به نام خدا

تهیه کننده: امیرمهدی نیازی

شماره دانشجویی:

عنوان مقاله:

Miniaturized Pervasive Sensors for Indoor Health Monitoring in Smart Cities

سنسورهای جامع مینیاتوری برای نظارت سلامت محیط‌های داخلی در شهرهای هوشمند

سوال اصلی مطرح شده در مقاله چیست؟

چگونه می‌توانیم با استفاده از حسگرهای جامع مینیاتوری، سلامت و بهداشت را در فضاهای داخلی و خانگی نظارت و کنترل کنیم؟

چه مشکلی باید برطرف شود؟

پیاده‌سازی سنسورها با تعدادی از چالش‌های مرتبط با مسائل طراحی، عوامل شبیه‌سازی، تغییر در پارامترهای مکمل، و از همه مهم‌تر به تهدیدهای شبکه‌های حسگر، تحت‌تاثیر قرار می‌گیرد.

سنسورهای بی‌سیم بر روی یک شبکه بکار گرفته می‌شوند تا یک WSN (شبکه حسگر بی‌سیم) را تشکیل دهند و بسیاری از حسگرها با ابر مرتبط هستند و بنابراین تهدیدات شبکه نشان‌دهنده یک خطر بزرگ و چالشی نیز در حسگرهای فراگیر مدرن هستند.

یکی از مشکلات بزرگ برای استقرار شبکه، امنیت است. این مشکل می‌تواند چالش بزرگی در نقض امنیت افراد در زمانی باشد که شبکه حسگر در کاربردهای داخلی اجرا می‌شود. علاوه بر رمزنگاری سخت‌افزار، بلاک‌چین، محاسبات لبه، یادگیری ماشین و محاسبه مه، تکنولوژی‌های مهمی هستند که امنیت تقویت‌شده را در WSNها ممکن می‌سازند.

چه ضرورتی برای مطرح شدن مسأله هست؟

در مناطق شهری، بخصوص در طول فصل سرما، اکثر مردم بیشتر اوقات را در داخل خانه (در طول مدرسه،

ساعات کاری، زمان آزاد و البته زمان خواب) صرف می‌کنند. بنابراین نظارت بر مولفه‌های شیمی-فیزیکی که مربوط به کیفیت محیط‌های داخلی است می‌تواند تاثیر قابل‌توجهی بر بهبود سلامت جهانی داشته باشد.
سیستم‌های نظارت بر محیط‌زیست هوشمند (SEM) برای حفظ تغییرات در پارامترهای مختلف محیط مانند کیفیت هوا، کیفیت آب، سطوح رادیواکتیو، آلودگی صوتی، در محیط بی‌سیم، و برای مانیتورینگ و نظارت انواع مختلف آب، هوا و آلاینده‌های رادیواکتیو پیاده‌سازی شده‌اند. سنسورها مهم‌ترین اجزای سیستم‌های نظارت بر محیط خودکار هستند و نقش مهمی در تضمین سلامت عمومی و سلامت خاک ایفا می‌کنند.
خطرات شیمیایی ناشی از انتشار و جریان گازهای سمی و مواد شیمیایی، نشان‌دهنده یک تهدید بزرگ در محیط داخلی است که می‌تواند ناشی از تعدادی از وسایل الکترونیکی خانگی مانند یخچال، تهویه هوا و غیره باشد.

چه روش‌های قبلا برای اینکار انجام شده است؟

کار مشابهی بر نظارت کم هزینه آلایندگی در آن بررسی شد، که در آن واکنش مبتنی بر رویداد است. ارزش IEQ (شاخص کیفیت محیط داخلی) به میزان بسیار رضایت‌بخشی حفظ شد که در همه شرایط، ۸۵.۵ درصد قرار دارند.
در یک کار جالب دیگر، نزدیک‌ترین همسایه K (k-NN) و یک شبکه عصبی عمیق برای طبقه‌بندی صداها که برای نظارت بر آلودگی صوتی مفید است، بکار گرفته شدند. طبقه‌بندی صداها در اجزای طیفی مطلوب و اجزای نویز با کمک معماری عمیق شبکه‌های عصبی، بسیار هوشمندانه ساخته شد. نظارت دقیق، جلوگیری از هارمونیک ناخواسته و ۹۵.۸ درصد صحت طبقه‌بندی، از جمله کارهای برجسته این اثر هستند.
در یک کار خاص دیگر برای تشخیص رد گازها، از یک روش منبع کور استفاده شده‌است. تشخیص آسان با دقت مناسب با حداقل معیار وابستگی تجزیه و تحلیل مولفه‌های مستقل حاصل شد. ضریب همبستگی نزدیک به 0.96 برای گاز نیتروژن دی‌اکسید و 0.91 برای گاز دی‌اکسید گوگرد مشاهده شد که نشان‌دهنده عملکرد رضایت‌بخش این روش برای تشخیص آثار گازها در فضاهای باز است. این روش به یک عملکرد خوب می‌رسد و می‌تواند به راحتی به محیط‌های داخلی منتقل شود.

روش پیشنهادی ارائه شده در مقاله چیست؟

در این مقاله، ما بر حسگرهای فراگیر و کاربرد آن‌ها برای نظارت بر سلامت و در نتیجه مطالعه ادبیات مربوطه تمرکز کردیم. تحقیق بر روی سنسورهای هدف عمومی، گسترده است، اما وقتی به طور خاص به حسگرهای داخلی اشاره می‌شود، به خصوص برای کاربردهای سلامتی، کم‌تر توسعه‌یافته است.

در این مقاله نگاهی به نقش یادگیری ماشین در پردازش داده‌ها و روش‌های k-NN و DT (درخت تصمیم‌گیری) شده است.

روش پیاده‌سازی شده برای حل مسئله مقاله به چه صورت است؟

حسگرهای جامع، حسگرهای مدرنی هستند که در نظارت سلامت و کاربردهای مرتبط مورد استفاده قرار می‌گیرند، که در سال‌های اخیر کاربرد گسترده‌ای به دلیل کوچک‌سازی و ابزارهای یادگیری ماشین، برای پردازش داده‌های سنسور از طریق وظایف پردازش سیگنال و طبقه‌بندی وجود دارد.

همانطور که می‌دانیم، اثر مستقیم بر سلامت انسان با کیفیت آب آشامیدنی و هوای فضای داخلی، به ویژه از نظر ریزگردها (PM) و غلظت‌های مواد رادیواکتیو تولید می‌شود.

هدف کلی در اینجا کاهش خطرات و افزایش ایمنی افراد در نوشیدن و تنفس از طریق کنترل این عناصر است. در مورد آب، نظارت بر کیفیت آن در شیر آب برای بررسی تاثیر بخش آخر لوله‌ها در ساختمان‌ها حیاتی است که ممکن است در طول زمان منجر به کهنگی و فرسایش شود.

یک سنسور امپدانس مینیاتوری برای ردیابی وضعیت سطوح داخلی لوله‌ها برای توزیع آب آشامیدنی، براساس کاربرد WSN (شبکه‌های حسگر بی‌سیم) توسعه داده شده‌است. داده‌های گسترده در زمان واقعی جمع‌آوری شدند، در یک کارزار آزمایشی که برای چند ماه در این زمینه انجام شد (یک شبکه آزمایشی از سه گره) در شمال ایتالیا.

همان سنسور که در اصل بر روی لایه‌های سخت ساخته شد، بعدها بر روی زیرلایه‌های Kapton انعطاف‌پذیر ساخته شد که نصب آن در لوله‌های با قطر کوچک (چند سانتی متر)، نوعی از شبکه‌ها و لوازم خانگی بود.

در رابطه با نظارت هوایی، گازهای مختلف باید ابتدا شناسایی شوند، زیرا بر کیفیت نهایی هوا تاثیرگذارند.

به طور کلی، این امر با ترکیبی از برخی گازها مانند اکسید نیتروژن (Nox) و ترکیب فرار آلی (VOC) تحت‌تاثیر قرار می‌گیرد، و مقدار PM که به طبقات مختلف گرانولومتری تقسیم می‌شود (PM10,PM2.5).

بیشتر تلاش‌ها بر روی اندازه‌گیری کیفیت هوا در محیط‌های شهری انجام می‌شود، و به وسیله شبکه‌ها مبتنی بر به‌کارگیری ابزارهای حالت جامد متراکم، و همین روند در توسعه حسگرهای مینیاتوری از نظارت داخلی نیز برخوردار است (شکل ۳).

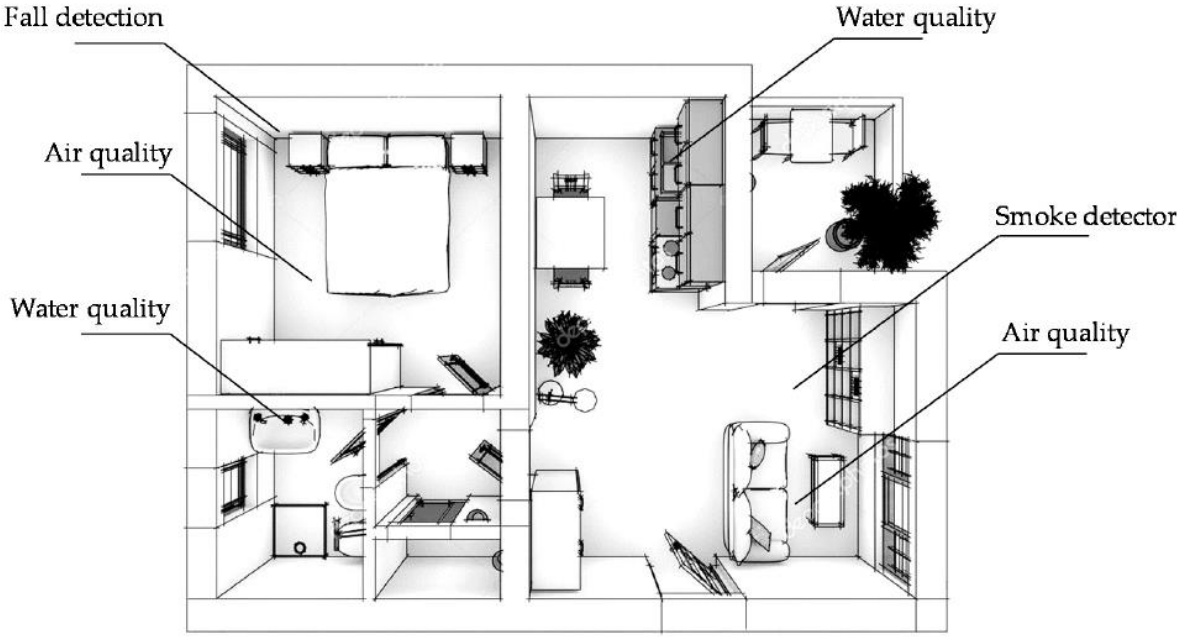


Figure 3. Indoor monitoring of health-relevant parameters such as air and water quality.

در فضاهای داخلی، یکی دیگر از عوامل موثر بر کیفیت هوا، حضور مواد رادیواکتیو است که می‌تواند از منابع چندگانه ناشی شود، هم طبیعت طبیعی و هم طبیعت انسانی.

یکی از خطرناک‌ترین عناصر Radon است، یک گاز رادیواکتیو که سنگین است، به ویژه در سطح زمین و زیرزمین ساختمان‌ها، انباشته می‌شود. یک راه برای اندازه‌گیری Radon، تعیین کمیت غلظت عناصر جامد است که در آن به مانند 214Pb و 214Bi از بین می‌رود.

آن‌ها اشعه‌های گاما را با انرژی‌های مختلف منتشر می‌کنند، که مرتبط‌ترین آن‌ها در حدود 600keV است. ثبت این ذرات با استفاده از فیلتر ممکن است.

گردش هوا از طریق فیلتر توسط یک پمپ (با چند نرخ جریان L/min) اجباری می‌شود.

سپس فیلتر با استفاده از یک طیف‌سنج گاما تجزیه و تحلیل می‌شود. در این مورد، کوچک‌سازی به طور پیوسته پیشرفت می‌کند. به طور خاص، کوچک‌سازی طیف‌سنج‌های گاما مبتنی بر جرقه‌زنی، با جایگزینی لوله‌های بزرگ و حساس چندبرابرکننده‌ی تصویر (PMT) با چندبرابرکننده‌ی تصویر سیلیکونی (SiPM) فعال می‌شود.

امروزه، طیف‌سنج‌های بسیار فشرده، مجهز به USB و خودکفا موجود هستند: در هنگام استفاده از چند پیکسل SiPM، کارایی، هزینه و حجم واحد به وسیله کریستال درخشش (معمولا 2”Nai) تحت کنترل هستند. چنین تشخیص‌دهنده‌هایی چنان فشرده هستند که می‌توانند یا بر روی هواپیماهای بدون سرنشین (برای نقشه‌برداری در فضای باز) و یا توسط دست (برای نقشه‌برداری در فضای داخلی) برای اسکن کردن اتاق‌ها و زیرزمین (و در نتیجه نصب سیستم‌های تهویه هوا در جایی که برای کاهش تجمع Radon مورد نیاز است).

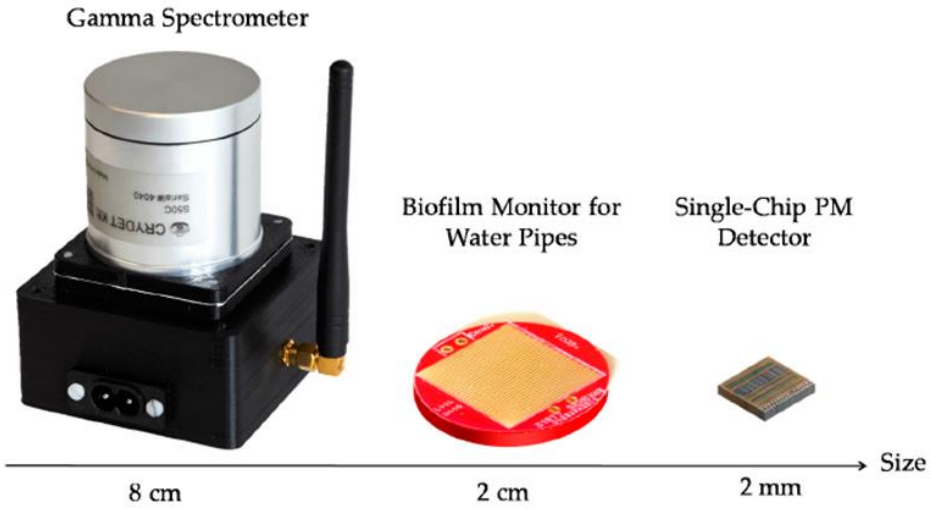


Figure 4. Examples of miniaturized sensors for radioactivity [21], water [2] and air quality [3] monitoring of decreasing dimensions and increasing integration.

این سنسورها به دسته‌های متعددی از برنامه‌های کاربردی تعلق دارند که به عنوان هر نیاز و عواملی که باید کنترل شوند، توسعه داده می‌شوند. ردیاب‌های دود، ردیاب‌های فروریختگی، کنترل صدا با استفاده از میکروفن‌ها، کنترل جنبش/محیط در یک اتاق نیز حسگرهای مهمی هستند که به نظارت بر سلامتی افراد، به ویژه معلولان و افراد مسن کمک می‌کنند، زیرا کنترل را می‌توان بدون هیچ حرکتی با استفاده از دستگاه‌های قابل‌حمل، هوشمند و دستگاه‌های IoT به دست آورد.

در سال‌های اخیر، اتخاذ تکنیک‌های آماری و به خصوص یادگیری ماشین (ML) در چندین زمینه رشد یافته‌است. این روش در پردازش خودکار داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط سنسورها و WSNها به نقش مهمی در پردازش خودکار داده‌های جمع‌آوری‌شده پرداخته‌است.

داده‌ها از طریق گره‌های سنسور مختلف موجود در WSN ثبت می‌شوند و پردازش سیگنال مناسب برای استخراج اطلاعات معنی‌دار از داده‌ها و انجام وظایف مناسب بر روی آن به کار گرفته می‌شود.

اینجا، نقش تکنیک‌های یادگیری ماشین ضمن درجه‌بندی و تفسیر داده‌های کسب‌شده از اهمیت بالایی

برخوردار است.

یادگیری ماشین به درک داده‌ها و استخراج تعدادی از ویژگی‌ها کمک می‌کند که متعاقبا در وظایف طبقه‌بندی و تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند و در نهایت به کنترل پارامترهای مختلف سلامت و محیط کمک می‌کنند.

اگر یک مدل ریاضی از فرآیند نظارت در دسترس باشد، همراه با تخمینی از عدم قطعیت‌های مدل و اندازه‌گیری، ابزار بهینه برای ادغام داده‌ها، فیلتر کالمن است.

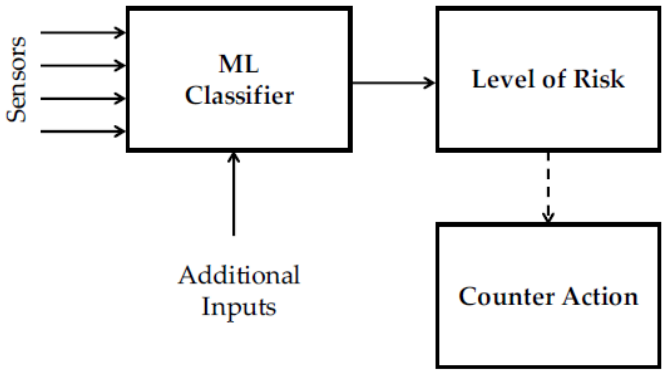
متاسفانه، اغلب یک مدل ناشناخته است و تکنیک‌های یادگیری ماشین می‌تواند اتخاذ شود.

همانطور که در شکل زیر نشان‌داده‌شده، هدف اصلی طبقه‌بندی یادگیری ماشین پردازش سیگنال از سنسورهای همگن به منظور ارزیابی در زمان واقعی سطح خطر است. ورودی‌های اضافی را (مانند تعداد افراد در خانه، شرایط جوی و غیره) می‌توان به خوبی ترکیب کرد. در برخی موارد، علاوه بر نمایش شاخص‌های کیفیت (و هشدارها/ اعلان‌ها) به کاربر، اگر محرک‌ها نیز در دسترس باشند، این الگوریتم می‌تواند برخی از اقدامات متقابل را فعال کند (مانند تهویه‌ی زیرزمین، تمیز کردن لوله‌ها، تمیز کردن هوا در اتاق و غیره) در یک روش حلقه بسته.

نقش یادگیری ماشین در استخراج ویژگی‌ها

و طبقه‌بندی سطح یک خطر از سیگنال‌های سنسور در SEM

(سیستم هوشمند نظارت بر محیط)



جالب است، فراتر از استفاده محلی خروجی‌های SEM (برای اتاق انفرادی، آپارتمان)، یک ساختار سلسله مراتبی از طبقه‌بندی‌کننده‌ها را می‌توان برای خدمات رفاهی مانند آب آشامیدنی، شامل آپارتمان‌های مختلف

در سطح ساختمان اتخاذ کرد، در نتیجه عملکرد جالب مانند تعمیرات پیشگیرانه را ممکن می‌سازد. شبکه فضای ساختمان (BAN) برای پشتیبانی از این نوع از زیرساخت سنجش توزیع‌شده توسعه داده می‌شود.

تکنیک‌های یادگیری ماشین را می‌توان به الگوریتم‌های نظارت‌شده و بدون نظارت با توجه به رویکرد یادگیری گروه‌بندی کرد.

در میان موارد تحت نظارت، ماشین‌های بردار پشتیبانی (SVM)، k-NN و درخت‌های تصمیم‌گیری (DT) رایج‌ترین آن‌ها هستند. اگرچه SVM می‌تواند با شرایط دور از دسترس سازگار باشد، هنگامی که مقدار داده‌های آموزشی بزرگ‌تر از تعداد ویژگی‌ها باشد، همانطور که در این زمینه معمول است، k-NN ترجیح داده می‌شود.

DT و k-NN عملکرد مشابهی را ارائه می‌کنند، اما هزینه محاسبه k-NN (محاسبه فاصله بین داده‌های تازه و تمام اندازه‌گیری‌های قبلی) بسیار بیشتر است.

در نتیجه، DTها بهترین انتخاب برای پردازش سیگنال سنسورهای فراگیر داخلی را نشان می‌دهد.

علاوه بر این، DT می‌تواند به طور موثر در دستگاه‌های توکار دیجیتال با قیمت پایین مانند میکروکنترلرها پیاده‌سازی شود.

در زمینه مطالعه پیشنهادی، کوچک‌سازی حسگرها و مدیریت آن‌ها بر یک WSN می‌تواند به طور موثر انجام شود و یک استفاده بهینه از منابع می‌تواند از طریق تکنیک‌های ML محقق شود.

حجم عظیم داده‌ها در حقیقت یک نگرانی عمده در کاربرد بلادرنگ از سنسورهای فراگیر مختلف است، با وجود اینکه ابزارهای کلان داده (Big-Data) سعی در پرداختن به این مسائل دارند.

سهم یادگیری عمیق با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی کانوولوشن (CNN) یا هر روش عصبی عمیق دیگر، می‌تواند تاثیر قابل‌توجهی در رسیدگی به مقدار زیاد داده‌ها و پردازش آن‌ها داشته باشد.

به نظر می‌رسد مشکل داده‌های بزرگ در محیط داخلی برای کاربردهای محدود وجود نداشته باشد، اما ممکن است زمانی ایجاد شود که چندین واحد به صورت سلسله مراتبی شبکه‌ای شده‌اند.

در نهایت، تحلیل اجزا اصلی (PCA) یک روش یکپارچه برای کاهش در بعد داده، به سادگی با اعمال یک انتقال خطی به نمونه است (که اطلاعات منتقل‌شده توسط آن‌ها را به حداکثر می‌رساند)، می‌تواند در این زمینه نیز به خوبی اعمال شود.

نقاط قوت و ضعف مقاله

نقاط قوت مقاله:

۱) این مقاله به ما نشان داد که حسگرها از اهمیت زیادی در نظارت بر سلامت برخوردار هستند چرا که به بهبود کیفیت زندگی کمک می‌کنند.

۲) این مقاله به ما اهمیت یادگیری ماشین را در تحلیل داده‌ها نشان داد.

۳) روند کوچک‌سازی سنسورها به خوبی بیان شده بود.

نقطه ضعف مقاله:

۱) روش‌های مقایسه شده در مقاله به خوبی معرفی و تشریح نشده بودند و فقط نام آن‌ها آورده شده بود.

جمع‌بندی و پیشنهادات برای کارهای آتی

در این بررسی کوتاه، در مورد برخی روندهای تکنولوژیکی، براساس چندین مطالعه موردی انتخاب‌شده از ادبیات، در توسعه سنسورهای فراگیر بحث شد.

کوچک‌سازی سنسورهای حالت جامد برای نظارت فعالیت انسان و ایمنی از طریق اندازه‌گیری محلی و بلادرنگ پارامترهای شیمی-فیزیکی (مثل آب و هوای) محیط اطراف و ارتباط روزافزون یادگیری ماشین در تفسیر خودکار مقادیر زیاد داده‌های بدست‌آمده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم، در حال تبدیل شدن به دو عنصر کلیدی برای موفقیت این الگو هستند. انگیزه این کار، تمرکز بر ارتباط کاربرد این فن‌آوری‌ها در نظارت داخلی (برخلاف نظارت بر فضای باز شهری و روستایی)، به ویژه در سناریوهای شهرهای هوشمند است.

به عنوان مثال، یک نتیجه بسیار جدید و جالب گزارش دارد که در شهرهای مختلف سراسر جهان، در هنگام قفل کردن، در منزل یک افزایش جزیی اما ثابت در سطح نیتروژن دی‌اکسید و VOC وجود دارد.

مفاهیم جدیدی از شبکه‌های ساختمان هوشمند با ادغام سیستم‌های زیست محیطی دستگاه‌های پوشیدنی و موقعیت‌یاب در حال ظهور هستند و باید بیشتر با پیشرفت‌های سخت‌افزاری ادغام شوند.

امنیت خانگی و آسایش یک عامل کلیدی برای سلامت عمومی و درمان پیشگیرانه است.

در حقیقت، تشخیص زودهنگام و خودکار شرایط ناامن یا ناسالم خانه شخصی می‌تواند واکنش سریع و موثر را امکان‌پذیر کند و در نتیجه فشار بر سیستم بهداشت عمومی را کاهش دهد. این ارتباط با تاثیر سلامتی و

اجتماعی-اقتصادی بیماری همه‌گیر کنونی COVID-19 به شدت مورد توجه قرار گرفته‌است.