

## طراحی سیستم هوشمند روشنایی LED خیابان برای شهر هوشمند با سیستم مدیریت تحت وب

رضا اسلامی\*

استادیار دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

### خلاصه

سیستم روشنایی خیابانی LED یکی از فن آوری های مهم برای یک شهر هوشمند است. همچنین نورپردازی کم مصرف دارای مزایایی برای کاربران وسایل نقلیه و عابران پیاده است. تلفیق سنسورها و ماژول های سنسور بی سیم مبتنی بر ZigBee یک بستر بهینه برای نورپردازی خیابانی LED ارائه می دهد. مطالعات روانشناسی نشان می دهد که درجه حرارت مختلف سطح رنگ می تواند به طور قابل توجهی در گردش خون انسان تأثیر بگذارد. به همین دلیل ، نورپردازی مبتنی بر دمای رنگ (CCT) عملکرد روشنایی قابل توجهی را از نظر بهره وری انرژی و همچنین غلبه بر تصادفات رانندگی در مناطقی که دید کم است دارد. مقالات پیشین فقط بستر خاص را در نظر می گرفتند و نورپردازی مبتنی بر CCT را جهت سیستم روشنایی خیابانی LED در نظر نمیگرفتند. در این مقاله ما به اهمیت نورپردازی مبتنی بر CCT توجه می کنیم و با آگاهی از داده های آب و هوایی عمومی ، ارتباطات بی سیم ZigBee و سیستم مدیریت پویا مبتنی بر وب را بعنوان یکی از ویژگی چراغ خیابان های هوشمند LED قابل اجرا در شهر هوشمند ارائه می دهیم. به طور خاص یک وب سرور مرکزی طراحی می کنیم که می تواند اطلاعات مربوط به وضعیت آب و هوا و داده های حسگر را از هر چراغ خیابان دریافت کند و یک رابط وب انعطاف پذیر و پویا را برای کاربران مجاز فراهم کند. علاوه بر این ، اجرای کاربردی سیستم پیشنهادی ، پارامترهای انتقال مستقیم-گیرنده از قبیل توان ورودی و مقاومت به سیگنال را در بین چراغهای مختلف LED نشان می دهد که دامنه ارتباط بی سیم و کیفیت سیگنال بین چراغهای خاموش LED را تحقق می بخشد.

**کلمات کلیدی:** دیودهای ساطع کننده نور، شبکه های حسگر بی سیم، سرور وب، ارتباط بی سیم، ZigBee ، شهر هوشمند، سیستم روشنایی هوشمند

\* نویسنده مسئول: رضا اسلامی؛ Email: eslami@sut.ac.ir



## ۱. مقدمه

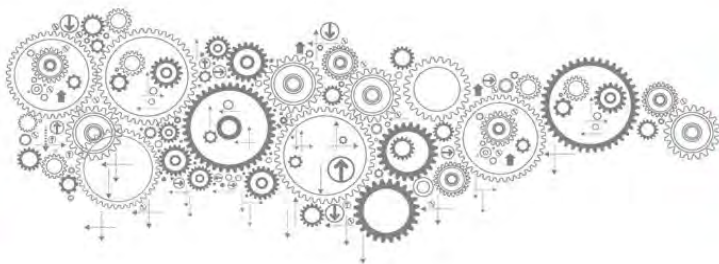
روند شهرنشینی جهانی، پیشرفت در فن آوری های دیجیتال و طراحی شهر های هوشمند را موجب می شود. فناوری روشنایی خیابانی یکی از روندهای پیشرفت در شهر هوشمند است. استفاده از چراغ خیابان بسیار مهم است و اغلب در شهرهای بزرگ یا کوچک سراسر جهان یافت می شود. روشنایی خیابانی می تواند نور را هنگام شب در خیابان ها و اماکن عمومی فراهم کند که می تواند احتمال بروز تصادف را کاهش داده و امنیت رانندگان و عابران را افزایش دهد. احتمال تصادفات رانندگی و عابر پیاده در حضور چراغ های خیابانی کمتر می شود [۱]، [۲]. هدف اصلی سیستم چراغ خیابانی این است که بتواند ناحیه مورد نظر مانند معابر جاده را روشن کند. علاوه بر این، تاثیر روانشناختی نیز دارد که می تواند هوشیاری کاربران خیابانی را افزایش داده و احساس امنیت شخصی را فراهم کند.

به تازگی استفاده از دیود های ساطع کننده نور یا به اختصار (LED) برای روشنایی خیابان بسیار افزایش یافته است. فن آوری چراغ خیابانی مبتنی بر LED از لحاظ بهره وری انرژی و تابش نور نسبت به فن آوری های معمول چراغ خیابان مانند لامپ های پر فشار (HPS) و کم فشار سدیم (LPS) دارای مزایای قابل توجهی است. علاوه بر سازگاری با محیط زیست به دلیل مصرف انرژی الکتریکی کم مزایای زیادی نیز به همراه می آورد یعنی یکنواختی سطح روشنایی از طریق آرایه های تراشه های LED، قابلیت مشاهده چراغ خیابان از طریق دمای رنگ همبسته (CCT) و بهبود عملکرد بصری [۳]. اگرچه چراغ خیابان از هزینه اولیه بالاتری برخوردار است، طول عمر طولانی تری دارد که باعث می شود هزینه نگهداری در طی زمان نسبت به نور خیابان HPS ارزان تر شود. [۴]

چراغ های خیابانی LED همچنین گرمای کمتری تولید می کنند که باعث می شود طراحی فیزیکی آنها ساده تر شود، در حالی که چراغ خیابانی HPS به مکانیزم خنک کننده مناسب برای نگه داشتن دما در حد طبیعی نیاز دارد [۵]. از این رو به دلیل مزیت های فن آوری LED و به عنوان بخشی از برنامه های کاربردی شهر هوشمند، امروزه بسیاری از کشورها جایگزینی سیستم لامپ HPS / LPS توسط LED را برای هر دو سیستم روشنایی داخلی و خارجی آغاز کرده اند.

در این مقاله به استفاده از یک سیستم مدیریت یکپارچه مبتنی بر وب برای سیستم روشنایی خیابانی مجهز به سنسور بی سیم شبکه ای می پردازیم. با توجه به زیرساخت های شبکه بی سیم، ما از شبکه حسگر بی سیم مبتنی بر ZigBee کم مصرف، کم هزینه و کم دیتا استفاده می کنیم (ZigBee، WSN). WSN را از میان سایر پروتکل های WSN انتخاب کردیم زیرا از نظر میزان سرعت داده، فاصله پوشش ارتباطات و همچنین کیفیت مناسب برای سیستم روشنایی خیابانی مناسب است که یک ساختار شبکه توپولوژی مشبک، خود شکل دهنده، درختی، ستاره ای یا مش گونه ارائه می دهد که ارتباط ایمن قابل توجهی بین عناصر مختلف خیابان را نتیجه می دهد. سیستم نورپردازی مورد نظر ما از سنسورهایی برای شناسایی و اندازه گیری چندین پارامتر محیطی و برقی مانند رطوبت نسبی، دما، غلظت ذرات، ولتاژ و جریان لحظه ای به عنوان ورودی برای سرویس دهنده وب استفاده می کند.

متغیرهای آب و هوا مانند مه، یخبندان و آلاینده های هوا پیامدهای شدیدی در تصادفات رانندگی دارند [۶]. کاهش خطرات آب و هوایی مرتبط با دید راننده تأثیرات اساسی بر تصادفات رانندگی دارد [۷]. در حال حاضر در مناطق شهری اکثر حوادث رانندگی به دلیل کمبود دید ناشی از مه و آلودگی اتفاق می افتد. بنابراین می خواهیم داده های هواشناسی را از سیستم روشنایی خیابانی LED دریافت کنیم تا بتوانیم نقطه کور راننده را وقتی که خطرات آب و هوایی مانند مه، بارانی، برفی و غیره که منجر به بروز حوادث رانندگی می شوند شناسایی کنیم. به عنوان مثال در فوریه ۲۰۱۵ تصادف ترافیکی در یک روز مه آلود در پل یئون ژونگ کره جنوبی اتفاق افتاد که باعث تصادف زنجیره ای شد و تقریباً ۱۰۶ وسیله نقلیه در آن وجود داشتند [۸]. از این رو با جمع آوری داده های اقلیمی از وب و یا داده های آب و هوایی عمومی نه تنها



می توان دمای رنگ روشنایی خیابان را به صورت پیوسته تغییر داد ، بلکه می توان دید رانندگان خودرو را نیز بهبود بخشید. به همین دلیل سیستم پیشنهادی ما می تواند یک حادثه رانندگی را در حین مسائل مربوط به اعلام خطر آب و هوا مانند مه و غیره کاهش دهد که پس از آن فیدبک را بر اساس یک آرایه CCT LED تنظیم می کند. برای قسمت نرم افزاری وب سرور روشنایی خیابانی را با استفاده از سرور برنامه جاوا مبتنی بر Tomcat 8 ایجاد کردیم. علاوه بر این ، در این کار از رابط های برنامه نویسی AirKorea، APISKPlanet و OpenStreet Map استفاده کرده ایم.

بنابراین ادغام سیستم هواشناسی عمومی ، WSN مبتنی بر ZigBee و سیستم مدیریت مبتنی بر وب برای روشنایی خیابانی از لحاظ راه حل های پویا و ابتکاری ، عملکرد کنترلی پیشرفته ، انعطاف پذیری از طریق دسترسی از راه دور و بهبود حوادث ترافیکی نقطه کور ، درب جدیدی را برای ما باز می کند.

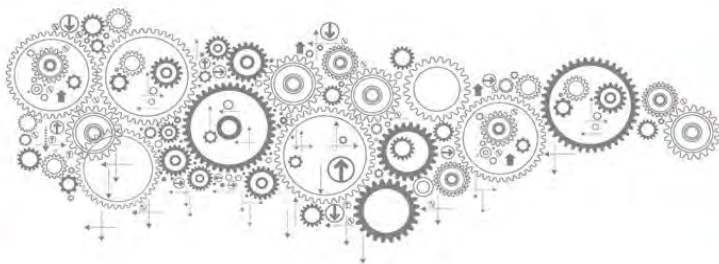
در این مقاله یک فناوری یکپارچه روشنایی خیابانی را ارائه می دهیم که یک منبع قابل توجه و جذاب برای شهر هوشمند خواهد بود. بحث اصلی ما شامل موارد زیر می شود :

- ۱) معماری جدید متشکل از وب سرور مرکزی با چراغهای روشنایی LED روشن و خاموش مبتنی بر CCT
- ۲) یک الگوریتم پیوسته برای پردازش درخواست در میان چراغهای خیابانی LED هوشمند
- ۳) اجرای یک سیستم عملی که برای روشنایی عمومی استفاده می شود؛ ارائه راه حل برای حوادث رانندگی ناشی از داده های هواشناسی بد مانند مه
- ۴) ارزیابی عملکرد سیستم پیشنهادی از حسگرها ، شبکه و قسمت رابط وب

## ۲. کارهای مرتبط گذشته

در این بخش مقالات موجود در رابطه با سیستم روشنایی خیابانی LED هوشمند و سیستم های کنترل همراه را توضیح می دهیم. به ویژه نوشته های مرتبط با کاربرد WSN را برای سیستم روشنایی خیابانی LED و سیستم کنترل از راه دور بررسی می کنیم که در مورد چراغ خیابان های شهری هوشمند اعمال می شود. همچنین ایرادات موجود نوشته های پیشین را ارائه می دهیم و مقایسه ای مختصر با طرح پیشنهادی خود انجام خواهیم داد. شهر هوشمند سلامتی هوشمند ، انرژی هوشمند ، ترافیک هوشمند ، ساختمان هوشمند و سیستم هوشمند خیابان را می طلبد. این برنامه های مختلف به یک رسانه ارتباطی مانند شبکه های داده سلولی ، شبکه های محلی بی سیم (WLAN) یا WSN های کم مصرف و کم هزینه مانند ZigBee، LoRa و Sigfox استفاده میشود [۹]. جهت حفاظت کامل از انواع داده های حسگر ها و بهره گیری از این اطلاعات برای نظارت بیشتر WSN ها مناسب تر از سایر دستگاه های شبکه ارتباطی برای برنامه روشنایی خیابانی هستند. در مقاله از ZigBee برای قسمت ارتباط بی سیم استفاده می کنیم که در مراجع [۱۰-۱۴] استفاده شده است.

بسیاری از مقالات موجود کنترل سیستم چراغ خیابان را بدون در نظر گرفتن اطلاعات آب و هوایی از جمله مه یا آلودگی به عنوان حوادث ترافیکی مورد مطالعه قرار داده اند. طبق دانش ما هیچ یک از روشهای موجود سیستم چراغ خیابانی هوشمند LED با آگاهی از وضعیت آب و هوا اجرا نشده اند. در روشهای مراجع [۱۰-۱۳] مطالعه سیستم چراغ خیابانی LED هوشمند که همچنین برای نظارت از راه دور کارآمد ، ساده ، مناسب و پویا می باشد. روش مورد [۱۰] یک سیستم روشنایی خیابانی متشکل از سنسورهای روشنایی ، سنسورهای حرکتی و شبکه های ارتباطی از راه دور را ارائه می دهد که در مواقع ضروری روشن می شوند و هنگامی که لازم نیست خاموش می شوند. به طور مشابه نویسندگان در مورد [۱۱]

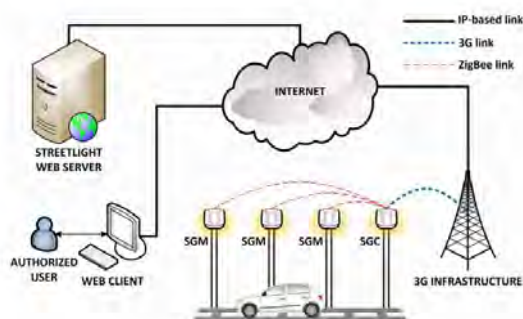


سیستم LED هوشمند را پیشنهاد کردند تا نور در محیط اتاق (فضای بسته) کم نور شود. نویسنده مورد [۱۲] کنترل از راه دور مبتنی بر چراغ خیابان هوشمند LED را پیشنهاد کرده است. سیستم پیشنهادی برای انتقال اطلاعات حسگر جمع شده به ایستگاه مرکزی از ماژول های در دسترس XBee تجاری استفاده می کند. اگرچه کار در [۱۰]، [۱۱] و [۱۲] به سیستم LED هوشمند کمک می کند اما سهم آنها در سیستم نور خیابانی در فضای باز محدود شده است. روش دیگر در [۱۳] سیستم کنترل چراغ های خیابانی عمومی مبتنی بر IEEE 802.15.4 را بر روی آدرس دیجیتالی ارائه می دهد (DALI).

بر خلاف روشهای اشاره شده در روش پیشنهادی ما به بررسی اجرای روشنایی LED هوشمند در فضای باز به کمک داده های هواشناسی می پردازد که تمرکز اصلی بر کاهش تصادفات ناشی از شرایط بد آب و هوا از جمله مه و آلودگی است. نویسندگان در [۱۴] یک سیستم روشنایی LED خیابان با سیستم روشنایی یکپارچه و قابل تنظیم و کارآمد پیشنهاد می کنند که حضور عابران پیاده یا وسایل نقلیه را بر اساس سنسورهای محیطی برای دما، رطوبت و روشنایی محیط در نظر می گیرد. با توجه به تأثیرات نور بر فیزیولوژی انسان استفاده از نور با CCT مناسب در شرایط مختلف بسیار مهم است. مطالعه دیگر در [۱۵] در مورد عملکرد روشنایی سیستم های چراغ خیابانی LED بررسی شده و دریافتند که چراغ خیابانی LED با وضوح کم در مقایسه با چراغ خیابانی LED با وضوح بالا از کیفیت نفوذ بهتری برخوردار است.

### ۳. طراحی سیستم پیشنهادی

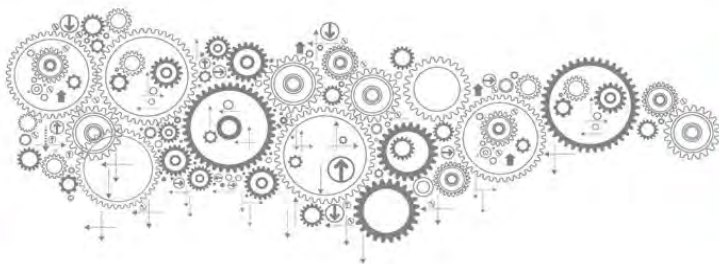
همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، در این شکل یک سیستم روشنایی خیابانی هوشمند را نشان می دهیم که چندین گروه از چراغ های خیابان در مناطق مختلف نصب شده اند و هر گروه از چراغ های خیابان متشکل از یک هماهنگ کننده گروه چراغ خیابان (SGC) و چندین عضو گروه چراغ خیابان (SGM) است. این چراغ های خیابانی بصورت نمودار درختی به هم متصل شده اند و SGC به عنوان هماهنگ کننده شبکه است. SGC همچنین به عنوان دروازه ای بین چراغ های خیابانی و سرور وب چراغ خیابانی (SWS) عمل می کند. تمام داده های مربوط به چراغ های خیابانی در SWS ذخیره می شوند. SWS رابط کاربری مبتنی بر وب را برای کاربر مجاز فراهم می کند. کاربر مجاز همچنین می تواند با استفاده از رابط کاربری درخواست اجرا را به یک چراغ خیابان خاص بدهد.



شکل ۱ - شکل سیستم روشنایی خیابانی هوشمند مورد نظر

### ۱.۳. ارتباط بین چراغ های خیابان





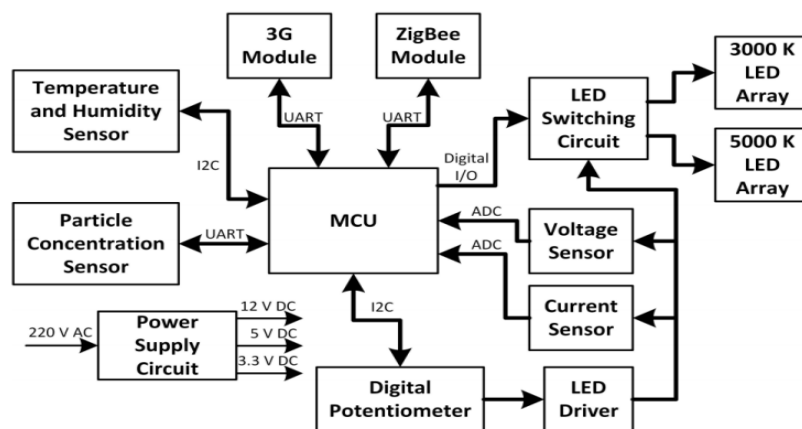
چراغ های خیابانی از طریق شبکه ZigBee با یکدیگر در ارتباط هستند. پروتکل ZigBee شبکه لایه (NWK) و Application Layer را تعریف می کند در حالی که لایه فیزیکی (PHY) و Medium Access Control Layer ((MAC توسط IEEE 802.15.4 تعریف شده است و یک استاندارد فنی برای شبکه های بی سیم کم سطح [۱۶] (LR- WPAN) است. در شبکه ZigBee سه نوع دستگاه وجود دارد : هماهنگ کننده ZigBee ، روتر ZigBee و دستگاه پایانه ZigBee.

هماهنگ کننده ZigBee گره ای است که شبکه ZigBee را برای گره های دیگر مرتبط و مدیریت می کند. روتر ZigBee گره ای است که می تواند پوشش شبکه ZigBee را گسترش داده و داده ها را بین گره ها منتقل کند. دستگاه پایانه ZigBee گره ای با عملکرد کاهش یافته است و به حد کافی برای برقراری ارتباط با روتر ZigBee یا هماهنگ کننده ZigBee متناسب می باشد.

پروتکل ZigBee از عملکرد در باندهای فرکانس مختلف پشتیبانی می کند: ۸۶۸ مگاهرتز ، ۹۱۵ مگاهرتز و ۲,۴ گیگاهرتز [۱۷]. از لحاظ تئوری سرعت داده های ارتباطی در شبکه ZigBee می تواند تا ۲۵۰ کیلوبیت بر ثانیه تغییر یابد. با اتخاذ روش دسترسی چندگانه به همراه روش اجتناب از برخورد (CSMA/CA) ، می توان تداخل دستگاههای ZigBee را کاهش داد. با استفاده از طیف گسترش توالی مستقیم (DSSS) برای روش تعدیل می توان انواع تداخل در شبکه ZigBee را بهبود بخشید.

## ۲,۳. طراحی پلتفرم چراغ خیابان

شکل ۲ نمودار بلوکی پلتفرم پیشنهادی چراغ خیابان را نشان می دهد. این واحد توسط یک میکروکنترلر ۸ بیتی ATmega2560 مدیریت می شود (MCU) که با فرکانس کاری ۱۶ مگاهرتز تنظیم شده است. این MCU را می توان از طریق ویژگی برنامه نویسی درون سیستم (ISP) خود برنامه ریزی کرد. با ۲۵۶ کیلوبایت حافظه فلش می تواند برنامه بسیار بزرگی را ذخیره کند. طراحی MCU مبتنی بر معماری محاسبات مجموعه دستورالعمل کاهش یافته (RISC) است که به MCU اجازه می دهد تا ضمن حفظ سرعت پردازش میزان مصرف برق را بهبود بخشد [۱۸].



شکل ۲ - نمودار بلوکی پلتفرم پیشنهادی از چراغ خیابان



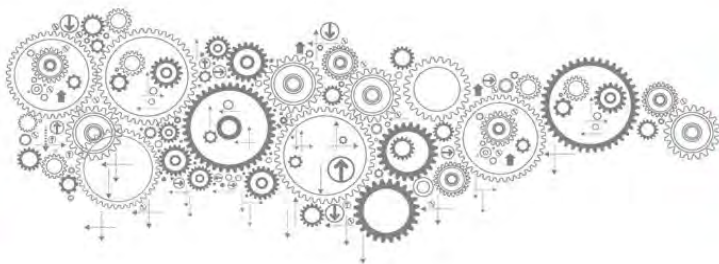
همچنین قادر است در محدوده دمای صنعتی (۴۰ تا ۸۵ درجه سانتیگراد) به درستی کار کند. این پلتفرم چراغ خیابانی با استفاده از یک ولتاژ ۲۲۰ ولت از شبکه برق است. یک مدار منبع تغذیه برای تبدیل AC ورودی به ۱۲ ولت DC طراحی شده است. از آی سی تنظیم کننده سوئیچینگ RT7272A برای تبدیل ۱۲ ولت به ۵ ولت استفاده می شود و از یک رگولاتور خطی LM1117 برای تبدیل ۵ ولت به ۳ ولت استفاده می شود.

یک آرایه LED 3000 درجه کلونین (°K) و یک ۵۰۰۰ (°K) در پلتفرم پیشنهادی چراغ خیابان با خط برق جداگانه ترکیب شده اند به طوری که می توان هر یک از آنها را به طور مستقل کنترل کرد. یک مدار سوئیچینگ LED برای کنترل هر دو آرایه LED با ورودی از MCU از طریق پین های I/O دیجیتالی خود طراحی شده است تا بتواند CCT را از نور خیابان کنترل کند. MCU همچنین با ارسال فرمان کنترل از طریق باس (Inter-Integrated Circuit (I2C به یک آی سی پتانسیل سنج دیجیتال AD5258 سطح نور کم آرایه های LED را کنترل می کند تا جریان را که از مدار درایور LED خارج می شود را هدایت کند تا به آرایه های LED تبدیل شود. مقدار جریان دریافت شده توسط آرایه های LED میزان نور کم آرایه های LED را تعیین می کند. این پلتفرم چراغ خیابانی به یک ماژول ZigBee برای برقراری ارتباط بین چراغ های خیابانی و یک ماژول G۳ فقط برای SGC برای ارتباط با SWS مجهز شده است. ما از Digi XBee S2 به عنوان ماژول ZigBee و M2Mnet WM-215 به عنوان ماژول G۳ استفاده می کنیم. هر دو ماژول ارتباطی توسط رابط گیرنده و فرستنده ناهمزمان جهانی (UART) به MCU متصل می شوند. پلتفرم چراغ خیابان مورد نظر به سنسورهایی برای تشخیص و اندازه گیری چندین پارامتر فیزیکی و برقی مجهز است: توان، رطوبت نسبی، غلظت ذرات، ولتاژ و جریان. دما و رطوبت نسبی توسط یک ماژول حسگر Sensirion SHT71 حس می شود [۱۹]. MCU دستورات را ارسال و از SHT71 داده را از طریق رابط I2C دریافت می کند. غلظت ذرات (PM10) توسط ماژول حسگر گرد و غبار مکعبی PM1001 احساس و اندازه گیری می شود [۲۰] که از طریق رابط UART با MCU ارتباط برقرار می کند. سنسور ولتاژ و مدار سنسور جریان از ترکیب مقاومتها، خازنها و آمپلی فایرهای عملیاتی طراحی شده است. آنها برای اندازه گیری ولتاژ و جریان آرایه های LED استفاده می شوند. خروجی هر سنسور با یک پین از مبدل (ADC) A/D MCU تغذیه می شود. مشخصات هر سنسور در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱ - خلاصه سنسورهای استفاده شده در سیستم پیشنهادی

Sensor	Measured Parameter	Measurement Range	Communication Protocol	Resolution	Unit
SHT71	Temperature	-40 to 123.8	I2C	0.01	°C
	Relative Humidity	0 to 100		0.05	%
PM1001	Particle Concentration	0 to 8000	UART	1	µg/mm <sup>3</sup>
Voltage sensor	Voltage	0 to 280	ADC	0.01	V
Current sensor	Current	0 to 2	ADC	0.01	A

در یک شبکه چراغ خیابانی هر نوع چراغ خیابان می تواند توسط SWS کنترل شود. برای کنترل چراغ خیابان درخواستی را به شبکه چراغ خیابان ارسال می کند. این درخواست ابتدا توسط SGC دریافت می شود و در صورت درخواست آن پردازش می شود در غیر این صورت درخواست به SGM هوشمند ارسال می شود. بطور دوره ای SGC از سنسورهای خود داده را دریافت کرده و داده ها را به SWS ارسال می کند. هر وقت تایمر خاموش شود SGC بسته ی



داده ای را که حاوی داده حسگرهای آن است را به SWS ارسال می کند و سپس تایمر را بازنشانی می کند. وقتی SGC داده ها را از SGM دریافت می کند SGC مستقیماً آن داده ها را به SWS منتقل می کند . پردازش درخواست در SGM اساساً با SGC مشابه است. وقتی SGM درخواستی را که توسط SGC ارسال شده است دریافت کند SGM درخواست را مطابق با محتوای آن پردازش می کند. SGM همچنین داده های دوره ای را به SGC ارسال می کند تا SGC بتواند داده های دوره ای را به SWS منتقل کند.

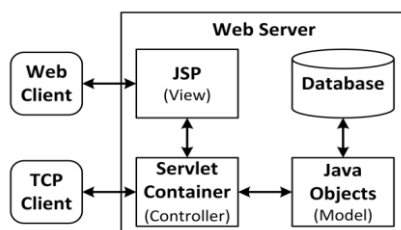
### ۳.۳. طراحی وب سرور روشیابی خیابان و رابط وب

SWS با استفاده از سرور برنامه جاوا مبتنی بر Tomcat 8 طراحی شده است. کلیه داده ها در بانک اطلاعاتی ثبت می شوند که با استفاده از MySQL 5.7 ایجاد و مدیریت می شوند. توابع اصلی SWS عبارتند از:

- دریافت داده های سنسورها از همه چراغ های خیابانی
- ذخیره کلیه داده ها در پایگاه های داده
- ارائه رابط وب برای کاربر مجاز
- ارسال درخواست کنترل از کاربر مجاز به گروه چراغ خیابان
- درخواست اطلاعات آب و هوا از چندین API

SWS توسط نمودار Model-View-Controller (MVC) دنبال می شود همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است. نمودار بلوکی MVC یک الگوی طراحی سرور است که کلیه قسمت های نرم افزار را در داخل سرور با توجه به عملکرد اصلی آنها به سه نوع مولفه تقسیم می کند: مؤلفه مدل ، مؤلفه دید یا نما و مولفه کنترل کننده [۲۱]. مؤلفه مدل شامل چندین عنصر جاوا است که بطور مستقیم پایگاه داده را به روز می کنند یا با بازیابی داده ها از پایگاه داده محتوای پویا به مشتری ارائه می دهند. مؤلفه نما از JavaServer Pages (JSP) تشکیل شده است تا در صورت درخواست توسط مشتری وب محتوای استاتیک ارائه شود. مولفه کنترل کننده یک مکان servlet است که در آن کلیه سرویس ها وجود دارد. این سرویس ها درخواست را از مشتری با یک عملکرد خاص ترجمه می کنند که می تواند برای به روزرسانی پایگاه داده یا نمایش صفحه مورد نظر مشتری از عنصر Java فراخوانی کند.

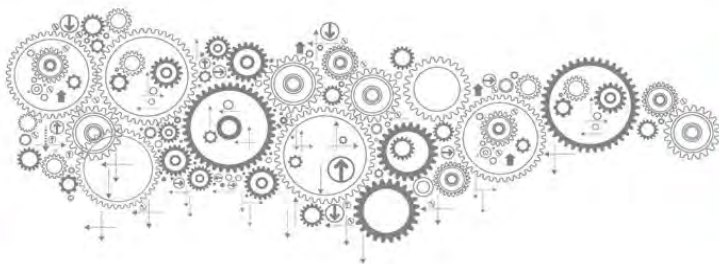
در شکل ۳ دو نوع مشتری ارائه شده است: مشتری وب و مشتری TCP. مشتری وب از طریق بخش نما درخواست و پاسخ می دهد زیرا درخواست ها و پاسخ ها از رابط وب از مؤلفه نما قابل دسترسی هستند. مشتری TCP از طریق رابط وب ارتباط برقرار نمی کند بلکه مستقیماً به مؤلفه کنترلر ارتباط دارد. این دو نوع مشتری نمایانگر مشتری های سیستم ما هستند.



شکل ۳ - مدل - نمایش - نمودار بلوکی کنترل کننده

مرورگر وب که توسط یک کاربر مجاز استفاده می شود مشتری وب است و SGC ها مشتری TCP هستند.





تعویض CCT چراغهای خیابانی به طور خودکار از طرف SWS کنترل می شود. SWS از شرایط آب و هوایی گرفته شده از API های هوا به عنوان ورودی برای تغییر CCT به ۵۰۰۰ K یا ۳۰۰۰ K استفاده می کند. اساساً، هنگامی که API هوا اعلام کند که مه در منطقه چراغ های خیابانی LED وجود دارد، SWS به طور خودکار از همه چراغهای LED استفاده می کند تا CCT تا ۳۰۰۰ K، برای بهبود دید در شرایط مه آلود. هنگامی که هوا روشن است، SWS از همه چراغهای LED استفاده می کند که می توانند CCT را به ۵۰۰۰ K تغییر دهند. این الگوریتم بصورت ساعتی در طول کار چراغ های روشنایی LED اجرا می شود. این سوئیچینگ اتوماتیک در شکل ۴ نشان داده شده است. SWS همچنین مجهز به مکانیسم بازبینی خرابی به نام توزیع دوره تکرار (DVR) است. DVR روشی است که داده ها در سرور بر روی بریک های تکرار شده در حجم توزیع می شود.

#### ۴. ارزیابی و بحث در مورد عملکرد

##### ۴.۱. تست عملکرد شبکه ZigBee

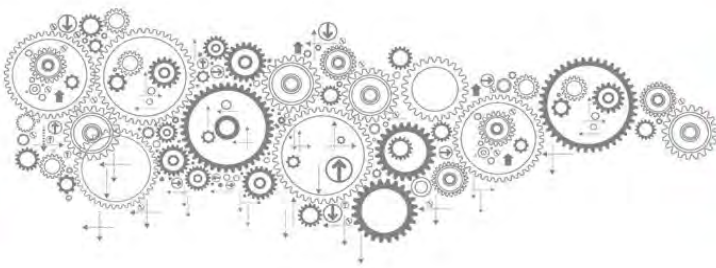
انگیزه اجرای طرح این طراحی این است که می خواهیم عملکرد هر شبکه بی سیم SGM را با حداکثر پوشش ماژول های ZigBee در محیط چراغ خیابان اطمینان دهیم. در این زیر بخش، مراحل زیر را در آزمایش خود نشان می دهیم و سعی می کنیم پیش بینی از دست رفتن مسیر کانال بی سیم را با توجه به سناریو در فضای باز تحلیل کنیم. همانطور که در بخش III ذکر شد ما از ماژول ZigBee S2 Digi XBee برای ارتباط بی سیم استفاده کردیم که در آن مشخصات اصلی RF ماژول های XBee S2 در جدول ۲ شرح داده شده است. برای تست عملکرد شبکه ZigBee از XCTU 6.3.5 استفاده کردیم. در این آزمایش دو ماژول ZigBee را در نظر گرفتیم که یکی در آن به عنوان SGM و دیگری به عنوان SGC عمل می کند. برای تجزیه و تحلیل کارایی لینک از ارتباط بی سیم ما در سناریوی فضای باز، تست های برد و توان عملیاتی را در نظر گرفتیم و بر این اساس قدرت سیگنال دریافتی (RSS) را با توجه به فاصله بین SGM و SGC ارزیابی کردیم. انتقال بی سیم ZigBee نه تنها تحت تأثیر محیط بی سیم قرار می گیرد بلکه می تواند تحت تأثیر فن آوری های موجود مانند Wi-Fi باشد زیرا هر دو فناوری بی سیم از همان باند ISM با ۲٫۴ گیگاهرتز بهره می برند. در این مقاله تأثیر تداخل انتقال Wi-Fi در کانال های ZigBee و همچنین از تلفات و انتقال مجدد داده های مورد نظر را در نظر نگرفته ایم زیرا خارج از محدوده این مقاله می باشند.

در بیشتر شهرهای کره جنوبی چراغ های روشنایی عمومی با فاصله ۳۰ متر از یکدیگر قرار می گیرند بنابراین برای جهت یابی لامپ های LED همان روال را دنبال می کنیم. برای اطمینان از اینکه دستگاه ZigBee به خوبی نیاز به توان گیرنده انتقال را پوشش می دهد فاصله بین SGM و SGC را ۶۰ متر قرار می دهیم.

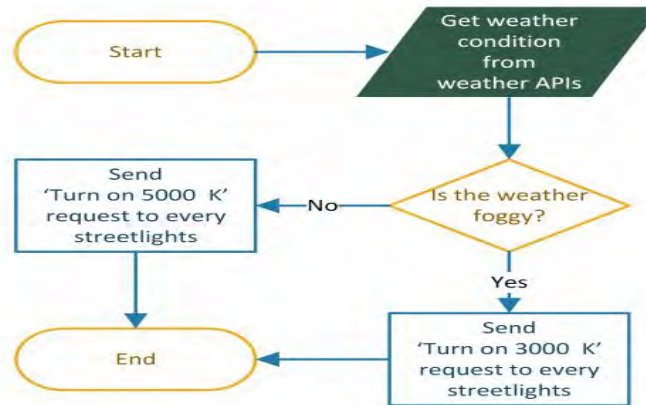
##### جدول ۲ - مشخصات XBEE S2 RF

Parameter	Value
Transmission power (P <sub>Tx</sub> )	2 mW (3.01 dBm)
Receiver sensitivity	-96 dBm
Operating frequency	2.4 GHz
Indoor/urban coverage	40 m
Outdoor LOS coverage	120 m





تست های طیف گسترده بین SGM و SGC در موسسه ملی Kumoh فناوری کره جنوبی انجام دادیم و مکان SGC را ثابت کردیم و فاصله SGM را از ۵ متر تا ۶۰ متر با پله های ۵ متر تغییر دادیم و برای هر مکان ۱۵ اندازه گیری مختلف انجام دادیم. میانگین مقادیر RSS اندازه گیری شده از تست دامنه و همچنین توان در جدول ۳ شرح داده شده است. همچنین انحراف معیار را برای محاسبه واریانس مقادیر اندازه گیری در هر مکان اندازه گیری محاسبه کردیم. مقدار RSS P\_Rx به قدرت انتقال P\_Tx و افت مسیر [۲۲] طبق رابطه (۱) محاسبه می شود.



شکل ۴ - نمودار گردش تغییر خودکار وضوح در SWS

$$P_{RX} = P_{TX} - PL \quad (1)$$

در این مطالعه برای هر مقدار مقادیر RSS اندازه گیری شده با  $P_{Tx} \cong 3.01 \text{ dBm}$  (جدول ۳) میزان تلفات مسیر مربوطه را محاسبه کردیم. برای تلفات مسیر ظاهری از یک مدل تلفات مسیر متناسبا با فاصله استفاده کردیم [۲۲] که در رابطه (۲) آورده شده است.

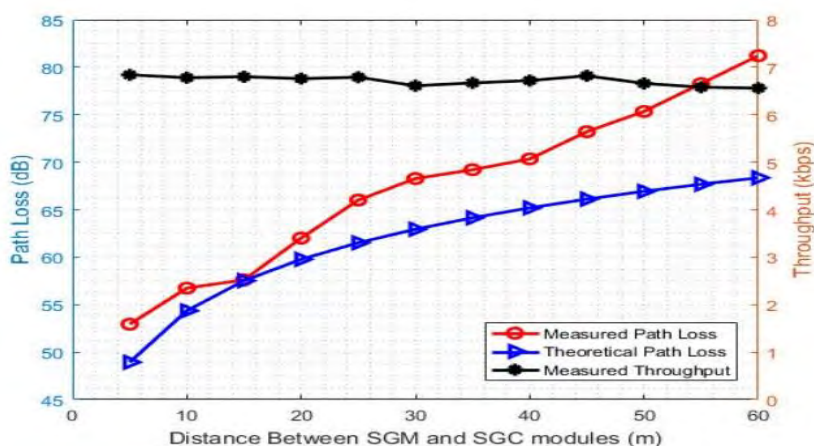
$$PL_{theoretical} = PL_0 + 10\gamma \log_{10}\left(\frac{r}{r_0}\right) + \sigma \quad (2)$$

که در آن  $PL_0$  تلفات مسیر در فاصله مرجع  $r_0$  است،  $\gamma$  ضریب تلفات مسیر است،  $r$  فاصله بین فرستنده و گیرنده است و  $\sigma$  بیانگر واریانس اندازه گیری می باشد. نتایج تجربی نشان می دهد که داده های انتقالی بسیار دورتر از سنسور گیرنده نیز دریافت می شوند. کانال وایرلس با اندازه گیری و نتایج تلفات مسیر ظاهری نشان داده شده در شکل ۵ مشخص می شود که هنوز هم بطور کلی مورد نیاز است. تلفات مسیر و همچنین نتایج توانمندی نشان می دهد که ارتباط بی سیم مبتنی بر ZigBee فراتر از نیازهای کلی سیستم روشنایی خیابانی عمومی است.

جدول ۳ - RSS اندازه گیری شده و نتایج آن



Transmission distance (m)	Average RSS (dBm)	Standard deviation (dBm)	Average Throughput (kbps)
5	-49.93	0.968389254	6.84
10	-53.73	0.679869268	6.78
15	-54.60	0.711805217	6.80
20	-59.00	0.894427191	6.76
25	-63.00	0.632455532	6.79
30	-65.27	0.679869268	6.61
35	-66.20	1.326649916	6.67
40	-67.33	0.471404521	6.72
45	-70.20	0.909212113	6.82
50	-72.33	1.0749677	6.66
55	-75.27	1.730767331	6.58
60	-78.20	1.375984496	6.56



شکل ۵ - تلفات مسیر انتقال اندازه گیری شده و مورد انتظار بین ماژول های SGM و SGC

#### ۲.۴. تست عملکرد سنسورهای ولتاژ و جریان

در این زیر بخش در مورد سنسور ولتاژ و سنسور جریان که در سیستم پیشنهادی ما استفاده می شود بحث می کنیم. این آزمایش با مقایسه ۱۰ نمونه اندازه گیری هر سنسور توسط مولتی متر انجام می شود. نمونه ها به طور متوسط و میزان خطای اندازه گیری سنسور با اندازه گیری مولتی متر به عنوان مرجع محاسبه می شود. نتیجه آزمایش در جدول ۴ ارائه شده است. اندازه گیری های انجام شده توسط سنسورها مقادیری را نشان می دهند که اختلاف نسبتاً کمی در مقایسه با اندازه گیری مولتی متر دارند. میزان خطای اندازه گیری ولتاژ و سنسور جریان نیز خیلی بزرگ نیست با این حال برای اهداف ما قابل قبول است. برای کاهش خطای اندازه گیری در زمان واقعی می توان از میانگین اندازه گیری های متعدد به جای یک بار اندازه گیری استفاده کرد.

#### جدول ۴ - نتایج اندازه گیری ولتاژ و جریان



Measured Parameter	Multimeter Measurement	Sensor Measurement	Error Rate
Voltage	122.5 V	123.7 V	1.2 %
Current	0.105 A	0.115 A	1.0 %

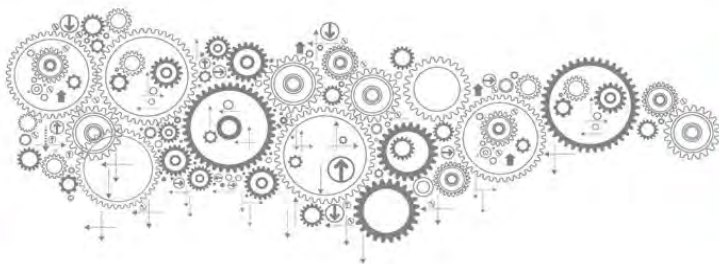
## ۵. نتیجه گیری

در این مقاله به اجرای سیستم روشنایی خیابانی LED شهر هوشمند با سیستم مدیریت مبتنی بر وب پرداخته شده است. به طور خاص، معماری پیشنهادی شامل چراغ های روشنایی LED در گروه ها می باشد که برای ارائه رابط کاربری مجاز، به سیستم مدیریت وب متصل شده اند. یک الگوریتم برای درخواست تعریف کردیم و انتقال را بین SGC به SGMs و بالعکس با تنظیم دمای رنگ بین ۳۰۰۰ K و ۵۰۰۰ K و عملکرد کم نور در صورت لزوم پاسخ می دهیم. علاوه بر این شبکه چراغ خیابانی به گونه ای توسعه یافته است که می توان از طریق وب سرور مرکزی، هر چراغ خیابان را کنترل کرد. سیستم پیشنهادی ما پلتفرم بیهینه را برای یک سیستم روشنایی خیابانی LED برای یک برنامه شهری هوشمند فراهم می کند.

## ۶. مراجع

- 1.G. Zhang, K. K. Yau, X. Zhang, and Y. Li, "Traffic Accidents Involving Fatigue Driving and Their Extent of Casualties," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 87, pp. 34 – 42, 2016.
- 2.P. Olszewski, P. Szagaa, M. Wolaski, and A. Zieliska, "Pedestrian Fatality Risk in Accidents at Unsignalized Zebra Crosswalks in Poland," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 84, pp. 83 – 91, 2015.
- 3.A. Kimber, J. Roberts, J. Logan, and M. Lambert, *LED Street Lighting: A Handbook for Small Communities*. Ankeny, USA: Iowa Association of Municipal Utilities, 2012.
- 4.A. Gil-de Castro, A. Moreno-Munoz, A. Larsson, J. de la Rosa, and M. Bollen, "LED Street Lighting: A Power Quality Comparison Among Street Light Technologies," *Lighting Research and Technology*, vol. 45, no. 6, pp. 710 – 728, 2012.
- 5.H. Zhang, J. Burr, and F. Zhao, "A Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of Lighting Technologies for Greenhouse Crop Production," *Journal of Cleaner Production*, vol. 140, part 2, pp. 705 – 713, 2017.
- 6.M. Dastoorpoor, E. Idani, N. Khanjani, G. Goudarzi, and A. Bahram-pour, "Relationship Between Air Pollution, Weather, Traffic, and Traffic- Related Mortality," *Trauma Monthly*, vol. 21, no. 4, pp. 1–7, Sep 2016.
- 7.W. S. Ashley, S. Strader, D. C. Dziubla, and A. Haberlie, "Driving Blind: Weather-Related Vision Hazards and Fatal Motor Vehicle Crashes," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 96, no. 5, pp. 755–778, May 2015.





8. "Bus-sedan collision caused 106-vehicle pileup on Yeongjong Bridge," <http://english.donga.com/List/3/all/26/410101/1>, accessed: 2017.
9. H. T. Reda, P. T. Daely, J. Kharel, and S. Y. Shin, "On the Application of IoT: Meteorological Information Display System Based on LoRa Wireless Communication," *IETE Technical Review*, vol. 0, no. 0, pp. 1–10, 2017.
10. N. Yoshiura, Y. Fujii, and N. Ohta, "Smart street light system looking like usual street lights based on sensor networks," in 2013 13th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT), Sept 2013, pp. 633–637.
11. Z. Kaleem, I. Ahmad, and C. Lee, "Smart and Energy Efficient LED Street Light Control System Using ZigBee Network," in 2014 12th International Conference on Frontiers of Information Technology, Dec 2014, pp. 361–365.
12. F. Leccese, "Remote-Control System of High Efficiency and Intelligent Street Lighting Using a ZigBee Network of Devices and Sensors," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 28, no. 1, pp. 21–28, Jan 2013.
13. F. Bellido-Outeirio, F. Quiles-Latorre, C. Moreno-Moreno, J. Flores-Arias, I. Moreno-Garca, and M. Ortiz-Lpez, "Streetlight Control System Based on Wireless Communication over DALI Protocol," *Sensors*, vol. 16, no. 5, p. 597, Apr 2016.
14. P. Elejoste, I. Angulo, A. Perallos, A. Chertudi, I. Zuazola, A. Moreno, L. Azpilicueta, J. Astrain, F. Falcone, and J. Villadangos, "An Easy to Deploy Street Light Control System Based on Wireless Communication and LED Technology," *Sensors*, vol. 13, no. 5, p. 64926523, May 2013.
15. H. Jin, S. Jin, L. Chen, S. Cen, and K. Yuan, "Research on the Lighting Performance of LED Street Lights With Different Color Temperatures," *IEEE Photonics Journal*, vol. 7, no. 6, pp. 1–9, Dec 2015.
16. "IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators Wireless Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats," *IEEE Std 1451.5-2007*, pp. C1–236, Oct 2007.
17. S. Farahani, "Chapter 1 - ZigBee Basics," in *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*, S. Farahani, Ed. Burlington: Newnes, 2008, pp. 1 – 24.
18. Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V Datasheet," Atmel, San Jose, USA.
19. "Datasheet SHT7X," Sensirion, Zurich, Switzerland.
20. "Dust Sensor Module PM1001 User Manual," Wuhan Cubic Optoelectronics, Wuhan, China.
21. C. Cavaness, *Programming Jakarta Struts*, ser. Building web applications with servlets & JSPs. O'Reilly, 2002.
22. R. M. Pellegrini, S. Persia, D. Volponi, and G. Marcone, "RF Propagation Analysis for ZigBee Sensor Network Using RSSI Measurements," in 2011 2nd International



Conference on Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace Electronic Systems Technology (Wireless VITAE), pp. 1–5, Feb 2011.