سومین کنفرانس بین المللی اینترنت اشیاء و کاربردها
فروردین ۱۳۹۸ - دانشگاه اصفهان

ارائه یک سیستم خبره هوشمند برای کاهش تصادفات جاده ای با بهره گیری از تکنولوژی اینترنت اشیاء

محمد جوادیان[۱*]، سجاد حیاتی[۲] و وحید قاسمی[۳]
[۱]استادیار دانشگاه صنعتی کرمانشاه، m.javadian@kut.ac.ir
[۲]استادیار دانشگاه صنعتی کرمانشاه، sajadhayati@gmail.com
[۳]استادیار دانشگاه صنعتی کرمانشاه، v.ghasemi@kut.ac.ir

چکیده : یکی از علل اصلی تصادفات جاده ای سرعت زیاد خودروها و درنتیجه عدم عکس العمل به موقع راننده در هنگام صانحه است. متاسفانه علائم راهنمایی و رانندگی نشان دهنده حداکثر سرعت مجاز که با توجه به وضعیت جاده تعیین شده اند ملاحضات جوی را درنظر نگرفته اند. ما در این مقاله با استفاده از تکنولوژی اینترنت اشیاء و ارائه یک سیستم خبره هوشمند فازی سعی کرده ایم تا این مشکل را حل نماییم. بخش هوشمند سیستم را با استخراج خبرگی یک پلیس راهور مجرب طراحی نموده و با استفاده از تکنولوژی اینترنت اشیاء امکان کنترل، نظارت و اعمال تغییر در این سیستم را برای پلیس راهور فراهم نموده ایم. نتایج بدست آمده از تست اولیه دستگاه بسیار رضایتبخش واقع شده است.

کلید واژه‌ها: کاهش تصادفات جاده ای، سیستم خبره، منطق فازی، استخراج خبرگی، اینترنت اشیاء، ماژول esp8266

۱- مقدمه

اینترنت اشیاء به ارتباطات اینترنتی دستگاه های محاسباتی تعبیه شده در اشیاءی که در زندگی روزمره با آنها سرو کار داریم گفته میشود که آنها را قادر میسازد تا داده ها را دریافت یا ارسال نمایند. در واقع اینترنت اشیاء به دستگاه هایی که قبلا بطور مستقل مورد استفاده قرار میگرفتند اجازه اتصال به اینترنت را میدهد تا بدین وسیله بتوانند با دستگاه های دیگر یا با اشخاص از طریق سایت اینترنتی، گوشی موبایل و یا کامپیوتر رومیزی ارتباط برقرار کرده و تعامل داشته باشند، بطوریکه میتوانند از راه دور کنترل یا نظارت شوند[۱].

اصطلاح اینترنت اشیاء با توجه به همگرایی چندین تکنولوژی سیستم های بی درنگ، یادگیری ماشین، سنسورها و سیستم های نهفته پدید آمدند [۲]. که تا کنون کاربردهای زیادی از آن در اتوماسیون ساختمان [۳]، پزشکی [۴]، حمل و نقل [۵]، مراقبت از سالمندان [۶]، صنعت [۷] و کشاورزی [۸] از آن ارائه شده است.

ما در این مقاله سعی داریم تا یک سیستم نهفته با استفاده از استخراج خبرگی فازی و تکنولوژی اینترنت اشیاء برای استفاده در تابلوهای نشان دهنده حداکثر سرعت مجاز در جاده ها و بزرگراه ها ارائه دهیم، به این امید که بتوانیم در کاهش تصادفات جاده ای گامی مفید برداشته باشیم.

یکی از دلایل اصلی تصادفات جاده ای سرعت زیاد وسیله نقلیه است که باعث میشود راننده نتواند در زمان مناسب واکنش نشان دهد. به همین منظور پلیس راهور علائمی برای اعلام حداکثر سرعت مجاز در بزرگراه ها و جاده ها بر اساس شرایط جاده فراهم نموده است. این در حالی است که تحقیقات نشان داده که آمار تصادفات جاده ای در هنگام بارندگی [۹]، در سرمای شدید [۱۰] و در شب و تاریک بودن هوا [۱۱] افزایش می یابد. یکی از دلایل افزایش این تصادفات ثابت بودن حداکثر سرعت مجاز تابلوهای راهنمایی و رانندگی و عدم تغییر آن با توجه به شرایط جوی و آب و هوایی است. به نظر میرسد که با طراحی تابلوی اعلام حداکثر سرعت مجاز هوشمند و با قابلیت کنترل و نظارت اینترنتی و از راه دور بتواند حداکثر سرعت مجاز را تغییر دهد میتوان این تصادفات جاده ای را تا حدی کاهش داد.

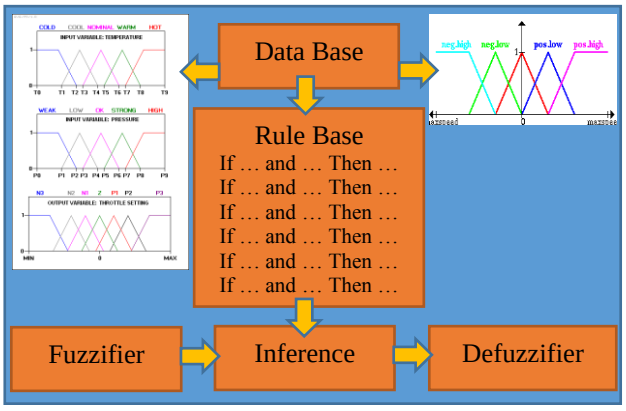
۲- استخراج خبرگی فازی

مغز انسان یک سیستم محاسباتی و تحلیلگر بسیار پیچیده است که توانایی انجام وظایف و کارهایی را که هیچ ابرکامپیوتری نمیتواند انجام دهد را دارد. زبان طبیعی وسیله ای است برای بیان تصمیمات و تحلیلهای پیچیده ای که در مغز اتفاق می افتد. بنابراین میتوان طی مصاحبه با یک فرد خبره بخشی از اطلاعات مغز این فرد را استخراج نمود.

سیستم خبره به سیستمی گفته میشود که با استفاده از اطلاعات

یک فرد خبره شکل گرفته باشد. به این نحو که با مصاحبه و استخراج خبرگی یک فرد خبره بتوانیم همان کاری را که او با استفاده از تجارب و تحلیلهای پیچیده مغز خود انجام میدهد را در یک سیستم کامپیوتری انجام داد. به این نحو ما به یک سیستم محاسباتی هوشمند دست پیدا میکنیم که این سیستم هوشمندی خود را از هوشمندی یک فرد خبره استخراج کرده است.

منطق فازی یا Fuzzy Logic برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط دکتر لطفی زاده ، استاد علوم کامپیوتری دانشگاه برکلی کالیفرنیا (Berkeley) [۱۲]، ابداع شد. این منطق بر این اساس استوار است که مغز انسان برخلاف سیستمهای دیجیتال مرسوم که همه چیز را بصورت صفر و یک درنظر میگیرد عمل نمیکند. به بیان دیگر مغز انسان اصولا به وقایع بصورت سیاه و سفید نمینگرد بلکه همواره بصورت مقادیری بین صفرو یک (رنگ خاکستری) اندازه گیری ها را انجام میدهد. برای مثال یک دماسنج دیجیتال دمای هوا را دقیقا با یک عدد نشان میدهد در حالیکه مغز انسان هیچگاه نمیتواند به آن دقت دمای هوا را بیان کند بلکه برای بیان دمای هوا از یکسری متغیرهای زبانی مثل خیلی گرم، نسبتا گرم، گرم، معتدل، خنک، سرد و ... استفاده میکند. نکته جالب اینجاست که تمامی تصمیماتی را نیز که در مغز انجام میشود بر اساس همین اطلاعات نادقیق و اصطلاحا فازی انجام میدهد. منطق فازی دقیقا برای بیان همین نحوه عملکرد فازی مغز انسان ابداع شد و تا کنون توانسته است در بسیاری از مسائل پیچیده مهندسی از جمله کنترل [۱۳]، دسته بندی و خوشه بندی [۱۵،۱۴]، شناسایی سیستم [۱۶] و بهینه سازی [۱۷] مورد استفاده قرار گیرد. استخراج خبرگی فازی به اسن معنی است که ما بتوانیم اطلاعات عملکردی یک فرد خبره را بر اساس متغیرهای زبانی فازی استخراج کرده و در یک سیستم نهفته مورد استفاده قرار دهیم بطوریکه سیستم طراحی شده بتواند هوشمندی فرد خبره را بخوبی تقلید نماید.



شکل ۱. دیاگرام بلوکی یک سیستم فازی

یک سیستم خبره فازی از سه بخش اصلی تشکیل شده است (شکل ۱). بخش فازی ساز، بخش استنتاج و بخش غیر فازی ساز (فازی زدایی) که در ادامه در مورد تک تک بخشها توضیح خواهیم داد.

بخش فازی ساز که از تعدادی تابع عضویت برای پارامترهای ورودی تشکیل شده است بطوریکه این توابع عضویت به ما کمک میکند تا بیانی فازی از یک پدیده فیزیکی داشته باشیم. شکل و مشخصات این توابع عضویت از طریق مصاحبه با فرد خبره تعیین میگردد. سیستمهای تعبیه شده معمولا از سنسورهای دقیق برای اندازه گیری پارامترهای ورودی استفاده میکنند. در بخش فازی ساز یک سیستم فازی این مقدار دقیق به درجه عضویتهایی از مجموعه ی متغیرهای زبانی ترجمه میگردد. برای مثال دما ۲۷ درجه میتواند به مجموعه دمای معتدل ۰.۷ تعلق داشته باشد و به مجموعه دمای گرم ۰.۳ تعلق داشته باشد.

بخش استنتاج شامل پایگاه دانش و قواعد فازی و روش استنتاج است. بخش اصلی این بخش قواعد فازی است که بصورت یکسری قواعد "اگر ... آنگاه ..." بیان میشود. این قواعد طی محاسبه با فرد خبره بدست آمده اند. نحوه ترکیب این قواعد فازی مستخرج از فرد خبره را روش استنتاج تعیین میکند. بطور کلی در ترکیب این قوانین از دو اپراتور tnorm و snorm استفاده میشود.

Tnorm عملیاتی است مشابه AND در منطق، یا ضرب در محاسبات ریاضی، یا اشتراک در تئوری مجموعه ها و یا مینیمم گیری در اندازه گیری ها. کاربرد اپراتور Tnorm در منطق فازی ترکیب درجه عضویتهای متغیرهای ورودی است. برای مثال قانون زیر را درنظر بگیرید:

اگر (هوا خیلی سرد باشد) و (هوا رطوبت زیاد داشته باشد) و (هوا تاریک باشد) آنگاه (حداکثر سرعت مجاز کم است)

در این قانون ۳ متغیر (پارامتر) ورودی داریم: دما، رطوبت، روشنایی. فرض کنیم بعد از فازی سازی درجه عضویت ۰.۷ به دمای خیلی سرد و درجه عضویت ۰.۸ به رطوبت زیاد و درجه عضویت ۰.۹۵ به تاریکی هوا بدست آمده باشد. برای اینکه بدانیم چه مقدار به صحت این قانون فازی اعتقاد داریم بین درجه تعلقهای مختلف ورودی ها tnorm میگیریم. فرض کنیم tnorm در این مثال مینیمم تعیین شده باشد. بنابراین ما به صحت این قانون ۰.۷ معتقد خواهیم بود.

Snorm عملیاتی است شبیه OR در منطق، یا جمع در محاسبات ریاضی، یا اجتماع در تئوری مجموعه ها و یا ماکزیمم

گیری در اندازه گیری ها. کاربرد اپراتور Snorm در منطق فازی ترکیب نتایج بدست آمده از قواعد فازی مختلف است. برای مثال فرض کنید که یک قانون بیان کند که حداکثر سرعت مجاز با اعتقاد ۰.۷ کم باشد و قانون دیگری بیان کند که حداکثر سرعت مجاز با اعتقاد ۰.۴ کم باشد. اگر Snorm را در این مثال ماکزیمم درنظر بگیریم در نتیجه ما به کم بودن سرعت ۰.۷ اعتقاد خواهیم داشت.

بخش فازی زدایی به این نحو عمل میکند که درجه عضویتهای بدست آمده به مجموعه افرازهای فازی خروجی را با یکدیگر ترکیب میکند تا در نهایت به یک مقدار کریسپ (غیرفازی) دست یابیم بطوریکه قابل اعمال به عملگرهای دنیای فیزیکی بیرون سیستم باشد. برای فازی زدایی روشهای مختلفی ارائه شده است از جمله: ماکزیمم ماکزیمم ها، مینیمم ماکزیمم ها، میانگین ماکزیمم ها، مرکز ثقل، مرکز سطح، میانگین وزن دار و غیره.

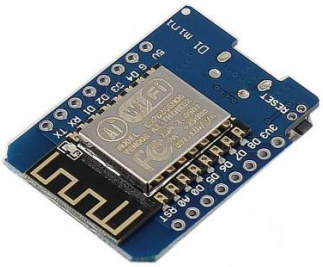
۳- تحقق یک سیستم خبره فازی تعبیه شده مبتنی بر تکنولوژی اینترنت اشیاء

در این بخش ابتدا سخت افزارهای مورد استفاده برای تحقق سخت افزاری این سیستم خبره فازی تعبیه شده را مورد بررسی قرار داده و سپس چگونگی اعمال خبرگی فازی را به این سیستم بیان خواهیم کرد.

۳-۱- تحقق سخت افزاری

برای تحقق سخت افزاری این سیستم از یک ماژول WeMos D1 Mini دارای هسته وایفای ESP8266 و پورت میکرو USB جهت پروگرام کردن استفاده کرده ایم (شکل ۲ این ماژول را نشان میدهد). این ماژول یکی از ارزانترین ماژولهای ارتباط با اینترنت است که از پروتکل TCP/IP (شبکه بیسیم wifi) پشتیبانی میکند که از این ارتباط برای تبادل اطلاعات با پلتفرم رایگان اینترنت اشیاء thinger استفاده نموده ایم. این ماژول همچنین دارای چندین پایه ورودی و خروجی است که از این پایه ها برای نمایش حداکثر سرعت مجاز استفده نموده ایم. ماژول esp8266 همچنین پروتکلهای ارتباطی سریال UART، I2C را نیز ساپورت میکند. که ما برای ارتباط با سنسورها از این پروتکلها استفاده کرده ایم. محیط برنامه نویسی ماژول esp8266 محیط برنامه نویسی آردوینو و زبان برنامه نویسی C میباشد.

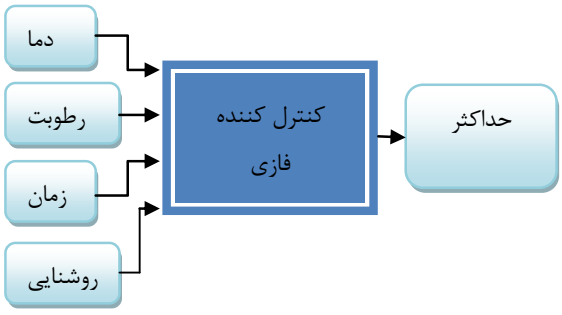
برای تبادل اطلاعات با esp8266 از پلتفرم thinger استفاده نموده ایم. برای این منظور یک داشبورد تهیه کرده ایم که در هر لحظه دما، میزان رطوبت، میزان روشنایی و ساعت شبانه روز را نشان میدهد. همچنین میزان سرعت مجاز محاسبه شده توسط سیستم خبره تعبیه شده بر روی ماژول esp8266 را در هر لحظه نشان میدهد. در این پلتفرم یک کلید نیز وجود دارد که با فعال یا غیر فعال کردن آن سیستم روی حالت دستی یا اتوماتیک خواهد رفت. در حالت دستی پلیس راهور میتواند حداکثر سرعت مجاز را بصورت دستی تعیین کرده و به ماژول جهت نمایش بر روی تابلو ارسال کند. در حالت اتوماتیک سیستم خبره فازی طبق قواعد فازی استخراج شده از خبره حداکثر سرعت مجاز را مشخص خواهد کرد.



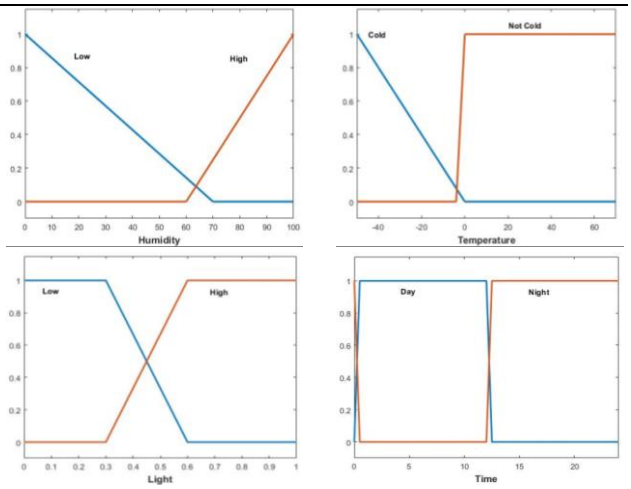
شکل ۲. ماژول WeMos D1 Mini دارای هسته وایفای ESP8266 و پورت میکرو USB جهت پروگرام کردن

۳-۲- سیستم خبره فازی طراحی شده

همانگونه که در شکل ۳ مشاهده میکنید سیستم خبره فازی که ما در این مقاله از آن استفاده کرده ایم شامل چهار ورودی دمای هوا، رطوبت هوا، روشنی یا تاریکی هوا و ساعات شبانه روز است و خروجی این سیستم نیز حداکثر سرعت مجاز است. بنابراین در ورودی این سیستم از یک سنسوردما، یک سنسور نور، یک ساعت زمان حقیقی و یک رطوبت سنج بعنوان ورودیهای سیستم استفاده نموده‌ایم که همگی از طریق باس I2C با ماژول esp8266 در ارتباط هستند.

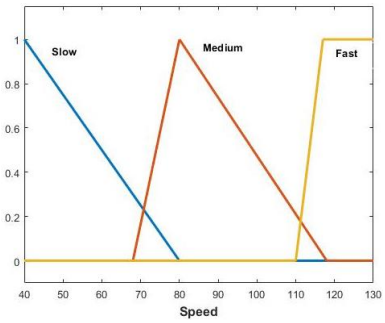


شکل ۳- کنترل کننده فازی پیشنهادی دارای چهار ورودی و یک خروجی است. ورودیها عبارتند از دما، رطوبت، زمان و میزان روشنایی و خروجی حداکثر سرعت مجاز را اعلام است.



شکل ۴- افرازهای فازی برای متغیرهای ورودی. الف) دو افراز فازی سرد و گرم برای دما. ب) دو افراز رطوبت کم و رطوبت زیاد. ج) افرازهای فازی برای شب و روز، د) افرازهای فازی برای روشنایی یا تاریکی هوا

شکل ۴ افرازهای فازی ورودی که ما برای مساله در نظر گرفته ایم را نشان میدهد. همانگونه که ملاحظه میکنید سعی کرده ایم از کمترین تعداد افرازها استفاده گردد تا مساله زیاد پیچیده نگردد.



شکل ۵. افرازهای فازی درنظر گرفته شده برای خروجی که سه افراز سرعت زیاد متوسط و کم درنظر گرفته شده است.

شکل ۵ نیز افرازهای فازی برای حداکثر سرعت مجاز که خروجی مساله میباشد را نشان میدهد. همانگونه که ملاحظه میکنید برای این بخش سه افراز سرعت کم، متوسط و زیاد درنظر گرفته ایم.

در ادامه بطور مختصر به قوانین فازی که در جدول ۱ برای این مساله تعریف شده است اشاره خواهیم کرد. بطور کلی در هنگام شب یا زمانهایی که هوا تاریک است حداکثر سرعت مجاز کاهش می‌یابد. همچنین هنگام بارندگی نیز حداکثر سرعت مجاز کاهش خواهد یافت. قابل ذکر است که در هنگام بارندگی رطوبت نسبی هوا بین ۶۰ تا ۱۰۰ درصد است.

جدول ۱. قواعد فازی بدست آمده از مصاحبه با خبره

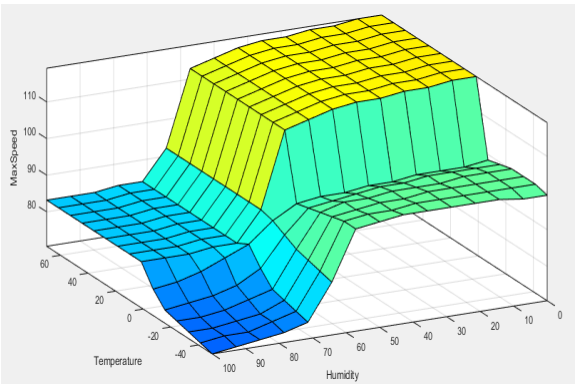
شماره	دما	رطوبت	وضعیت شبانه روز	میزان روشنایی	حداکثر سرعت مجاز
۱	سرد	زیاد	شب		آرام
۲	سرد	کم	شب		متوسط
۳	سرد	زیاد	روز		آرام
۴	سرد	کم	روز		سریع
۵	سرد نیست	زیاد	شب		آرام
۶	سرد نیست	کم	شب		سریع
۷	سرد نیست	زیاد	روز		متوسط
۸	سرد نیست	کم	روز		سریع
۹	سرد نیست	زیاد		نور کم	متوسط
۱۰	سرد	زیاد		نور کم	آرام
۱۱			شب		متوسط
۱۲	سرد	زیاد	روز		متوسط

۴- نتایج بدست آمده

شکل ۶ سطح استنتاج سیستم خبره فازی طراحی شده را نشان میدهد. در ادامه دو سناریوی مختلف را بعنوان مثال بررسی میکنیم تا از صحت سیستم طراحی شده اطمینان حاصل نماییم. قابل ذکر است که نوع سیستم فازی طراحی شده سیستم فازی ممدانی است. اپراتور استفاده شده برای Tnorm اپراتور min و اپراتور استفاده شده برای Snorm اپراتور max در نظر گرفته شده است. همچنین روش فازی زدایی نیز centroid تعیین شده است.

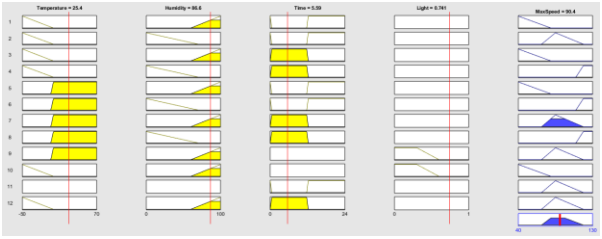
مثال ۱. فرض کنید رطوبت ۹۰٪ است که رطوبت زیاد نشان دهنده بارندگی است. دما نیز ۱۵ درجه و روز است.

همانطور که در شکل ۷ ملاحظه میکنید سیستم خبره فازی طراحی شده حداکثر سرعت مجاز را ۹۰ کیلومتر در



شکل ۶- سطح استنتاج حاصل از افرازهای فازی و قواعد فازی که خبره تعیین کرده است.

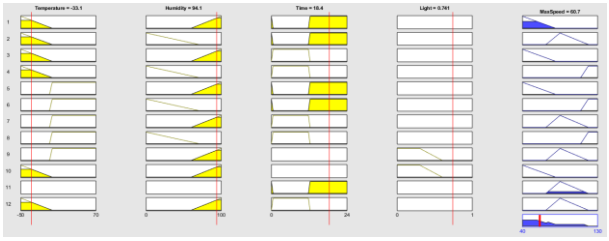
ساعت اعلام کرده است. همانگونه که ملاحظه میشود بعلت بارندگی حداکثر سرعت مجاز محدود شده است که مورد تایید افسر خبره راهور نیز بوده است.



شکل ۷. با فرض رطوبت ۹۰٪ و دمای ۱۵ درجه سانتیگراد در روز، حداکثر سرعت مجاز ۹۰ کیلومتر در ساعت توسط سیستم خبره تعیین شده است

مثال ۲. فرض کنید رطوبت ۹۰٪ است که نشان دهنده بارندگی میباشد و دمای ۱۵ درجه سانتیگراد زیر صفر است که با توجه به رطوبت زیاد هوا نشان دهنده برف و یخبندان است. همچنین زمان شبانه روزی شب بوده و هوا تاریک است.

همانطور که در شکل ۸ ملاحظه میکنید با توجه به شرایط جوی حداکثر سرعت مجاز ۶۰ کیلومتر در ساعت تعیین شده است که مورد تایید پلیس خبره نیز میباشد.



شکل ۸. رطوبت ۹۰٪ و دمای ۱۵ درجه سانتیگراد زیر صفر در شب، سیستم خبره حداکثر سرعت مجاز را ۶۰ کیلومتر در ساعت تعیین کرده است.

۵- نتیجه‌گیری

تکنولوژی اینترنت اشیاء روز به روز در حال توسعه است. با ترکیب این تکنولوژی و روشهای یادگیری ماشین میتوان خدمات و تسهیلات بسیار مناسبی را فراهم آورد. یکی از موضوعاتی که سالیانه جان عده زیادی از مردم را میگیرد تصادفات جاده ای است. از مهمترین دلایل ین تصادفات سرعت زیاد خودرو میباشد که عملا در هنگام وقوع حادثه کنترل از دست راننده خارج میشود. هرچندکه تابلوهای محدودیت سرعت راهنمایی و رانندگی بصورت تخصصی بر اساس موقعیت و وضعیت جاده تعیین شده اند اما متاسفانه وضعیت جوی در این تابلوها دیده نشده است این در حالی است که آمار نشان میدهد که تعداد تصادفات در هنگام بارش باران و برف و یا وجود سرما و یخ زدگی جاده ها افزایش چشمگیری دارد. بنابراین در این مقاله ما تصمیم گرفتیم تا سیستم خبره هوشمندی با قابلیت اتصال به اینترنت و در نتیجه فراهم کردن نظارت و کنترل از راه دور با استفاده از پلتفرم اینترنت اشیاء ارائه دهیم. استخراج خبرگی را از یک پلیس راهور مجرب انجام داده و نتایج بدست آمده مورد تایید بوده است.

مراجع

[1] Hassan, Qusay F., and Sajjad A. Madani. *Internet of Things: Challenges, Advances, and Applications*. Chapman and Hall/CRC, 2017.

[2] Rouse, M., and I. Wigmore. "Internet of Things (IoT). TechTarget." (2014).

[3] Ometov, Aleksandr, et al. "Facilitating the delegation of use for private devices in the era of the internet of wearable things." *IEEE Internet Things J* 4 (2017): 843-854.

[4] da Costa, Cristiano André, et al. "Internet of Health Things: toward intelligent vital signs monitoring in hospital wards." *Artificial intelligence in medicine* (2018).

[5] Mahmud, Khizir, et al. "Integration of electric vehicles and management in the internet of energy." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82 (2018): 4179-4203.

[6] Mulvenna, Maurice, et al. "Views of caregivers on the ethics of assistive technology used for home surveillance of people living with dementia." *Neuroethics* 10.2 (2017): 255-266.

[7] Gubbi, Jayavardhana, et al. "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions." *Future generation computer systems* 29.7 (2013): 1645-1660.

[8] Meola, Andrew. "Why IoT, big data & smart farming are the future of agriculture." *Business Insider* 20 (2016).

[۹] ن. فر, ع. چ. برج, علوی, and جسارتی, "تحلیل پراکنش تصادفات جاده ای منجر به فوت با رویکرد اقلیمی مطالعه موردی: استان اردبیل," فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر», vol. 26, no. 103, pp. 83-97, 2017.

[10] de Oña, Juan, Randa Oqab Mujalli, and Francisco J. Calvo. "Analysis of traffic accident injury severity on Spanish rural highways using Bayesian networks." *Accident Analysis & Prevention* 43.1 (2011): 402-411.

[11] Plainis, S., I. J. Murray, and I. G. Pallikaris. "Road traffic casualties: understanding the night-time death toll." *Injury Prevention* 12.2 (2006): 125-138.

[12] Zadeh, Lotfi A. "Fuzzy sets." *Information and control* 8.3 (1965): 338-353.

[13] E. H. Mamdani, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller," *International Journal of Man-Machine studies* ,vol. 7, pp. 1-13, 1974

[14] Javadian, Mohammad, Saeed Bagheri Shouraki, and Soroush Sheikhpour Kourabbaslou. "A novel density-based fuzzy clustering algorithm for low dimensional feature space." *Fuzzy Sets and Systems* 318 (2017): 34-55.

[15] Javadian, Mohammad, and Saeed Bagheri Shouraki. "UALM: Unsupervised Active Learning Method for clustering low-dimensional data." *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 32.3 (2017): 2393-2411.

[16] Takagi, Tomohiro, and Michio Sugeno. "Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control." *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics* 1 (1985): 116-132.

[17] Luhandjula, M. K. "Fuzzy optimization: Milestones and perspectives." *Fuzzy Sets and Systems* 274 (2015): 4-11.