کاربرد GIS در بررسی شدت روشنایی داخلی در محیط کار

فرامرز مجیدی[۱]، زهرا ندیرخانلو[۲]، شیرازه ارقامی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۳/۰۹ تاریخ ویرایش: ۹۳/۰۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: روشنایی تأثیر بسزایی در بهره‌وری و آمار حوادث و همچنین در سلامت جسمی و روحی افراد دارد. بنابراین، بررسی شدت روشنایی و تعیین ایستگاه‌های کار نیازمند اصلاح روشنایی، برای حفظ و ارتقا سلامت و ایمنی کارگران ضروری است. این مطالعه با هدف ارزیابی توزیع شدت روشنایی با استفاده فناوری GIS در سالن مونتاژ یکی از شرکت‌های بزرگ استان زنجان انجام گرفت.

روش بررسی: در این مطالعه، بنا بر روش شبکه‌ای، سطح سالن به ایستگاه‌های ۳ × ۳ متر تقسیم شد و در مرکز هر ایستگاه فتوسل دستگاه نورسنج مدل testo 545 در ارتفاع ۳۰ اینچ (۷۶ سانتی‌متر) از کف زمین قرار گرفت و شدت روشنایی بر پایه یکای لوکس اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین شدت روشنایی کلی، طبیعی و مصنوعی سه بار اندازه‌گیری انجام گردید. سپس، با انتقال اطلاعات به‌دست‌آمده به نرم‌افزار ArcView که مبتنی بر فن‌آوری GIS است، میزان شدت روشنایی و درصد پوشش سطح سالن و منحنی ایزولوکس برای هر یک از ایستگاه‌ها مشخص گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میزان شدت روشنایی سالن مونتاژ این شرکت دارای وضعیت مطلوب است. به‌طوری‌که درصد نسبی پوشش استاندارد شدت روشنایی کلی، طبیعی و مصنوعی به ترتیب ۹۹ درصد، ۵ درصد و۷۰ درصد (استاندارد IES) است. بنابراین می‌توان با اصلاحات کوچک در سیستم روشنایی مصنوعی این نواقص را رفع نمود تا در تمام سالن کمینه روشنایی ۲۰۰ لوکس باشد.

نتیجه‌گیری: این مطالعه، سودمندی فناوری GIS را برای تعیین نقاط دقیق نیازمند اصلاح روشنایی نشان داد. این روش می‌تواند نقاط اصلاحی را مشخص کرده و از صرف هزینه‌های بی‌مورد جلوگیری نماید.

کلیدواژه‌ها: شدت روشنایی، منحنی‌های ایزولوکس، GIS.

مقدمه

حس بینایی مهم‌ترین و حیاتی‌ترین حس انسان به شمار می رود. انسان به کمک حس بینایی بیشترین اطلاعات و یافته‌های خود را از محیط به‌دست می‌آورد. دید خوب، به روشنایی (نور) کافی نیاز دارد [۱]. افراد بالغ در هر شبانه‌روز در حدود ۱۶ ساعت از چشم‌های خود استفاده می‌کنند. در حدود ۶۰ درصد فعالیت‌های چشم صرف رساندن پیام‌ها به مغز می‌شود. نبود اطلاعات کمی و کیفی از روشنایی و عوارض ناشی از آن در صنایع، انجام ارزیابی سیستم‌های روشنایی را در صنایع ضروری می‌سازد [۲]. کمبود یا ازدیاد نور می‌تواند موجب ناراحتی های گوناگون، مانند خستگی چشم، سردرد، نقص بینایی، چشم زدگی، خستگی جسمی و نیز اثرات روانی شود. همچنین میزان روشنایی بر بروز حوادثی همچون سقوط افراد و یا اشیا و نیز خطاهای انسانی مؤثر است [۱]. بر اساس انجمن آمریکایی N.S.C کمبود روشنایی به طور مستقیم علت ۵ درصد از حوادث صنعتی بیان شده است. همچنین تحقیقی که در صنایع آمریکا درباره رابطه میزان روشنایی و حوادث ناشی از کار صورت گرفت، نشان داد که پس از تقلیل حد معمول روشنایی در قسمت مونتاژ به ۳۰۰ لوکس، ۳ درصد به فرکانس حوادث افزوده شده است. همچنین در همین کارخانه تعویض رنگ سقف و دیوارهای کارگاه به رنگ روشن موجب شد روشنایی یکنواخت گردد و حوادث ناشی از کار به میزان ۱۶/۵ درصد کاهش یابد. افزون بر شدت روشنایی، چگونگی توزیع آن نیز در سلامت بینایی، امکان رؤیت و آرامش روانی افراد مؤثر است. روشنایی رضایت‌بخش در صورتی حاصل می‌شود که تأمین نور کافی و توزیع آن مطلوب باشد، درخشندگی سطوح سبب چشم‌زدگی نگردد و سایه‌های مزاحم وجود

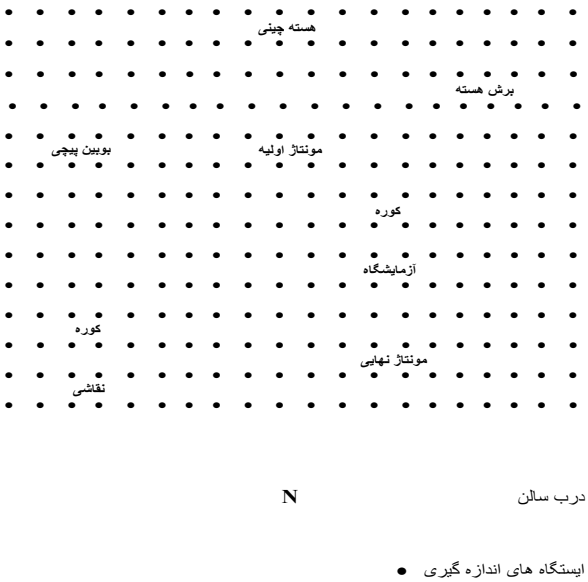
۱- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران.
۲- دانشجوی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران.
۳- (نویسنده مسئول) دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران. arghami@zums.ac.ir

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

نداشته باشد [۲].

برای تعیین چگونگی توزیع روشنایی می‌توان از روش شبکه‌ای استفاده نمود. در این روش، سطح مکان مورد نظر به‌صورت شطرنجی تقسیم‌بندی می‌شود [۱]. همچنین، برای تعیین توزیع روشنایی، منحنی ایزولوکس رسم می‌شود. منحنی ایزولوکس عبارت است از منحنی هایی با روشنایی یکسان که چگونگی توزیع روشنایی را نشان می دهد. تاکنون برای رسم منحنی ایزولوکس همواره از محاسبات دستی استفاده شده که همراه با خطاهایی است. استفاده از فن آوری های نوین ممکن است راهی برای غلبه بر این مشکل باشد. سیستم اطلاعات مکانی (GIS) یکی از چنین فن آوری هایی است. این سیستم برای ذخیره، نگهداری، مدیریت و تجزیه و تحلیل داده‌هایی با وابستگی مکانی و توصیفی است و با پردازش روی داده ها توسط نرم افزار رایانه‌ای حالات مختلف را بررسی و پیش‌بینی‌های جدیدی را ارائه می‌دهد [۳]. دیگر نویسندگان، سودمندی کاربرد GIS را برای مکان یابی در زمینه های دیگر نشان داده‌اند [۴- ۷].

در زمینه روشنایی کوین ارل و همکاران از فناوری GIS به‌عنوان ابزاری برای مدیریت روشنایی مکان‌های مختلف دانشگاه ایالتی آستین استفاده کردند [۸]. آن ها از کاربرد به عنوان آخرین نوع فناوری برای مدیریت و پیگیری کارهای روشنایی در مقاله خود یاد کردند. در مطالعه دیگری جرج دیلی و شلی استکتون (۲۰۱۱) از موسسه ESRI برای شبیه سازی روشنایی خیابان ها و طراحی مدل های روشنایی از این فناوری استفاده کردند [۹]. همچنین هواگو زو و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله‌ای با عنوان «یک سامانه جدید اندازه گیری روشنایی برای جاده ها» نهایتاً به کار بعدی خود اشاره کردند که با استفاده از فناوری GIS صورت خواهد گرفت [۱۰]. از این رو، مطالعه ای طراحی شد تا با کاربرد یکی از نرم‌افزارهای مبتنی بر GIS (نرم‌افزار ArcView) بتوان منحنی‌های ایزولوکس را به دقت رسم کرد و نقاط مناسب را برای اجرای اقدامات کنترلی مشخص نمود.



شکل ۱- نیمرخ افقی سالن مونتاژ و موقعیت ایستگاه های اندازه گیری در ارتفاع سطح کار

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

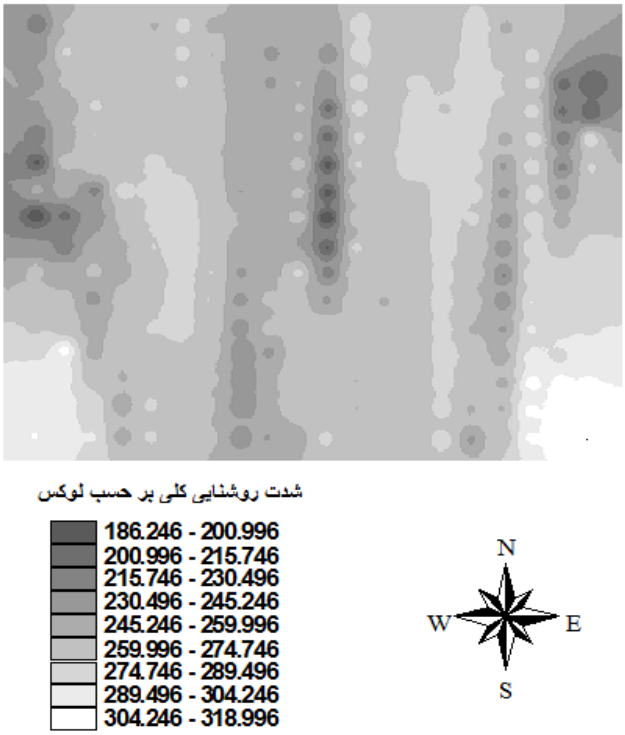
روش بررسی

این مطالعه توصیفی در سالن مونتاژ یکی از صنایع بزرگ استان زنجان و در فصل بهار انجام شد. بنا بر الگوی شبکه‌ای، ابتدا سطح سالن به مربع‌های ۳×۳ متر ایستگاه‌بندی و در مرکز هر مربع برای اندازه‌گیری شدت روشنایی مشخص شد. در مرکز هر ایستگاه فتوسل دستگاه نورسنج (مدل Testo 545) در ارتفاع ۳۰ اینچ (۷۶ سانتی‌متر) از کف زمین قرار گرفت و شدت روشنایی بر پایه یکای لوکس اندازه‌گیری و ثبت شد. در شکل ۱ نیمرخ افقی سالن مونتاژ و وضعیت قرارگیری ایستگاه‌های اندازه‌گیری مشاهده می‌شوند.

با توجه به اینکه در سالن مورد نظر، افزون بر استفاده از روشنایی مصنوعی، امکان بهره‌گیری از روشنایی طبیعی نیز وجود دارد؛ لازم بود روشنایی کلی (طبیعی و مصنوعی) اندازه‌گیری شود. بنابراین اندازه‌گیری روشنایی کلی و طبیعی، هنگام ظهر در ساعت ۱۲:۳۰ تا ۱۳:۳۰ انجام شد.

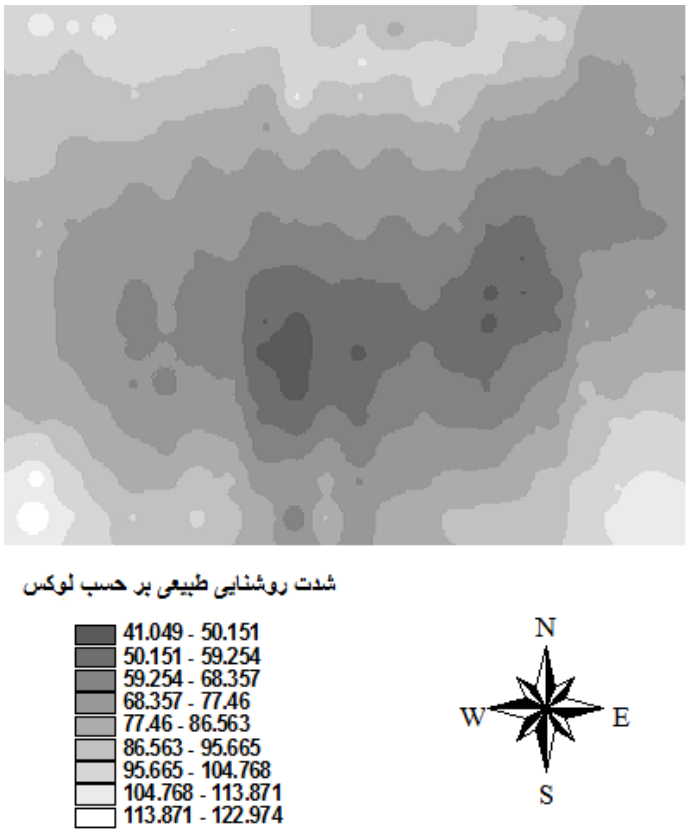
همچنین ازآنجایی‌که این سالن برای کار در تمام شبانه‌روز طراحی شده، اندازه‌گیری شدت روشنایی مصنوعی نیز لازم بود. نور مصنوعی (روشنایی لامپ‌ها) نیز در ساعات پایانی روز و پس از غروب آفتاب در ساعت ۱۹ تا ۲۰ شب اندازه‌گیری شد. هنگام اندازه‌گیری نور طبیعی، همه منابع روشنایی مصنوعی (لامپ‌ها) خاموش شدند.

به‌منظور رسم منحنی ایزولوکس برای تعیین توزیع روشنایی از روش GIS در نرم‌افزار ArcView (نسخه ۳/۲) استفاده شد. این نرم‌افزار با استفاده از نتایج اندازه‌گیری‌های شبکه‌ای و درون‌یابی لایه‌های اطلاعاتی، منحنی‌های ایزولوکس را به دست می‌دهد. نرم‌افزار ArcView از سوی مؤسسه پژوهش سیستم‌های محیطی (ESRI) ارائه شده و یک سیستم مکان‌یابی قوی است که می‌تواند تجزیه و تحلیل داده‌ها را نیز انجام



شکل ۲- درون‌یابی شدت روشنایی کلی در سالن مونتاژ

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]



شکل ۳- درون‌یابی شدت روشنایی طبیعی در سالن مونتاژ

دهد [۹]. برای این منظور، نقشه سالن و ایستگاه‌های اندازه‌گیری در نرم‌افزار مشخص شده و مقادیر مربوط به اندازه‌گیری شدت روشنایی در هر ایستگاه وارد جدول نرم‌افزار شدند. پس‌ازآن منحنی‌های ایزولوکس در سالن توسط نرم‌افزار رسم گردید.

یافته‌ها

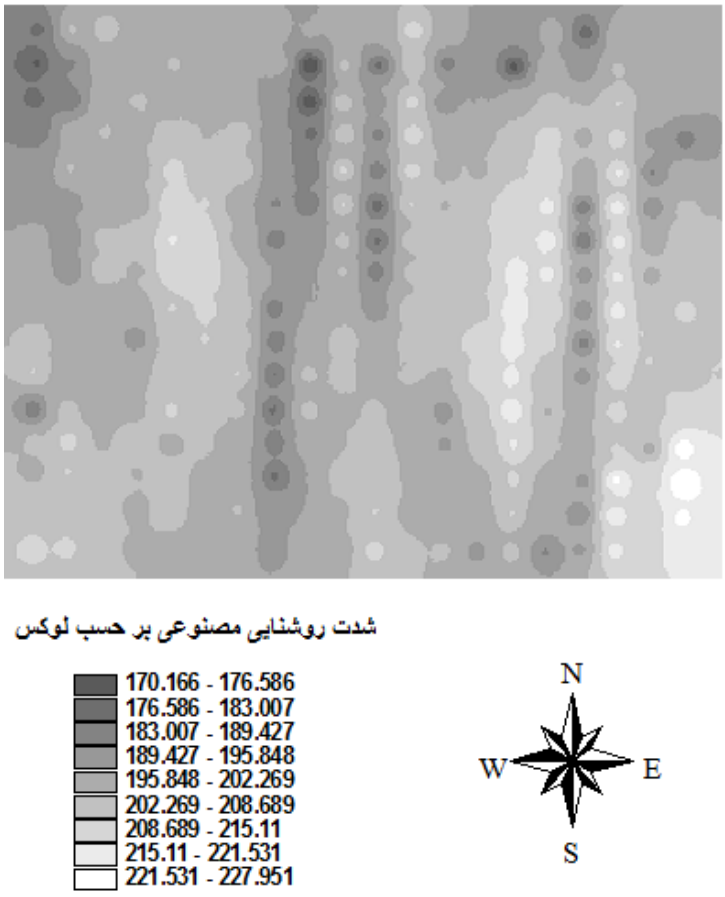
شکل ۲ درون‌یابی شدت روشنایی کلی در سالن مونتاژ را نشان می‌دهد. رنگ خاکستری تیره در این شکل نشان‌دهنده مقادیر غیرمجاز (عدم تطابق با استاندارد IES[1]) می‌باشد و طیف رنگ‌های خاکستری روشن‌تر نشان‌دهنده مقادیر مجاز (۲۰۰ تا ۳۰۰ لوکس) می‌باشد. نواحی خاکستری تیره در شکل۲، بخش‌هایی از سالن را نشان می‌دهد که روشنایی آن کمتر از شدت مجاز است. این نواحی، در شمال‌غربی و شمال‌شرقی و نیز در وسط سالن به‌چشم می‌خورد. در نواحی شمالی، سایه‌های مربوط به چند دستگاه و نیز خاموش‌بودن چند چراغ موجب کاهش شدت نور بود. در وسط سالن، جرثقیل سقفی مانع عبور نور است.

در همان شکل، دخالت شدت روشنایی طبیعی در اطراف درب ورودی و خروجی موجب افزایش شدت روشنایی کلی شده است (نقاط خاکستری روشن‌تر). رنگ خاکستری تیره، که نشان‌دهنده مقادیر کمتر از استاندارد می‌باشد، تنها در نقاطی دیده می‌شود که سایه و نیم‌سایه مزاحم (تجهیزات سالن) در هنگام اندازه‌گیری بود.

شکل ۳ درون‌یابی شدت روشنایی طبیعی در سالن مونتاژ را نشان می‌دهد. در این شکل نواحی خاکستری تیره در وسط سالن بیانگر آن است که نور طبیعی در

[1]. Illumination Engineering Society

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]



شکل ۴ – درون‌یابی شدت روشنایی مصنوعی در سالن

میزان روشنایی این نواحی کم‌اثر است. همچنین نقاط خاکستری روشن‌تر در چند ایستگاه به دلیل وجود پنجره در این ایستگاه‌ها و نورگیری بهتر است. کمینه و بیشینه شدت روشنایی طبیعی کمتر از حد استاندارد می‌باشد. درون‌یابی شدت روشنایی مصنوعی در سالن مونتاژ در شکل ۴ مشاهده می‌شود. آشکار است که شدت روشنایی مصنوعی وابسته به چراغ‌هاست و همان‌گونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، روشنایی مصنوعی در تمام سالن تقریباً یکنواخت است؛ به‌جز در وسط سالن که جرثقیل سقفی در حرکت است. نقاط خاکستری تیره در شکل نشان‌دهنده چراغ‌های معیوب یا سایه و نیم‌سایه‌های مربوط به دستگاه‌هاست. در مجموع می‌توان گفت میزان روشنایی مصنوعی در سالن نامناسب ولی اصلاح‌پذیر است و می‌توان با تعمیرات و نظافت چراغ‌ها و تعویض چراغ‌های سوخته و... به مقادیر مطلوب رسید.

در جدول ۱ با استفاده از آنالیز شدت روشنایی در نرم‌افزار ArcView مقادیر کمینه و بیشینه شدت روشنایی و نیز نسبت سطح دارای شدت روشنایی بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ لوکس نشان داده شده‌اند. بر طبق این آنالیز کمینه و بیشینه شدت روشنایی کلی به ترتیب ۱۸۶ و ۳۱۹ لوکس می‌باشد. در برخی ایستگاه‌ها کمینه شدت روشنایی کلی از ۲۰۰ لوکس کمتر است. کمینه و بیشینه شدت روشنایی طبیعی به ترتیب ۴۱ و ۱۲۳ لوکس می‌باشد. کمینه و بیشینه شدت روشنایی مصنوعی نیز به ترتیب ۱۸۳ و ۲۲۰ لوکس می‌باشد. درصد نسبی سطح استاندارد شدت روشنایی در سالن ۹۹ درصد برای شدت روشنایی کلی، ۵ در صد برای روشنایی طبیعی و حدود ۷۰ درصد برای شدت روشنایی مصنوعی می‌باشد.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

جدول ۱- درصد سطح پوشش با میزان روشنایی ۲۰۰ تا ۳۰۰ لوکس در سالن مونتاژ (بررسی به روش شبکه‌ای)

	کمینه شدت روشنایی (لوکس)	بیشینه شدت روشنایی (لوکس)	نسبت سطح دارای روشنایی ۲۰۰ تا ۳۰۰ لوکس (٪)
روشنایی کلی	۱۸۶	۳۱۹	۹۹
روشنایی طبیعی	۴۱	۱۲۳	۵
روشنایی‌مصنوعی	۱۸۳	۲۲۰	۷۰

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که مقادیر اندازه‌گیری‌شده درباره کمینه و بیشینه شدت روشنایی کلی به ترتیب ۱۸۶ و ۳۱۹ لوکس می‌باشد. شدت روشنایی بین مقادیر استاندارد پیشنهادی ۲۰۰ تا ۳۰۰ لوکس می‌باشد و در برخی ایستگاه‌ها کمینه شدت روشنایی کلی از ۲۰۰ لوکس کمتر است. کمینه و بیشینه شدت روشنایی طبیعی کمتر از حد استاندارد می‌باشد. با توجه به اینکه اندازه‌گیری در فصل بهار و روز صورت گرفته است، مقادیر روشنایی در حد پایینی قرار دارد.

پیشرفت صنایع، ازدیاد واحدهای صنعتی و تولید و همچنین نیاز روزافزون به بازده بیشتر صنایع برای تأمین نیازهای مصرف‌کنندگان ایجاب می‌کند که غالب کارها در محیط‌های بسته و به‌صورت شبانه‌روزی انجام شود. بنابراین استفاده از نور مصنوعی به‌تدریج توسعه یافته است. درصورتی‌که روشنایی در حد پذیرفتنی نباشد، عوارض شغلی ناشی از کمبود و یا ازدیاد بیش‌ازحد نور به وجود می‌آید.

گلمحمدی و همکاران مطالعه‌ای درباره ارزیابی روشنایی داخلی کارگاه‌ها بالای ۲۰ نفر کارگر در پنج منطقه صنعتی کشور (مشهد، قزوین، همدان، تنکابن و آمل) انجام دادند. در این مطالعه، پارامترهای مهم مطلوبیت روشنایی دربردارنده شدت روشنایی عمومی، وضعیت طراحی روشنایی، نوع چراغ‌ها و وضعیت نگهداری سیستم روشنایی و چراغ‌ها بررسی شد. در این کارگاه‌ها متوسط شدت روشنایی عمومی ۸۸ تا ۲۸۸ لوکس و متوسط شدت روشنایی عمومی ۱۷۸ تا ۳۰۸ لوکس بوده است. از مجموع کارگاه‌های مورد مطالعه ۲۲۳ کارگاه صنعتی (معادل ۸۳/۵ درصد) روشنایی نامطلوب داشته‌اند. در کارگاه‌های مورد بررسی از نظر درجه نگهداری چراغ‌ها و سیستم روشنایی داخلی تنها ۹۶ کارگاه (۳۶ درصد) در وضعیت خوب و بقیه در وضعیت نگهداری متوسط و ضعیف بودند [۱].

مطالعه رنجبریان درباره ارزیابی روشنایی کارگاه‌های قالی‌بافی استان مشخص شد در ۲۵ کارگاه مورد مطالعه بیشینه شدت روشنایی کمتر از ۹۰ لوکس بوده است. لذا میزان روشنایی تمام کارگاه‌های مورد بررسی پایین‌تر از حد استاندارد تعیین‌شده می‌باشد و توزیع روشنایی نیز غیریکنواخت بوده است و منابع روشنایی مورد استفاده نیز از کیفیت خوبی برخوردار نبوده‌اند [۱۱].

در مقایسه با دو مطالعه اخیر می‌توان گفت به‌نظر می‌رسد چنانچه در آن زمان امکان استفاده از فنآوری GIS وجود داشت، امکان اظهار نظر دقیق‌تر درباره چگونگی توزیع روشنایی در آن واحدها و نیز تعیین نقاط نیازمند اصلاح فراهم می‌آمد. به‌هرروی شدت روشنایی در سالن شرکت موردنظر نسبت با مطالعات مطرح‌شده از وضعیت بهتری برخوردار بوده است.

با توجه به نتایجی که بیان شد می‌توان گفت در سالن مورد نظر شدت روشنایی طبیعی و مصنوعی نمی‌توانند به تنهایی حد استاندارد پیشنهادی به‌وسیله IES را تأمین کنند. بنابراین، باید در طراحی سیستم روشنایی سالن تغییراتی داده شود تا شدت روشنایی مطلوب‌تری را ایجاد کند. این مطالعه نشان داد که تعیین نقاطی که نیازمند اصلاح می‌باشند، با استفاده از فنآوری GIS و نقشه‌ای که توسط نرم‌افزار ArcView تهیه شد، دقیق‌تر و کارآمدتر است و این موضوع می‌تواند بر اقتصاد HSE اثر بگذارد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی زنجان و تأمین منابع مالی برای انجام این

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

پژوهش صمیمانه تشکر و قـدردانی مـی‌کننـد. همچنـین زحمات جناب آقای حیدری، که در مراحل اجرای نرم‌افزار ArcView کمک فراوانی کردند و نیز مسئولان محتـرم شرکت ایران ترانسفو را ارج می‌نهند.

منابع

1. Golmohamadi R. Illuminating Engineering. Danshjoo publication. 2005. [Persian]

2. Hanafi Bejed M. Occupational Health in Carpet-Weaving Workshops. Birjand University of Medical Sciences and Health Services, Health Centre. 2006. [Persian]

3. Madjidi F, Pirsaraei SR, Arghami Sh. Measurement of the Illumination in Irregular Geometric Libraries of Zanjan City with Geospatial Information System (GIS). Journal of Zanjan University of Medical Sciences and Health Services. 2009;17(66):61-70. [Persian]

4. Meshkati SMR. Assessment of physical agents (noise, heat and illumination) in a hospital of the Society Security Organization in Tehran province. 4th National Congress on Occupational Health, Hamadan. 2004:303-312.

5. Farajzadeh M. The GIS concept and its utilizations. The papers series of the scientific seminars of the East Azarbaijan budget & planning organization, East Azarbaijan. 1999:27-39.

6. GIS and public health mapping. World Health Organization (WHO). Available from URL: www.who.int/health_mapping/gisandphm/en/index.html

7. Bien JD, Meer JT, Rulkens WH, Rijnaarts HHM. A GIS-Based Approach for the Long-Term Prediction of Human Health Risks at Contaminated Sites. Environmental Modeling & Assessment. 2004;9(4):221-26.

8. Dailey G, Stockton Sh. GIS in Education: Across Campuses, Inside Facilities. ESRI (Environmental Systems Research Institute), August. 2012.

9. Hagar K, Earl MIS, Stephen F. Using GIS as a Lighting Management Tool for Stephen F. Thesis in Austin State University. 2011.

10. Zhou H, Pirinccioglu F, Hsu P. A New Roadway Lighting Measurement System. Transportation Research Part C. 2009;17:274-284.

11. Light Assessment of Carpet-Weaving Workshops in Zanjan Province. 4th Occupational Health Congress. Hamedan. 2004.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]

Application of GIS to study illuminance in workplace

Faramarz Madjidi[1], Zahra Nadirkhanloo[2], Shirazeh Arghami[3]

Received: 2014/05/30 Revised: 2014/12/13 Accepted: 2015/01/03

Abstract

Background and aims: Work environment illumination affects on productivity, accidents, and workers' physical and mental health. Therefore, illumination evaluation and determine workstations which need light modification could be helpful to develop workers' health and safety.

Methods: This study was performed in one of the biggest companies in Zanjan province to evaluate illumination depending on GIS. According to IES, the sensor of testo 545 lux was put in height of 30 inches (76 cm) from the floor of the shop. Then total, natural and artificial illuminations were measured in center of each station in lux. These data were entered into Arcview software as input data for analyzing. Thus the quantities of illumination and the area coverage percent and isolux curves for each of those stations were obtained.

Results: The results showed that illumination in this shop is desirable. In which, the coverage of total, natural and artificial illumination were 99, 5 and 70 percent, respectively. Therefore, the artificial illumination will be improved by minor modification.

Conclusion: This study showed the usefulness of application of GIS method in evaluating of workplace illumination. The method could be useful to determine the exact point in workplace which needs modifications and decreases costs.

Keywords: Lighting, Isolux curve, GIS.

1. Assistant Professor, Occupational Health Engineering, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran.
2. Student of Occupational Health Engineering, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran.
3. (**Corresponding author**) Associate Professor, Occupational Health Engineering, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran. arghami@zums.ac.ir

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-01]