

# ارائه‌ی یک معماری نوین مبتنی بر سیستم‌های چندعامله‌ی هولونی، جهت کنترل هوشمند سیستم روشنایی معابر

مهشید هلالی مقدم<sup>۱</sup>، ناصر مزینی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه علم و صنعت ایران، mahshidhelali@comp.iust.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه علم و صنعت ایران، mozayani@iust.ac.ir

چکیده - با توجه به اهمیت سیستم روشنایی به لحاظ ایجاد امنیت فردی و اجتماعی در سطح شهر و از سوی دیگر لزوم صرفه‌جویی در مصرف انرژی، اعمال ساختارها و روش‌های هوشمند می‌تواند راه‌کار مناسبی در راستای مدیریت درست و مناسب مصرف انرژی الکتریکی در این حوزه باشد. در این مقاله هدف بر این است که ساختاری کلی جهت کنترل و مدیریت هوشمند سیستم روشنایی معابر خیابانی، مبتنی بر سیستم‌های چندعامله‌ی هولونی ارائه شود. در این سیستم پیشنهادی، فرایند کنترل در سطوح مختلف به وسیله‌ی عامل‌های هوشمند صورت می‌گیرد. در این ساختار عملیات مدیریتی و استراتژیکی در سطح بالا و توسط عامل‌های ناظر و عملیات اجرایی در سطوح پایین و توسط عامل‌های یادگیرنده انجام می‌پذیرد. به این ترتیب فرایند کنترل در سیستم، در لایه‌های مختلف به صورت متمرکز و توزیع شده صورت می‌پذیرد. توزیع فرایند کنترل در ساختار هولونی می‌تواند از جمله عوامل موثر در اطمینان‌پذیری و انعطاف‌پذیری ساختار پیشنهادی باشد. نتایج حاصل از پیاده‌سازی این روش بر روی یک شبکه‌ی شبیه‌سازی شده متشکل از معابر خیابانی همراه با ترافیک موجود در آنها، نشان می‌دهد که اعمال این روش بر روی شبکه‌های خیابانی سطح شهر می‌تواند منجر به کاهش قابل توجهی در مصرف انرژی الکتریکی شود.

کلید واژه - سیستم‌های چندعامله‌ی هولونی، کنترل هوشمند، روشنایی معابر

صورت ایستا و پویا می‌باشد.

امروزه استفاده از سیستم‌های هوشمند چندعاملی در حوزه‌های وسیعی از کاربردهای علمی و صنعتی توسعه یافته است. یک عامل عبارت است از موجودیتی که بتواند محیط خود را از طریق حسگرهایی درک کند و بر روی محیط با استفاده از عملگرهای خود عملی را انجام دهد. ساختار بندی هولونی، نوعی ساختار بندی و سازمان بندی سلسله‌مراتبی در سیستم‌های چندعامله می‌باشد. سیستم‌های هولونی از جمله سیستم‌های مناسب برای مدل‌سازی بسیاری از پدیده‌ها و سیستم‌های پیچیده مانند سیستم‌های تولیدی، حمل و نقل، ترافیک و ... می‌باشد. ساختار هولونی در برابر تغییرات محیطی سازگاری خوبی داشته و از ویژگی‌های منحصر به فردی مانند قابلیت خود پشتیبانی، همکاری، خودسازماندهی، انعطاف‌پذیری، مقاومت و پیکربندی دوباره برخوردار است. مفهوم پایه‌ای در این ساختار، هولون‌ها می‌باشند که یک واحد بنیادین از سیستم مدنظر را نشان می‌دهند. هولون‌ها خود می‌توانند شامل هولون‌های زبردست بوده و در عین حال بخشی از یک مجموعه‌ی بزرگتر نیز

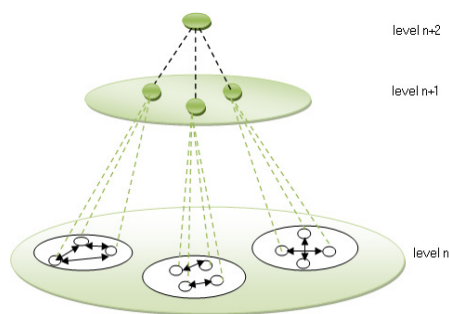
## ۱- مقدمه

از جمله موارد قابل توجه در مصرف انرژی الکتریکی، مصرف انرژی در بخش سیستم روشنایی معابر می‌باشد. بنابراین با توجه به مصرف قابل توجه انرژی در این سیستم و اهمیت دارا بودن سیستم روشنایی مناسب به لحاظ ایجاد امنیت اجتماعی و فردی در سطح شهر، استفاده و مدیریت هوشمندانه‌ی انرژی در این عرصه می‌تواند کمک شایانی به صرفه‌جویی در مصرف انرژی نماید. از طرفی هم، به لحاظ ورود سیستم روشنایی به مدار شبکه‌ی برق در ساعات اوج مصرف، ارائه‌ی الگوی مناسبی جهت مدیریت مصرف در این عرصه می‌تواند از ایجاد مشکل و نش در شبکه تا حد خوبی جلوگیری نماید. در این مقاله سعی می‌شود تا طرحی جهت کنترل هوشمند سیستم روشنایی معابر خیابانی، بر اساس سیستم کنترل ترافیک خودروها، با استفاده از سیستم‌های چندعامله‌ی هولونی ارائه شود. این طرح شامل کنترل روشنایی به صورت متمرکز و توزیع شده در سطوح مختلف و به

باشند. بنابراین هولون‌ها تشکیل یک ساختار درختی را می‌دهند، این ساختار درختی هولارکی نامیده می‌شود، مثال‌های زیادی از هولارکی در دنیای اطراف ما وجود دارد، یکی از بارزترین این مثال‌ها، بدن انسان است. ساختار هولارکی را می‌توان برای بسیاری از سازمان‌های اجتماعی نیز متصور شد. شکل ۱ نمایی از یک ساختار هولارکی را نشان می‌دهد [۱، ۲، ۳، ۴]. روش ارائه شده در این مقاله، با استفاده از یک سیستم چندعامله‌ی هولونی، بر مبنای حجم ترافیک خودروها در خیابان‌ها، به کنترل هوشمند سیستم روشنایی معابر خیابانی می‌پردازد.

## ۲- کارهای انجام شده

در زمینه‌ی کارهای انجام شده در حوزه‌ی کنترل هوشمند سیستم روشنایی معابر، بیشتر می‌توان به دستگاه‌ها و تجهیزات ساخته شده در این حوزه اشاره کرد. این تجهیزات عموماً جهت نصب روی تیرک‌ها و یا نصب در واحد مرکزی کنترل می‌باشند. اما هیچ‌یک از این کارها به ارائه‌ی طرحی کلی و جامع مبتنی بر هوشمندسازی کل سیستم در سطوح مختلف و ایجاد یک سیستم هوشمند بزرگ، متعامل و انعطاف‌پذیر نمی‌پردازند. از جمله کارهای انجام شده در راستای کنترل هوشمند سیستم روشنایی معابر، می‌توان به دستگاه‌های کنترل روشنایی خیابان‌ها با استفاده از سنسورهای سنجش میزان نور خورشید، ساخت شرکت SNR اشاره کرد [۵]. دستگاه SNR، در واقع جایگزینی برای اپراتورهای انسانی جهت خاموش و روشن نمودن سریع لامپ‌ها می‌باشد. این دستگاه با استفاده از سنسورهای تعبیه شده بر روی آن، به هنگام محو شدن نور خورشید از محدوده‌ی دید، لامپ‌ها را روشن و برعکس به هنگام بالا آمدن خورشید و رویت نور توسط سنسورها، لامپ‌ها را خاموش می‌کند. چندین نمونه، مشابه دستگاه فوق، ساخت کشور چین نیز در بازار صنعت برق



شکل ۱: نمایی از یک ساختار هولارکی

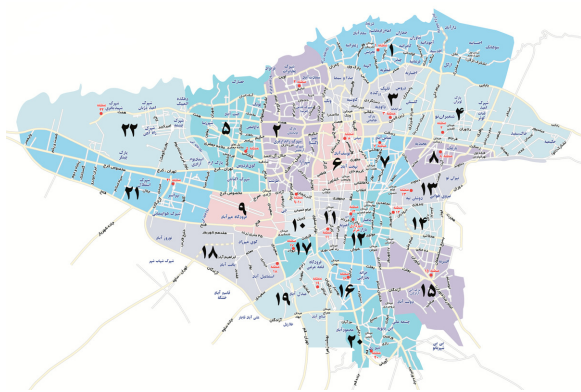
موجود است. از دیگر تجهیزات در این زمینه، می‌توان از دستگاه SLC-02-25-GSM-insuindia ساخت کشور هند نام برد. این دستگاه با شروع ساعات نیمه‌شب توان لامپ‌های روشنایی را کاهش می‌دهد و به این ترتیب موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود [۶].

در حوزه‌ی فعالیت‌های انجام شده در این زمینه در داخل ایران نیز می‌توان به اجرای پروژه کنترل متمرکز روشنایی در خراسان شمالی اشاره کرد. در این پروژه‌ی تحقیقاتی فرایند خاموش و روشن نمودن لامپ‌ها علاوه بر کنترل توسط اپراتور، می‌تواند توسط یک سامانه‌ی مرکزی نیز، از راه دور انجام شود. با اجرای کامل این طرح، روشنایی‌های معابر تحت پوشش می‌تواند در مدت زمان بسیار کمی خاموش و روشن شود. از جمله دیگر کارهای انجام شده در این حوزه در داخل کشور، می‌توان به پروژه‌ی هوشمندسازی روشنایی معابر در شرکت کاریزان ارتباط اشاره کرد. در این پروژه سعی شده است که فرایند خاموش و روشن نمودن لامپ‌ها از راه دور و از طریق شبکه‌ی GSM و ارسال پیامک انجام شود [۷، ۸].

## ۳- سیستم‌های چندعامله‌ی هولونی

یک سیستم چند عامله‌ی هوشمند جامعه‌ای کوچک از تعدادی موجودیت هوشمند به نام عامل می‌باشد. این سیستم‌ها به طور گسترده در زمینه‌ی مسائلی که حل آنها برای یک سیستم متمرکز و یکپارچه مشکل است، به کار برده می‌شوند. این نوع سیستم‌ها، به دلیل دارا بودن قابلیت‌های بسیار از جمله قابلیت توزیع‌شدگی در حل مسائل، اغلب جایگزین کارآمدی برای روش‌های کلاسیک در هوش مصنوعی می‌باشند. از سوی دیگر در طول چند دهه‌ی اخیر، به دلیل بزرگ شدن و پیچیده‌تر شدن بسیاری از مسائل و به تبع آن افزایش تعداد عامل‌ها و تعامل‌های بین آنها در این مسائل، حل آنها به وسیله‌ی سیستم‌های چندعامله‌ی معمولی بسیار دشوار می‌باشد. از جمله راه‌حلهایی که در سال‌های اخیر برای مقابله با این مشکل مطرح شده است، سیستم‌های چندعامله‌ی هولونی می‌باشد. واژه‌ی هولون برای اولین بار توسط یک فیلسوف مجارستانی به منظور ساختارهای بازگشتی و خودمتمثابه در نهادهای زیستی و اجتماعی معرفی شد. مفهوم پایه‌ای در ساختارهای هولونی، هولون‌ها می‌باشند. خود هولون‌ها می‌توانند شامل هولون‌های زیر دست بوده و در عین حال بخشی از یک مجموعه‌ی بزرگتر نیز باشند. بنابراین تشکیل یک ساختار درختی را می‌دهند که اعضای

موثر در افزایش انعطاف‌پذیری و افزایش کارایی روش پیشنهادی می‌باشد. در این روش، در سطح بالا یک ساختار بندی ایستا، بر حسب مناطق جغرافیایی و مجاورت جغرافیایی خیابان‌ها انجام می‌شود. به این ترتیب که محدوده‌ی مورد بررسی به تعدادی هولون جغرافیایی بر اساس نواحی جغرافیایی، تقسیم‌بندی می‌شود. هر هولون شامل تعدادی خیابان می‌باشد که به طور تقریبی در یک محدوده‌ی جغرافیایی واقع شده‌اند. خیابان‌های قرار گرفته در هر هولون، از لحاظ پاره‌ای از پارامترهای موثر مانند محدوده‌ی زمانی پر رفت و آمد، محدوده‌ی زمانی کاهش رفت و آمد و... تا حدی مشابه هم می‌باشند. در شکل ۲ برای مثال نمونه‌ای از ناحیه‌بندی جغرافیایی تهران جهت استفاده برای هولون‌بندی شهر تهران بر اساس ناحیه‌بندی جغرافیایی، نشان داده شده است. برای هر یک از این هولون‌ها، یک عامل مسوول به نام عامل head در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲: نمونه‌ای از ناحیه‌بندی جغرافیایی تهران

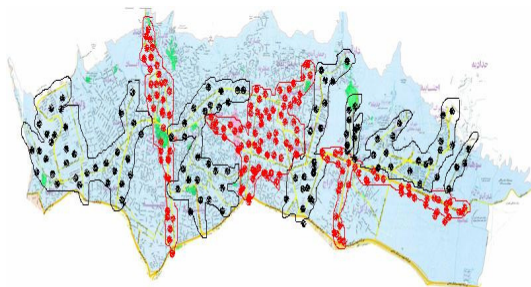
این عامل‌ها، زمان روشن و خاموش شدن لامپ‌ها را در فصول مختلف بر اساس طول و عرض جغرافیایی منطقه و با توجه به شرایط آب و هوایی و میزان روشنایی جو محاسبه نموده و دستور خاموش و روشن نمودن لامپ‌ها را به عامل‌های زیردست ارسال می‌دارند. در سطح پایین این ساختار، عامل‌های یادگیرنده قرار دارند. عامل‌های یادگیرنده، عامل‌های استنتاج‌کننده‌ی ساده‌ای می‌باشند که می‌توانند در کنار عامل‌های کنترل‌کننده‌ی ترافیک قرار گیرند و و از اطلاعات حاصل از سنسورهای نصب شده در خیابان‌ها استفاده کنند. (عامل‌های کنترل ترافیک می‌توانند در تقاطع‌ها نصب شوند و از نوعی فرایند یادگیری تقویتی جهت عملکرد خود بهره گیرند.) این عامل‌های کنترل‌گر دارای یک موتور استنتاج فازی ساده مشتمل بر تعدادی قوانین فازی بر مبنای پارامترهای حجم ترافیک و وضعیت فعلی لامپ‌ها می‌باشند. جدول ۱ قوانین فازی

این ساختار با هم همکاری می‌کنند تا به یک هدف پیچیده‌تر دست یابند. ساختار درخت‌گونه یا به بیانی دیگر هولارکی هولون‌ها دارای مزایای منحصر به فردی از نظر پایداری و مقاومت در برابر آسیب‌ها و اختلالات داخلی و خارجی می‌باشد. این ساختارها از نظر استفاده از منابع کارا هستند و در برابر تغییرات محیطی سازگاری بالایی دارند. ایده‌ی ساختارهای هولونی ترکیبی از ایده‌ی ساختارهای سلسله‌مراتبی بالا به پایین و ساختارهای کنترلی توزیع شده می‌باشد. در سیستم‌های چندعاملی هولونی؛ هولون‌ها تشکیلاتی از عامل‌های هوشمند می‌باشند. هر هولون می‌تواند شامل مجموعه‌ای از عامل‌ها باشد یا اینکه تنها شامل یک عامل باشد. با توجه به بازگشتی بودن این ساختار، در این سیستم هر هولون نیز، به عنوان یک عامل در نظر گرفته می‌شود و با یک عامل نماینده نمایش داده می‌شود. این عامل نماینده head نامیده می‌شود. عامل head می‌تواند از میان یکی از عامل‌های حاضر در داخل هولون انتخاب شود و یا اینکه عامل جدیدی در طول زمان بقای هولون برای این نقش ایجاد شود. عامل head بیان‌کننده‌ی تصمیمات داخل هولون می‌باشد و تنها عامل head با دنیای بیرونی هولون در ارتباط می‌باشد. در سیستم‌های چندعاملی هولونی مباحث جالبی پیرامون شرایط عاملیت عامل‌های هولونی (عامل‌هایی که خود شامل چندین عامل زیردست می‌باشند) مانند خودمختاری، هدف، ارتباط و... مطرح می‌شود. شرح مفصل مفاهیم در چارچوب سیستم‌های چندعاملی هولونی در مراجع [۱، ۳، ۴، ۹] آمده است.

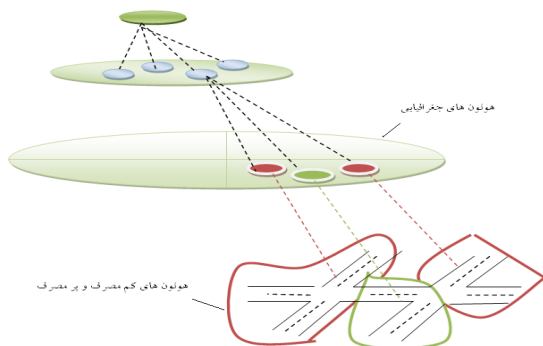
#### ۴- کنترل هوشمند سیستم روشنایی معابر خیابانی با استفاده از سیستم‌های چندعاملی هولونی

در این مقاله ساختار یک معماری هوشمند، مبتنی بر سیستم‌های چندعاملی هولونی و اعمال یک روش یادگیری ساده به عامل‌ها، جهت کنترل سیستم روشنایی معابر خیابانی پیشنهاد می‌شود. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، این ساختار، می‌تواند به صورت پویا و کارآمد متناسب با شرایط مختلف، به صورت مناسب سیستم روشنایی شبکه‌ی خیابانی را کنترل نماید. در این سیستم، عامل‌های یادگیرنده، کنترل‌کننده‌های اصلی نصب شده در هر خیابان هستند. این کنترل‌کننده‌ها، میزان روشنایی لامپ‌های نصب شده در طول خیابان را کنترل می‌کنند. در روش پیشنهادی، ساختار بندی در دو سطح متمایز و به دو صورت ایستا و پویا انجام می‌شود. همین امر از جمله عوامل

در این شکل نواحی قرمز نماینده‌ی هولون‌های پرمصرف و نواحی مشخص شده با خطوط سیاه نماینده‌ی هولون‌های کم-مصرف هستند. شکل ۴ نیز نمایی کلی از ساختار روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. بازدهی و کارایی این روش زمانی که بر روی یک ساختار هوشمند کنترل ترافیک اجرا شود قطعا بیشتر و مفیدتر خواهد بود. زیرا در این روش از حجم ترافیک در خیابان‌ها به عنوان پارامتری جهت کنترل روشنایی لامپ‌ها استفاده می‌شود.



شکل ۳: نمونه‌ای از تشکیل هولون‌های کم‌مصرف و پرمصرف در یک هولون جغرافیایی



شکل ۴: نمایی کلی از ساختار پیشنهادی

## ۵- نتایج تجربی

برای پیاده‌سازی این روش از نرم‌افزار شبیه‌ساز ترافیکی Aimsun V6.1 و محیط AAPI آن که جهت برنامه‌نویسی به زبان ++C می‌باشد، استفاده شده است. این نرم‌افزار از جمله نرم‌افزارهای قدرتمند جهت شبیه‌سازی شبکه‌های ترافیکی می‌باشد که امکانات متنوعی را از نظر طراحی، تنظیم، شبیه‌سازی و کنترل یک شبکه‌ی ترافیکی را به صورت گرافیکی و در مقیاس‌های مختلف فراهم می‌کند.

در این مقاله عملکرد این روش بر روی یک شبکه‌ی ترافیکی

مورد استفاده جهت کنترل میزان روشنایی لامپ‌ها را نشان می‌دهد. این عامل‌های کنترل‌گر پس از دریافت فرمان روشن نمودن لامپ‌ها از سوی عامل head در هولون جغرافیایی، فرایند یادگیری را آغاز نموده و با استفاده از داده‌های دریافتی از دوربین‌ها و سنسورهای نصب شده و بر مبنای قوانین استنتاج، میزان روشنایی مناسب برای لامپ‌ها را کنترل می‌کنند. عامل head نیز در سطح بالاتر، عامل‌های یادگیرنده‌ی سطح پایین را در خیابان‌ها، به صورت دینامیک و پویا، بر اساس مجاورت خیابان‌ها و حالت فعلی مصرف انرژی در آنها به دو دسته‌ی هولون‌های کم‌مصرف و پرمصرف تقسیم‌بندی می‌کند. فرایند نظارت head و تقسیم‌بندی عامل‌های یادگیرنده به هولون‌های کم‌مصرف و پرمصرف به ازای بازه‌ی زمانی مشخصی به طور متناوب تکرار می‌شود. بنابراین هولون‌های مصرف به صورت دینامیک برای مدت زمان مشخصی شکل می‌گیرند، سپس در فرایند نظارت بعدی head، ممکن است تعدادی از هولون‌ها تغییر یابند، پاره‌ای از آنها از بین رفته و هولون‌های مصرف جدیدی شکل بگیرند و به طور کلی چیدمان جدیدی از هولون‌های مصرف شکل بگیرد. فرایند تقسیم عامل‌های یادگیرنده به هولون‌های مصرف به قرار زیر است:

خیابان‌های مجاور که دارای حالت مصرف انرژی یکسان می‌باشند در یک هولون مصرف قرار می‌گیرند. به این ترتیب عامل head می‌تواند نظارت لازم را بر میزان مصرف در هولون جغرافیایی داشته و به اعمال اقدامات فوق‌العاده مانند گسترش هولون‌های کم‌مصرف با ارسال دستور مناسب به عامل‌های یادگیرنده، متوقف‌ساختن تغییر پویای هولون‌ها و انجام پاره‌ای اقدامات دیگر مانند خاموش نمودن یک در میان لامپ‌های خیابان‌ها در بعضی از هولون‌های پرمصرف؛ در زمان‌های خاص و اضطراری بپردازد. در شکل ۳ نمونه‌ای از نحوه‌ی تشکیل هولون‌های کم‌مصرف و پرمصرف در یک هولون جغرافیایی (هولون جغرافیایی ناحیه‌ی ۱ تهران) نشان داده شده است.

جدول ۱: قوانین فازی جهت کنترل میزان روشنایی

وضعیت لامپ	حجم ترافیک	میزان روشنایی / حالت مصرف انرژی
روشن	کم	کم / کم مصرف
روشن	زیاد	کامل / پرمصرف
خاموش	-	-

کوچک، متشکل از ۱۷ خیابان اصلی دوباندی و شش تقاطع ارزیابی شده است. در این شبکه‌ی طراحی شده، تقاطع‌ها دارای ۴ فاز عملکردی و به بیان دیگر ۴ زمانه می‌باشند. تعداد چراغ‌های راهنمایی نصب شده در هر تقاطع به تعداد فازهای آن می‌باشد. در این محیط شبیه‌سازی، در مرحله‌ی طراحی شبکه، حجم ترافیک ورودی را به دو روش می‌توان تعیین نمود. (۱) ماتریس مبدا و مقصد (۲) استفاده از مفهومی به نام حالت ترافیکی

در این مقاله از روش دوم جهت تعیین حجم ترافیک ورودی به شبکه استفاده شده است. مدت شبیه‌سازی ۱۰ ساعت در نظر گرفته شده است و فاصله‌ی زمانی جهت چک کردن میزان تراکم ماشین‌ها در خیابان‌ها، با توجه به طول خیابان‌ها و اندازه‌ی شبکه ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شده است. در این شبکه، خیابان‌ها دارای تیرک‌های روشنایی دوطرفه‌ی مستقر در وسط خیابان، (حداصل بین دو باند خیابان) با لامپ‌های پرنور ۲۵۰ وات سدیمی در نظر گرفته شده است. شکل ۵ نمایی از شبکه‌ی طراحی شده در این نرم‌افزار و تصویری از شکل‌گیری هولون‌های کم‌مصرف و پرمصرف را در بازه‌ای از زمان شبیه‌سازی نشان می‌دهد. در شکل ۵ نواحی زرد که با خط قرمز مشخص شده‌اند هولون‌های پرمصرف و سایر نواحی که با رنگ آبی نشان داده شده‌اند، هولون‌های کم‌مصرف را تشکیل می‌دهند. بر اساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی، بسیاری از خیابان‌ها در کسر قابل توجهی از زمان شبیه‌سازی، به جای عملکرد در حالت پرمصرف می‌توانند در حالت کم‌مصرف عمل کنند و همین امر می‌تواند به صرفه‌جویی در مصرف انرژی کمک قابل توجهی نماید.

میزان مصرف انرژی برای سایر خیابان‌ها نیز مطابق روش ذکر شده محاسبه می‌شود. در جدول ۲ مقادیر مصرف انرژی توسط سیستم روشنایی، با اعمال روش پیشنهادی در ۱۰ ساعت زمان شبیه‌سازی در هر یک از خیابان‌ها آمده است. شکل ۶ مقایسه‌ای از میزان مصرف انرژی در هر یک از خیابان‌ها در حالت معمولی و در حالت اعمال ساختار پیشنهادی را نشان می‌دهد. نمودارهای رسم شده در شکل ۶ حاکی از این امر است که میزان مصرف انرژی در بسیاری از خیابان‌ها با اعمال ساختار پیشنهادی به میزان قابل توجهی کمتر از حالت معمول (بدون اعمال روش ذکر شده) می‌باشد.

## ۶- نتیجه‌گیری و کارهای آینده

ارائه‌ی راه‌حلی در جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی در بخش روشنایی معابر می‌تواند کمک شایانی به صرفه‌جویی در مصرف کلی انرژی در کشور نماید. نتایج به‌دست آمده در پیاده‌سازی ساختار پیشنهادی، حاکی از این امر است که پیاده‌سازی این روش بر روی شبکه‌ی روشنایی خیابان‌ها و معابر همزمان با کنترل ترافیک می‌تواند به نتایج جالب توجهی در زمینه‌ی صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی منتج شود. پویایی، انعطاف‌پذیری، قابلیت کنترل سلسله‌مراتبی از جمله ویژگی‌های ساختارهای هولونی می‌باشد که موجب کارایی و افزایش بازدهی معماری پیشنهادی می‌شود.

میزان انرژی مصرفی هر لامپ روشنایی بر حسب وات‌ساعت طبق رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌شود.

$$E = p \times t \quad (1)$$

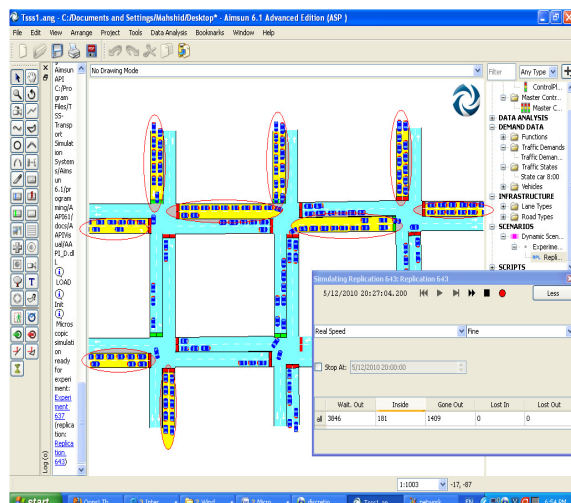
در رابطه‌ی (۱)،  $E$  میزان انرژی مصرفی،  $P$  توان مصرفی بر حسب وات و  $t$  مدت زمان مصرف انرژی بر حسب ساعت را نشان می‌دهد. میزان مصرف انرژی توسط سیستم روشنایی با اعمال روش پیشنهادی بر روی شبکه در ۱۰ ساعت زمان شبیه‌سازی در یک خیابان طبق رابطه‌ی (۱)، به صورت زیر محاسبه می‌شود. برای مثال میزان مصرف انرژی در خیابان ۱ عبارت است از:

تعداد تیرک‌ها در خیابان ۱: ۲۰

$$1 \text{ باند} : 20 \times [10 \times 125] = 25000 = 25 \text{ kWh}$$

$$2 \text{ باند} : 20 \times [10 \times 250] = 50000 = 50 \text{ kWh}$$

$$50 + 25 = 75 \text{ kWh}$$



شکل ۵: نمایی از شبکه‌ی شبیه‌سازی شده در Aimsun و شکل‌گیری هولون-

های مصرف

جدول ۲: میزان مصرف انرژی توسط سیستم روشنایی در هریک از خیابان‌ها

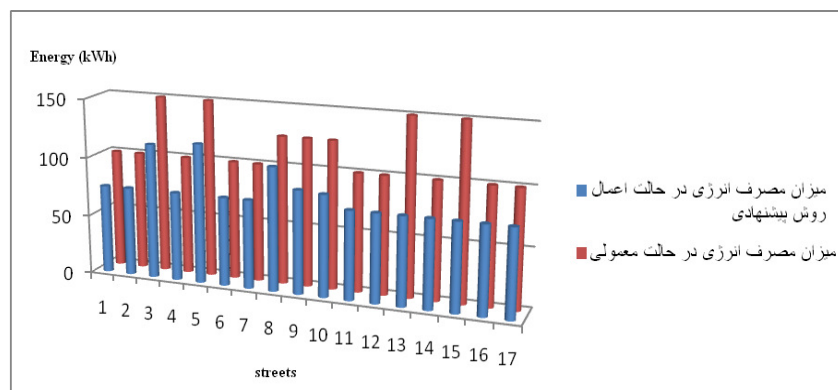
خیابان	تعداد تیرک	میزان مصرف انرژی (kWh)
۱	۲۰	۷۵
۲	۲۰	۷۵
۳	۳۰	۱۱۴/۲۵
۴	۲۰	۷۵
۵	۳۰	۱۱۸/۱۲۵
۶	۲۰	۷۵
۷	۲۰	۷۵
۸	۲۵	۱۰۴/۶۸۷۵
۹	۲۵	۸۷/۵
۱۰	۲۵	۸۵/۹۳۷۵
۱۱	۲۰	۷۵
۱۲	۲۰	۷۵
۱۳	۳۰	۷۵
۱۴	۲۰	۷۵
۱۵	۳۰	۷۵
۱۶	۲۰	۷۵
۱۷	۲۰	۷۵

متعامل و انعطاف‌پذیر ارائه می‌دهد. از جمله کارهای آینده در این راستا می‌توان به تعمیم این ساختار کنترلی هوشمند به کلیه‌ی معابر عمومی اعم از کوچه‌ها، پارک‌ها و سایر اماکن اشاره کرد.

### مراجع

- [1] Klaus Fischer, Michael Schillo, and Jörg Siekmann, "Holonc Multiagent Systems: A Foundation for the Organisation of Multiagent Systems", HoloMAS 2003, LNAI 2744, pp. 71-80, 2003.
- [2] F. Versteegh, M. A. Salido, A. Giret, "A holonic architecture for the global road transportation system", Springer Science+Business Media, LLC 2008.
- [3] Vincent Hilaire, Abder Koukam, and Sebastian Rodriguez, "An adaptative agent architecture for holonic multi-agent systems", ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems (TAAS), Volume 3, Issue 1, March 2008.
- [4] Adriana Giret, Vicente Botti, "Holons and agents", journal of intelligent manufacturing, Vol. 15, pp. 645-659, 2004.
- [5] <http://snrequipments.com/solar.htm>, visited on July 16, 2010.
- [6] [http://www.trademart.in/product-SLC\\_02\\_25\\_GSM\\_insuidia.html](http://www.trademart.in/product-SLC_02_25_GSM_insuidia.html), Visited on July 16, 2010.
- [7] [http://news.tavanir.org.ir/press/press\\_detail.php?id=17021](http://news.tavanir.org.ir/press/press_detail.php?id=17021), Visited on July 16, 2010.
- [8] [http://www.karizan.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=122&Itemid=178](http://www.karizan.com/index.php?option=com_content&view=article&id=122&Itemid=178), Visited on July 16, 2010.
- [9] C. Gerber, J. Siekmann, and G. Vierke, "Holonc multi-agent systems", Technical Report Research Report, RR-99-03, DFKI, 1999.

از دیگر مزایای این ساختار، می‌توان به این امر اشاره نمود که این ساختار طرحی جامع و کلی مبتنی بر هوشمندسازی کل سیستم در سطوح مختلف جهت ایجاد یک سیستم هوشمند بزرگ،



شکل ۶: مقایسه‌ای از میزان مصرف انرژی در حالت معمولی و حالت اعمال ساختار پیشنهادی