنیم شی این بار برای 6 ماه و تحت 50 لوکس شدت روشنایی قرار بگیرد. خواهیم داشت :

$$32500 \text{ لوکس بر ساعت} = 50 \text{ لوکس} \times 26 \text{ هفته} \times 5 \text{ ساعت} \times 5 \text{ روز}$$

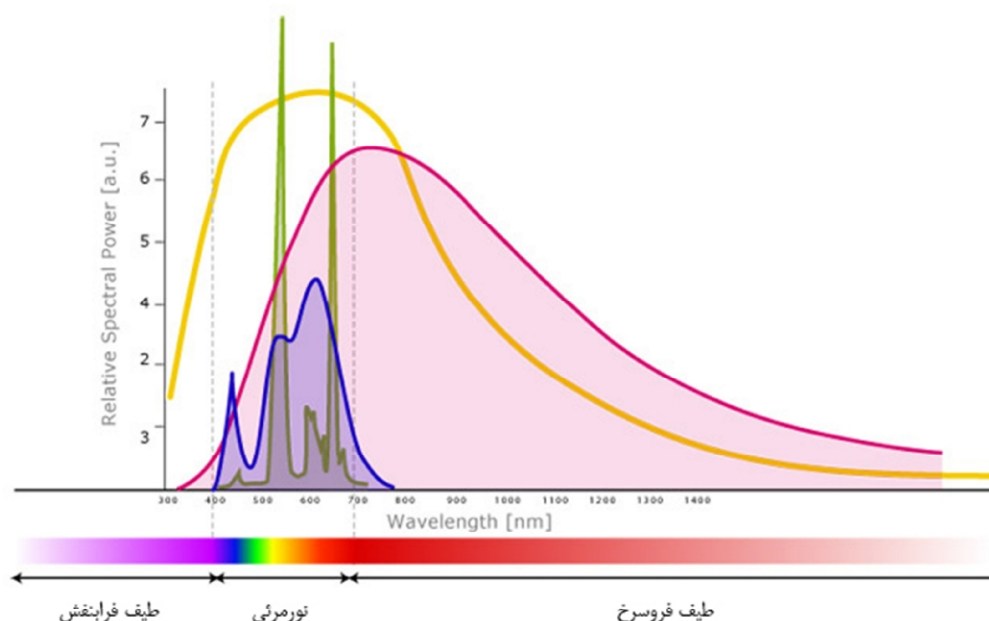
که معادل 32.5 کیلولوکس بر ساعت برای 6 ماه خواهد بود.

میکرو وات بر لومن ($\mu\text{W/Luman}$):

این واحد نشان دهنده میزان طیف های UV خارج شده از منابع نوری مختلف را نشان می دهد. میکرووات واحدی برای اندازه گیری انرژی است و لومن برای اندازه گیری میزان نوردهی منابع نوری استفاده می شود. این عدد برای هر منبع نوری ثابت بوده و ارتباطی به فاصله از آن نخواهد داشت. اگر بخواهیم این میزان را کاهش دهیم می توانیم از فیلترهای UV یا منابعی که میزان کمتری از UV را انتشار می دهند بهره ببریم. ابزار های مخصوصی برای اندازه گیری سطح روشنایی و اندازه گیری UV وجود دارند که توسط آنها می توان آنچه را گفته شد مورد بررسی قرار داد.

مقایسه طیف های UV انتشار یافته در نور طبیعی و منابع نور مصنوعی :

با توجه به آنچه در مورد طیف های UV مطرح شد حال به بررسی نموداری این طیف ها می پردازیم، تا آنچه که عنوان شد را مورد بررسی مشخص تری قرار دهیم.



تصویر شماره 7: نمودار طیف های UV موجود در نور طبیعی و منابع نور مصنوعی
 (LED & Artificial Light Guide - Director: Tom Bosschaert) ماخذ

در نمودار فوق (تصویر شماره 7) خط آبی نشان دهنده ی طیف های انتشار یافته از منابع LED، خط سبز نشان دهنده ی منابع نوری فلوئورسنت، خط بنفش لامپ های رشته ای را نشان می دهند و خط زرد نشان دهنده ی نور طبیعی روز است. ذکر این موضوع مهم است که انرژی طیف مورد نظر شامل مجموع مساحت زیر سطح نمودار آن است. به طور مثال در تصویر کاملاً مشخص است که نور طبیعی حاوی مقادیر زیادی از انرژی های فرابنفش (UV) و فروسرخ (IR) است و لامپ های رشته ای نیز دارای مقادیری از طیف های UV است.

نتیجه گیری :

تاریخ تمدن کشور ایران علاوه بر غنای فرهنگی، تاریخی و هنری ارمغان هایی نظیر آثار با ارزش برای این سرزمین برجای گذاشته است. وظیفه حفظ و نمایش این آثار بر عهده ی همه ی افراد جامعه به خصوص مسولان موزه ها و مجموعه ها می باشد. پر واضح است که نقش نورپردازی به عنوان عامل نمایش دهنده ی آثار بسیار تاثیر گذار می باشد. لذا توجه به همه ی جوانب این بخش که شامل نمایش آثار در بهترین حالت اعم از نمایش قدمت، فرم و بافت اثر و از همه مهمتر حفظ آثار می باشد، بسیار حائز اهمیت است. در این نوشتار سعی بر آن بوده است که در گام اول با توجه به امکانات و توانمندی های موجود بتوان راهکارهایی برای جلوگیری از آسیب های ناشی از نورپردازی در این فضاها ارائه کنیم و در گام بعدی نکات کاربردی برای ایجاد مجموعه های جدید ارائه دهیم.

پی نوشت :

1. لیگنین یک پلیمر شاخه شاخه ساخته شده از واحدهای مولکولی پلی پروپان است که به شکل آمورف و مخلوط با هولوسلولز در نباتات بصورت لایه ای دور سلولز را فرا گرفته است. بعد از سلولز لیگنین رایج ترین ترکیب در ساختار گیاهان آلی چوبی است. چوب خشک حاوی حدود 25 درصد لیگنین است که در دیواره سلولی و در قسمت خارجی سلول قرار گرفته است. لیگنین به عنوان یک چسباننده دیواره سلولی عمل می کند و فیبرهای سلولی حاوی ماتریکس را برای استحکام ساختار چوب به هم متصل می نماید. منابع لیگنین فراوانند و اکثراً هم غیر قابل مصرفند. چوب و پوست درختان که از صنایع الواری به جای می مانند و همچنین فضولات کشاورزی می توانند مقدار بسیار زیادی لیگنین حاصل دهند. منبع کوچک تر ولی در دسترس تر لیگنین خمیر کاغذ و صنایع چوب است که ذخیره زیادی برای لیگنین است. محتویات لیگنین در گونه های مختلف چوب از یک درخت به درخت دیگر و حتی در یک منطقه از یک درخت نسبت به منطقه دیگر از همان درخت متفاوت است. لیگنین یک پلیمر با وزن مولکولی بیشتر از 10,000 در درختان کاج و احتمالاً کمتر از 5000 در درختان برگریز می باشد که سه منومر اصلی آن کونیفریل الکل، ایزواوژنول و سیرنژیل الکل می باشند.

منابع :

1. Terry T. Schaeffer , 2011, Effects of light on Materials in collection, © 2001 The J. Paul Getty Trust Second printing 2002
2. reCollections Caring for Collections Across Australia, ISBN 0 642 37385 X , This publication will be available online at the Australian Museums On Line website—
<http://amol.org.au>
3. IESNA, Illuminating Engineering Society of North America, Ninth Edition
4. Sales, F.G. , Abreu, C.A.M. , Pereira, A.F.R. , Catalytic wet-air oxidation of lignin in a three-phase reactor with aromatic aldehyde production, Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol. 21, No. 02, pp. 211-218 April - June 2004.
5. LED & Artificial Light Guide - Director: Tom Bosschaert /<http://www.except.nl/en/articles/92-led-artificial-light-guide>