

بررسی منظر شبانه معابر اصلی شهر کاشان با رویکرد کاهش مصرف انرژی و ارتقا کیفیت روشنایی

محمد نظیفی فرد*، مریم اخوان حجازی

۱- استادیار پژوهشکده انرژی دانشگاه کاشان، nazifi@kashanu.ac.ir

۲- استادیار گروه مهندسی برق قدرت دانشگاه کاشان، mhejazi@kashanu.ac.ir

چکیده

در مطالعه حاضر کیفیت روشنایی معابر اصلی شهر کاشان مورد اندازه گیری تجربی و همچنین شبیه سازی نرم افزاری قرار گرفت. پارامترهای خروجی نرم افزار با در نظر گرفتن کلاس روشنایی شهری به عنوان پارامترهای قابل مقایسه با استانداردهای موجود مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین نسبت شدت روشنایی کمینه به بیشینه به عنوان معیاری برای میزان یکنواختی روشنایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد در اغلب موارد شدت روشنایی متوسط معابر اصلی با در نظر گرفتن ضریب نگهداری ۰/۸، به طور متوسط عددی معادل ۸۵ لوکس می باشد که در مقایسه با حداقل مقدار استاندارد (یعنی ۴۵ لوکس) عدد بالایی است. این در حالیست که مقدار شدت روشنایی اندازه گیری شده به طور میانگین عددی حدود ۲۵ لوکس اندازه گیری شد. در واقع ضریب نگهداری چراغها، عددی کمتر از ۰/۴ می باشد که نشان می دهد مقدار مصرف انرژی سیستم بسیار بالاتر از حد مورد نیاز است. مقدار متوسط درخشندگی در سطح خیابان امیرکبیر شهر کاشان برابر ۲/۳۲ لوکس بر متر برآورد شد که از حد استاندارد آن یعنی ۱ متر بر لوکس فراتر است. البته یکنواختی درخشندگی و یکنواختی طولی درخشندگی به حد استاندارد نرسیده اند و این نشان از طراحی نامناسب روشنایی این خیابان دارد. ضمن اینکه مقدار آستانه درخشندگی نیز به حد استاندارد خود نرسیده است و اختلاف زیادی با آن دارد. ضریب یکنواختی روشنایی در بدترین وضعیت برابر ۰/۱۱ و شدت روشنایی متوسط برابر ۳۷ لوکس بود. این مقدار یکنواختی کم برای خیابان امیرکبیر نشان از تغییرات زیاد شدت روشنایی در طول مسیر بین یک چراغ تا چراغ بعدی است. نتایج این مطالعه تاکید می کند طراحی صحیح سیستم روشنایی شهری به همراه نگهداری موثر و بهینه از سیستم روشنایی، می تواند تاثیر قابل توجهی در کاهش هزینه کرد انرژی سیستم روشنایی شهری به همراه داشته باشد.

واژه های کلیدی: کیفیت روشنایی، تاسیسات روشنایی شهری، مدیریت مصرف انرژی، متوسط درخشندگی.

۱- مقدمه

مدیریت منابع انرژی شهری در سطح ملی همواره از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. اصولاً مصرف بهینه انرژی و مدیریت بهینه هزینه شهری در بخش انرژی، بخشی جدانشدنی از امور مهندسی و طراحی فنی شهرها به شمار می‌آیند. اگرچه سهم مصرف انرژی در روشنایی راه‌ها کسر کوچکی از کل انرژی مورد نیاز در کشور است ولی به منظور بهره‌برداری مفید و محتاطانه از انرژی، بایستی این نیازها در سطح ملی مورد توجه قرار گیرد [۱].

امروزه به منظور حصول اطمینان از بهره‌وری انرژی مطابق استانداردهای روز دنیا، آزمودن سیستم‌های روشنایی شریان‌های حیاتی و حمل و نقل شهری از اهمیت بالایی برخوردار است. نتیجه این تلاش‌ها دستیابی به بهترین نسبت احتمالی هزینه به فایده در مدیریت انرژی شهری خواهد بود. از طرفی با گسترش روزافزون وسایل حمل و نقل جاده‌ای، امنیت جاده‌ای از اهمیت ویژه برخوردار شده است. یکی از فاکتورهای اساسی و اثرگذار بر امنیت جاده‌ای، کیفیت روشنایی است. تامین نور کافی در سطح جاده‌ها و خیابان‌ها، احتمال بروز تصادفات را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. لذا افزایش کیفیت روشنایی جاده با کاهش میزان تصادفات و نیز افزایش امنیت اجتماعی ارتباط دارد.

از طرفی باید توجه داشت با افزایش مقدار روشنایی، میزان مصرف انرژی الکتریکی نیز افزایش می‌یابد. بنابراین طراحی سیستم روشنایی جاده‌ای باید به گونه‌ای باشد که ضمن اینکه روشنایی قابل قبول در معابر تامین گردد، مصرف انرژی الکتریکی نیز به حداقل مقدار برسد. در این مطالعه کیفیت روشنایی خیابانهای اصلی شهر کاشان مورد بررسی قرار گرفته است و اثر پارامترهای مختلف کیفیت روشنایی بر شدت انرژی مصرفی در نظر گرفته شده است.

۲- مطالعه سخت افزار بکار رفته در سیستم روشنایی معابر اصلی شهر کاشان

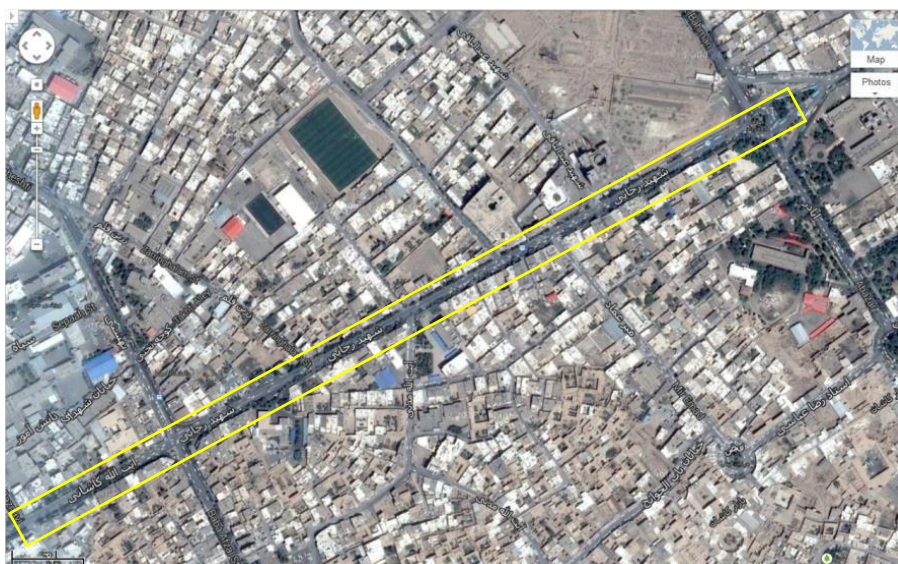
شهر کاشان از جمله شهرهای مهم استان اصفهان و ایران است و از لحاظ کارکرد اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و سیاسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که از قدیمی‌ترین شهرهای ایران به حساب می‌آید و اصولاً نقش پررنگ و محوری در حمل و نقل کالا بر عهده داشته است و از طرفی به علت وجود کارخانجات و مراکز صنعتی متعدد، از جمله شهرهای مهم ایران به شمار می‌آید. در بررسی اولیه مشخصات سخت افزارهای بکار رفته در خیابانهای اصلی که در جدول ۱ به آنها اشاره شده است مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهای لازم برای بررسی کیفیت روشنایی به صورت شبیه سازی عددی استخراج گردید.

جدول ۱. اطلاعات اولیه از سیستم روشنایی چند خیابان اصلی شهرستان کاشان

خیابان	نوع گذرگاه	تعداد لامپ بخار جیوه	تعداد لامپ بخار سدیم	نوع پایه
شهید رجایی	خیابان اصلی	۲۴	۴۷	بتونی
آیت الله کاشانی	خیابان اصلی	۱۳	۶۷	بتونی
امام حسین - میدان قمرینی هاشم ^(ع)	خیابان اصلی	۲۶	۹۷	بتونی
میدان قمرینی هاشم ^(ع) - عامریه	خیابان اصلی	۴۱	۷۴	بتونی
خ امیرکبیر	بلوار	-	۶۰	تلسکوپی
خ امیرکبیر تا باغ فین	خیابان اصلی	۴۰	۶۵	بتونی

خیابان شهید رجایی کاشان، یکی از خیابان های اصلی شهر به شمار می آید و اهمیت روشنایی این خیابان حائز اهمیت است. شکل ۱ تصویر ماهواره ای از موقعیت این خیابان را نشان می دهد. وضعیت سیستم روشنایی این خیابان به شرح زیر است:

- به دلیل وجود کوچه و فرعی های زیاد، فاصله تیرها از هم متغیر (۱۵ تا ۳۰ متر) است.
- پهنای گذر عابرین پیاده حدود ۴ متر است.
- مکان تیرهای برق، مجاور به فضای سبز است.
- فضای سبز متراکم با پوشش درختان بلند، بین خیابان اصلی و عابر پیاده، به عرض کلی ۲ متر است.
- نوع خیابان، دوطرفه و هر طرف شامل دو مسیر و عرض کلی خیابان ۱۲ متر است.
- زاویه بازوی چراغ ۱۵ درجه نسبت به افق است.
- ارتفاع چراغ از کف خیابان (ارتفاع تیرهای بتونی) ۶ متر است.
- طول بازوها ۳ متر است.
- خیابان ترافیک متوسط در شب همراه با تردد زیاد عابرین پیاده دارد.



شکل ۱ تصویر ماهواره ای از خیابان شهید رجایی

خیابان آیت الله کاشانی از جمله خیابان‌های پرتردد شهر کاشان محسوب می‌گردد که دسترسی‌های محلی به نقاط مرکزی شهر را فراهم می‌نماید. شکل ۲ تصویر ماهواره ای از موقعیت خیابان کاشانی را نشان می‌دهد. با بررسی‌های انجام شده در مورد وضعیت سخت افزاری سیستم روشنایی این خیابان، اطلاعات زیر حاصل شد.

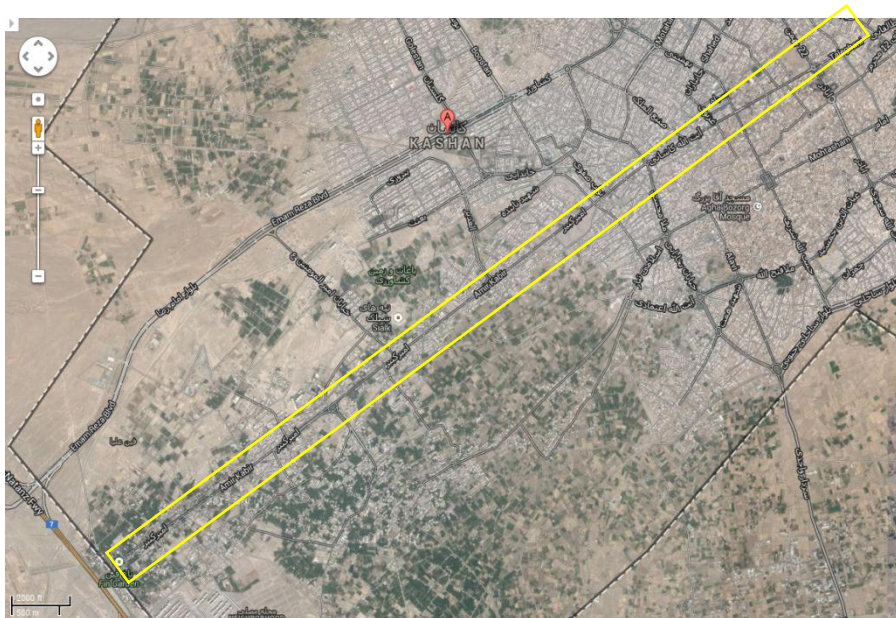
- فاصله تیر چراغهای روشنایی از هم متغیر (از ۲۰ الی ۳۰ متر) است.
- پهناي گذر عابر پیاده ۳/۵ متر است.
- تیرهای چراغ برق مجاور با فضای سبز و بعضا بین آن قرار دارد.
- نوع پوشش فضای سبز، متراکم با پوشش درخت، بین خیابان و عابر پیاده، به عرض کلی ۲ متر است.
- عرض خیابان ۱۲ متر است.
- زاویه بازوی چراغها ۱۰ درجه است.
- ارتفاع چراغ از کف خیابان (ارتفاع تیرهای بتونی) ۶ متر است.
- طول بازوها ۳ متر است.



شکل ۲ تصویری هوایی از خیابان آیت الله کاشانی

خیابان امیرکبیر نیز از جمله خیابان‌های پرتردد شهر برای وسایل نقلیه به حساب می‌آید که راه‌های ارتباطی داخل شهری مهمی را به هم مرتبط می‌کند. این خیابان در امتداد خیابان آیت الله کاشانی قرار دارد و به نسبت دو خیابان دیگر طولانی‌تر است. از جمله ویژگی‌های آن می‌توان به مسکونی و گردشگری بودن آن اشاره کرد. این خیابان هم مورد استفاده مردم و هم گردشگران است لذا توجه به حفظ زیبایی آن در کنار ایمنی می‌تواند تاثیر مهمی در چهره شهر داشته باشد. با بررسی‌های انجام شده در مورد وضعیت سخت افزاری سیستم روشنایی این خیابان، اطلاعات زیر حاصل شد.

- فاصله تیرها از هم متغیر (۲۵ تا ۳۰ متر) است ولی طراحی بر اساس فاصله ۳۰ متر مدنظر بوده است.
- پهناي گذر عابر پیاده ۳ متر
- مکان تیرها در محل گذر عابر پیاده و در کنار آن (دست چپ) قرار دارد.
- فضای نیمه سبز متراکم با پوشش متغیر به عرض کلی ۱ تا ۱/۵ متر. هرچه به باغ فین نزدیک‌تر می‌شویم فضای سبز با پوشش درختان بید مجنون بیشتر به چشم می‌آید.
- عرض خیابان ۲۰ متر و دو طرفه و عرض هر طرف ۱۰ متر با دو مسیر عبوری است.
- زاویه بازوها ۱۵ درجه است.
- ارتفاع چراغ از کف خیابان (ارتفاع تیرهای بتونی) ۶ متر است.
- طول بازوها ۳ متر است.



شکل ۳ - تصویر ماهواره ای از خیابان امیرکبیر شهر کاشان

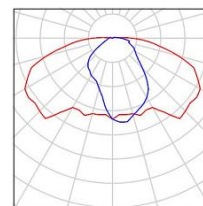
۳- روش انجام تحقیق

در این مطالعه از نرم افزار دیالوکس^۱ برای شبیه سازی سیستم روشنایی معابر استفاده شد. این نرم افزار اطلاعات کتابخانه ای مفصلی از انواع منابع روشنایی از شرکت های مختلف دارد و در حال حاضر یکی از سودمندترین ابزارهای شبیه سازی سیستم های روشنایی محسوب می شود [۱-۳]. بسته به نوع کاربری خیابان چهار نوع ویژگی سرعتی (بالا، متوسط، کم و پیاده روی) در مدلسازی لحاظ شد. همچنین وضعیت خیابان از لحاظ عرض خیابان، تعداد خطوط و نیز عرض ناحیه میانی و ... تعیین و به نرم افزار وارد شد. لازم به ذکر است یکی از فاکتورهای تاثیرگذار بر کیفیت روشنایی خیابان، وجود منابع متفرقه و متعدد روشنایی در کنار خیابان است که از آن جمله تابلوهای تبلیغاتی و روشنایی فروشگاه ها و حتی منابع بازدارنده عبور نور مثل درختان اشاره نمود [۱]. لذا با در نظر گرفتن نوع کاربری و ویژگی اصلی خیابان شهید رجایی شهرستان کاشان، کلاس روشنایی برای این پارامتر، گزینه High (زیاد) را انتخاب شد. پس از تعیین مشخصات خیابان و کلاس روشنایی، نوع چراغ ها در نرم افزار مدلسازی شد. در شبیه سازی تقریباً برای همه خیابان های بررسی شده، از یک نوع لامپ بخار سدیم پرفشار ۲۵۰ وات سدیمی استفاده شد.

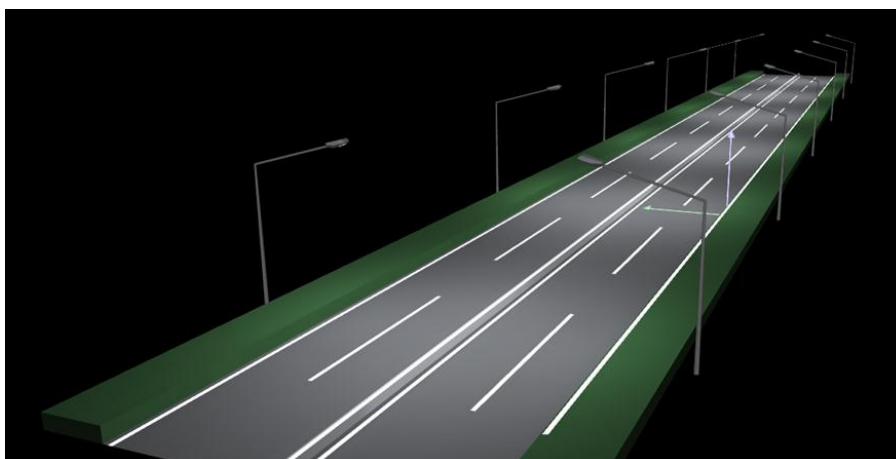
^۱ DIALux software

Streets Lighting Project Of Kashan City / Luminaire parts list

56 Pieces Mazinoor M8PS250S-H 250 W High Pressure Sodium OPTIMA Street Light with Prismatic glass diffuser (Horizontal)
Article No.: M8PS250S-H
Luminous flux (Luminaire): 19271 lm
Luminous flux (Lamps): 28000 lm
Luminaire Wattage: 285.0 W
Luminaire classification according to CIE: 96
CIE flux code: 35 69 90 96 69
Fitting: 1 x 250 W Tubular Single Ended High Pressure Sodium Lamp with E40 Base
(Correction Factor 1.000).



شکل ۴ - مشخصات لامپ مدل‌سازی شده در نرم افزار دیالوکس



شکل ۵ - نمونه خیابان مدل‌سازی شده در نرم افزار

۴- نتایج

نتایج نشان داد متوسط درخشندگی سطح معبر برابر ۵/۶۲ لوکس بر متر میباشد که از حد استاندارد آن یعنی ۱ متر بر لوکس فراتر است. یکی از علل این امر نزدیک بودن موقعیت تیرها نسبت به هم میباشد. با توجه به اینکه حد استاندارد فاصله چراغ‌ها برای خیابان‌های اصلی ۳۰ متر است ولی در عمل این مقدار متغیر و ۱۵ تا ۲۵ متر است. در مورد پارامتر یکنواختی درخشندگی (U0) و یکنواختی طولی درخشندگی (UI) و آستانه درخشندگی (TI) و ضریب محیط (SR) با توجه به اطلاعات جدول ۲ و نوع کلاس روشنایی، علی‌رغم تفاوت اندکی که وجود دارد ولی حدود استاندارد رعایت شده است.

جدول ۲ - نتایج فوتومتریک شبیه سازی خیابان شهید رجایی

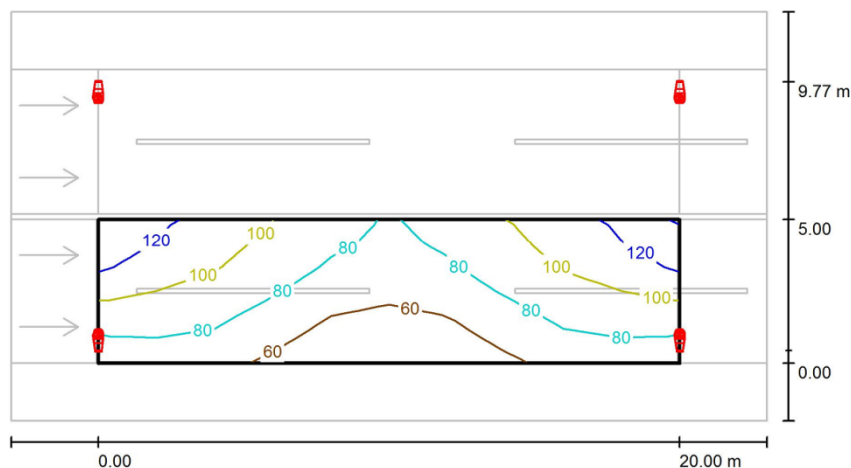
Selected Lighting Class: ME3c

(All lighting performance requirements are met.)

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Calculated values:	5.62	0.60	0.76	/	0.84
Required values according to class:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Fulfilled/Not fulfilled:	✓	✓	✓	/	✓

همچنین نتایج شبیه سازی نشان داد، ضریب یکنواختی روشنایی E_{min}/E_{max} برابر $0/358$ می باشد که مقدار مطلوبی نیست و نشان دهنده عدم یکنواخت بودن نورپردازی خیابان رجایی می باشد. مسلماً با بهبود آرایش چراغهای روشنایی می توان فاکتور یکنواختی را بهبود داد. البته استفاده از لامپهایی که بیشتر منحنی توزیع نوری طولی دارند و نور را در جهت طولی خیابان پخش می کنند، نیز می تواند در بهبود این فاکتور موثر باشد. شدت روشنایی متوسط این خیابان برابر 85 لوکس محاسبه شده است که در مقایسه با مقدار حداقل (یعنی 45 لوکس) استاندارد عدد بالایی است. در عمل با استفاده از دستگاه لوکس متر مقدار شدت روشنایی در زیر چراغها به طور میانگین عددی حدود 25 لوکس اندازه گیری شد. لازم به ذکر است ضریب نگهداری چراغها در شبیه سازی و برای شرایط ایده ال عدد $0/8$ در نظر گرفته شد اما در عمل به علت آلودگی های روی شیشه چراغها و موانع طبیعی که بر سر توزیع نور وجود دارد و همچنین ذکر این نکته که شار نوری لامپها بعد از مدتی افت می کند نتایج منطقی و قابل قبول است و در شرایط واقعی ضریب نگهداری عددی کمتر از $0/3$ می باشد. لازم به ذکر است که در بحث روشنایی خیابانها و معابر شهری، فاکتور درخشندگی بیشتر مدنظر است تا شدت روشنایی. شکل ۶ منحنی توزیع شدت نور (ایزولاین) و فاکتور یکنواختی را نشان می دهد.

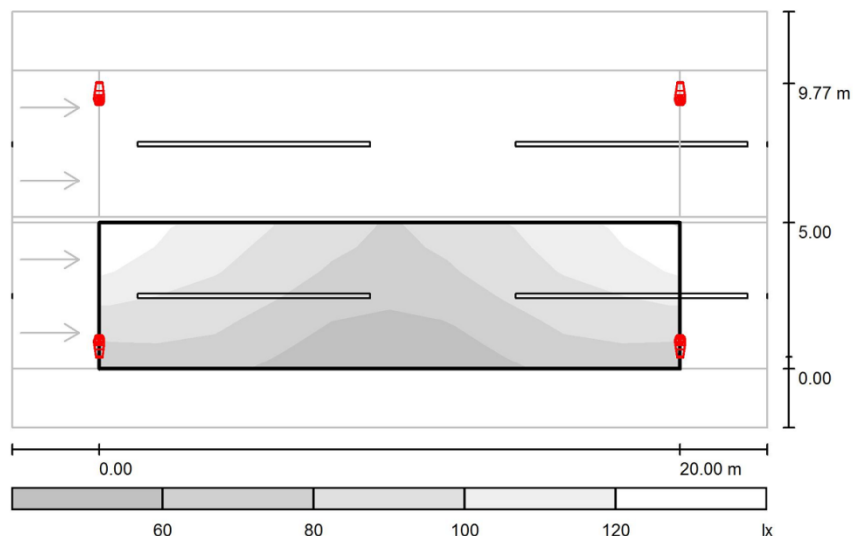
خیابان شهید رجایی / Valuation Field Roadway 1 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 186

شکل ۶ - منحنی توزیع شدت نور (ایزولاین)

خیابان شهید رجایی / Valuation Field Roadway 1 / Greyscale (E)



Scale 1 : 186

شکل ۷ - منحنی توزیع شدت نور (مقیاس خاکستری) خیابان شهید رجایی

متوسط درخشندگی سطح معبر خیابان آیت الله کاشانی شهرستان کاشان برابر ۵/۵۷ لوکس بر متر بدست آمده است که از حد استاندارد آن یعنی ۱ متر بر لوکس فراتر است و نشان دهنده عدم رعایت شایسته مدیریت انرژی در سیستم روشنایی این خیابان در زمان انجام این مطالعه دارد. در مورد پارامتر یکنواختی درخشندگی، یکنواختی طولی درخشندگی، آستانه درخشندگی و ضریب محیط با توجه به اطلاعات جدول ۳ و نوع کلاس روشنایی، علی رغم تفاوت اندکی که وجود دارد، ولی حد استاندارد رعایت شده است [۱]. ضریب یکنواختی روشنایی در این خیابان برابر ۰/۳۶ و شدت روشنایی متوسط برابر ۸۴ لوکس میباشد.

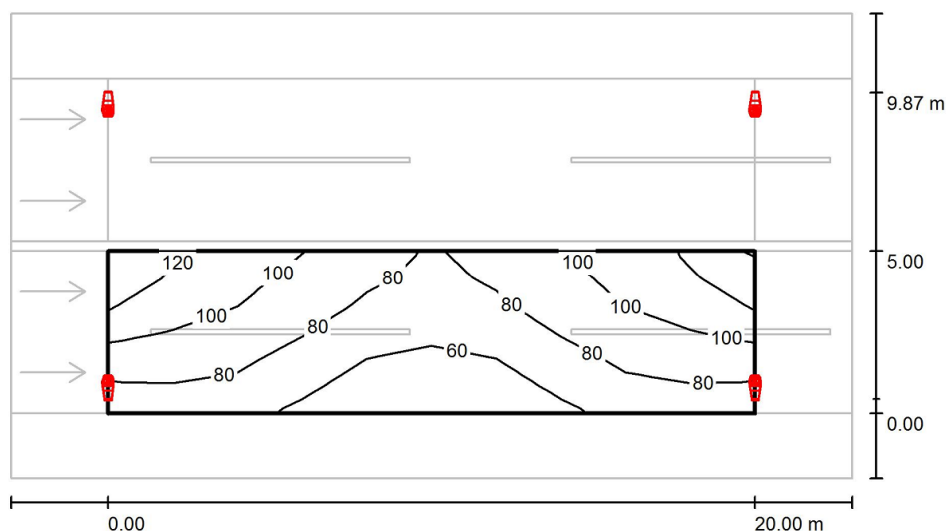
جدول ۳ - نتایج فوتومتریک خیابان آیت الله کاشانی

Selected Lighting Class: ME3c

(All lighting performance requirements are met.)

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Calculated values:	5.57	0.60	0.77	/	0.84
Required values according to class:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Fulfilled/Not fulfilled:	✓	✓	✓	/	✓

خیابان آیت الله کاشانی / Valuation Field Roadway 1 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 186

شکل ۸ - منحنی توزیع شدت نور (ایزولاین) خیابان کاشانی

جدول ۴ - نتایج فوتومتریک خیابان امیرکبیر

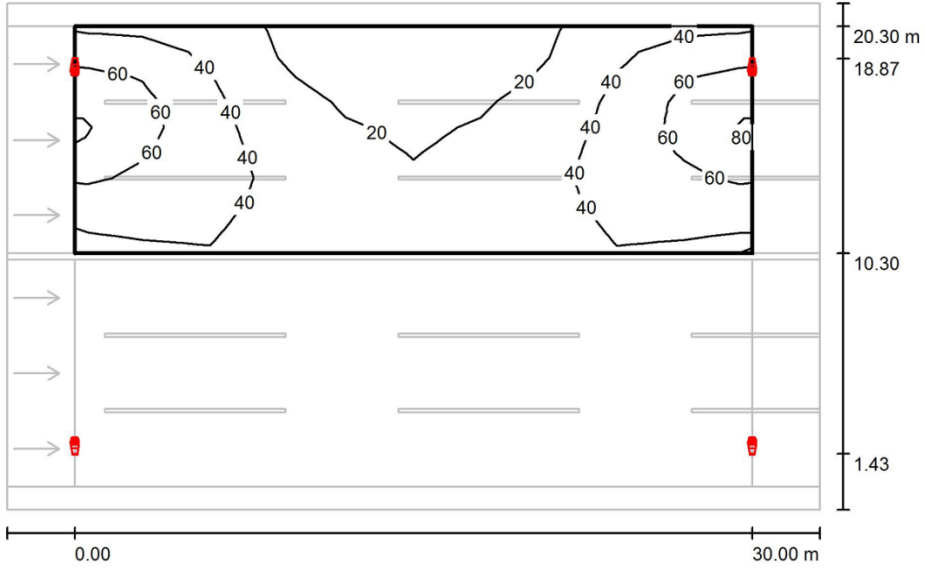
Selected Lighting Class: ME3b

(Not all lighting performance requirements are met.)

	L_{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Calculated values:	2.32	0.31	0.49	47	0.65
Required values according to class:	≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Fulfilled/Not fulfilled:	✓	✗	✗	✗	✓

مقدار متوسط درخشندگی در سطح خیابان امیرکبیر شهرستان کاشان برابر $2/32$ لوکس بر متر می باشد که از حد استاندارد آن یعنی ۱ متر بر لوکس فراتر است. البته یکنواختی درخشندگی و یکنواختی طولی درخشندگی به حد استاندارد نرسیده‌اند و این نشان از طراحی اولیه نامناسب روشنایی این خیابان است. ضمن اینکه مقدار آستانه درخشندگی نیز به حد استاندارد خود نرسیده است و اختلاف زیادی با آن دارد. ضریب یکنواختی روشنایی برابر $0/11$ و شدت روشنایی متوسط برابر 37 لوکس محاسبه شده است. این مقدار یکنواختی کم برای این خیابان نشان از تغییرات زیاد شدت روشنایی در طول مسیر بین یک چراغ تا چراغ بعدی است. اگرچه برای آذراه‌ها و بزرگراه‌ها کوچک بودن ضریب یکنواختی بهتر است ولی برای خیابان‌های اصلی درون شهری مثل این خیابان باید عددی نزدیک به ۱ و برای خیابان‌های شلوغ و پرترافیک درون شهری مثل خیابان آیت الله کاشانی عددی نزدیک به ۲ باشد [۳].

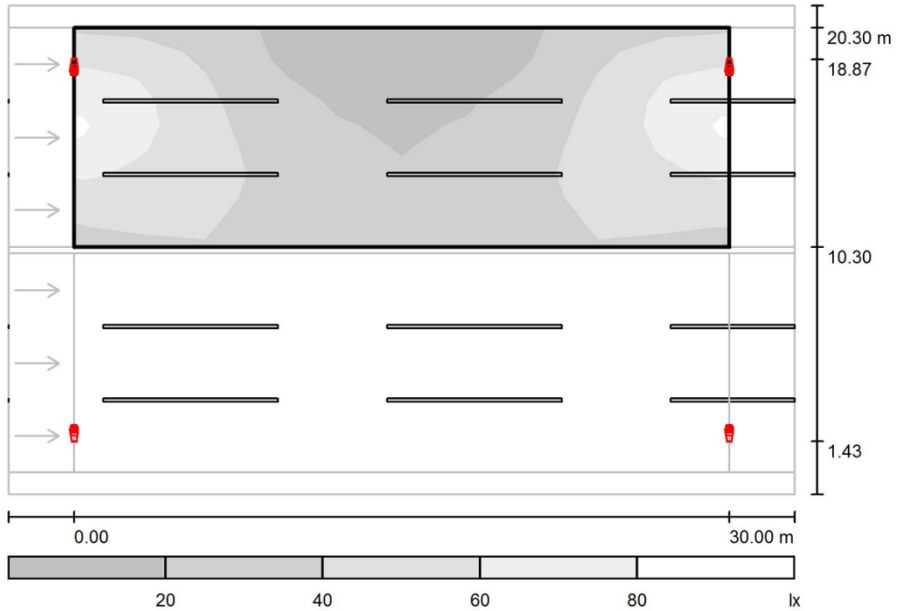
خیابان امیرکبیر / Valuation Field Roadway 2 / Isolines (E)



Values in Lux, Scale 1 : 258

شکل ۹ - منحنی توزیع شدت خیابان امیرکبیر

خیابان امیرکبیر / Valuation Field Roadway 2 / Greyscale (E)



Scale 1 : 258

شکل ۱۰ - منحنی توزیع شدت نور (مقیاس خاکستری)

۵- نتیجه گیری

در این مطالعه کیفیت روشنایی خیابان های اصلی شهر کاشان با استفاده از نرم افزار دیالوکس مورد بررسی قرار گرفت و با استانداردهای موجود مقایسه شد. پارامترهایی از قبیل یکنواختی درخشندگی و یکنواختی طولی درخشندگی، آستانه درخشندگی و ضریب محیط با توجه به اطلاعات سیستم روشنایی شهری و کلاس روشنایی به عنوان پارامترهای قابل مقایسه با استاندارد انتخاب شدند. همچنین نسبت شدت روشنایی کمینه به بیشینه E_{min}/E_{max} به عنوان ضریب یکنواختی روشنایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد در اغلب موارد شدت روشنایی متوسط خیابان ها با در نظر گرفتن ضریب نگهداری $0/8$ عددی معادل 85 لوکس می باشد که در مقایسه با حداقل مقدار استاندارد (یعنی 45 لوکس) عدد بالایی است. این در حالیست که در عمل مقدار شدت روشنایی ثبت شده به طور میانگین عددی حدود 25 لوکس اندازه گیری شد. در شرایط واقعی ضریب نگهداری چراغها، عددی کمتر از $0/4$ می باشد که نشان می دهد مقدار مصرف انرژی سیستم بسیار بالاتر از حد مورد نیاز است و نگهداری موثر از سیستم روشنایی می تواند تاثیر قابل توجهی در هزینه کرد انرژی سیستم روشنایی داشته باشد. مقدار متوسط درخشندگی در سطح خیابان امیرکبیر شهرستان کاشان برابر $2/32$ لوکس بر متر می باشد که از حد استاندارد آن یعنی 1 متر بر لوکس فراتر است. البته یکنواختی درخشندگی و یکنواختی طولی درخشندگی به حد استاندارد نرسیده اند و این نشان از طراحی اولیه نامناسب روشنایی این خیابان است ضمن اینکه مقدار آستانه درخشندگی نیز به حد استاندارد خود نرسیده است و اختلاف زیادی با آن دارد. ضریب یکنواختی روشنایی در بدترین وضعیت برابر $0/11$ و شدت روشنایی متوسط برابر 37 لوکس بود. این مقدار یکنواختی کم برای خیابان امیرکبیر نشان از تغییرات زیاد شدت روشنایی در طول مسیر بین یک چراغ تا چراغ بعدی است.

تشکر و قدردانی

نویسنده مقاله از حمایت های پژوهشکده انرژی دانشگاه کاشان تشکر و قدردانی می نماید.

منابع و مراجع

- [۱] نشریه ۶۱۴. (۱۳۹۲) "مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راهها" - معاونت نظارت راهبردی امور نظام فنی - وزارت نیرو، دفتر استانداردهای فنی مهندسی، اجتماعی و زیست محیطی برق و انرژی .
- [۲] مؤتمن، س. (۱۳۸۴) "راهنمای تامین روشنایی راه ها" - انجمن ادارات حمل و نقل و راههای ایالتی آمریکا - دفتر مطالعات فناوری و ایمنی، گروه ترجمه و تهیه گزارش های تخصصی.
- [۳] سلمانی، ع. (۱۳۷۸) "مهندسی روشنایی" مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه امام حسین (ع) .