

دانشكده مهندسي برق

بهبود دقت موقعيت يابي مبتني بر RSS با استفاده از الگوريتم هاي يادگيري گروهي

پايان‌نامه براي دريافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسي برق گرايش کنترل

نام دانشجو

حمید عرب سرخی

استاد راهنما:

دكتر سعید عباداللهی

خرداد ماه 1403



دانشكده مهندسي برق

بهبود دقت موقعيت يابي مبتني بر RSS با استفاده از الگوريتم هاي يادگيري گروهي

پايان‌نامه براي دريافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسي برق گرايش کنترل

نام دانشجو

حمید عرب سرخی

استاد راهنما:

دكتر سعید عباداللهی

خرداد ماه 1403



تأييديه‌ي هيأت داوران جلسه‌ي دفاع از پايان‌نامه/رساله

نام دانشكده:

نام دانشجو:

عنوان پايان‌نامه يا رساله:

تاريخ دفاع:

رشته:

گرايش:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| رديف | سمت | نام و نام خانوادگي | مرتبه دانشگاهي | دانشگاه يا مؤسسه | امضا |
| 1 | استاد راهنما |  |  |  |  |
| 3 | استاد مشاور |  |  |  |  |
| 5 | استاد مدعو خارجي |  |  |  |  |
| 6 | استاد مدعو خارجي |  |  |  |  |

تأييديه‌ي صحت و اصالت نتايج

**باسمه تعالي**

اينجانب حمید عرب سرخی به شماره دانشجويي 400616148 دانشجوي رشته مهندسی برق گرایش کنترل مقطع تحصيلي کارشناسی ارشد تأييد مي‌نمايم كه كليه‌ي نتايج اين پايان‌نامه/رساله حاصل كار اينجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه‌برداري‌شده از آثار ديگران را با ذكر كامل مشخصات منبع ذكر كرده‌ام. درصورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخيص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاكم (قانون حمايت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قانون ترجمه و تكثير كتب و نشريات و آثار صوتي، ضوابط و مقررات آموزشي، پژوهشي و انضباطي ...) با اينجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض درخصوص احقاق حقوق مكتسب و تشخيص و تعيين تخلف و مجازات را از خويش سلب مي‌نمايم. در ضمن، مسؤوليت هرگونه پاسخگويي به اشخاص اعم از حقيقي و حقوقي و مراجع ذي‌صلاح (اعم از اداري و قضايي) به عهده‌ي اينجانب خواهد بود و دانشگاه هيچ‌گونه مسؤوليتي در اين خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگي:

امضا و تاريخ:

مجوز بهره‌برداري از پايان‌نامه

بهره‌برداري از اين پايان‌نامه در چهارچوب مقررات كتابخانه و با توجه به محدوديتي كه توسط استاد راهنما به شرح زير تعيين مي‌شود، بلامانع است:

🞎 بهره‌برداري از اين پايان‌نامه/ رساله براي همگان بلامانع است.

🞎 بهره‌برداري از اين پايان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

🞎 بهره‌برداري از اين پايان‌نامه/ رساله تا تاريخ .................................... ممنوع است.

نام استاد راهنما: دکتر سعید عباد اللهی

تاريخ:

امضا:

تشكر و قدرداني: (اختياري)

..........................................................................................................

چکیده

واژه‌های کلیدی:

فهرست مطالب

عنوان شماره صفحه

[فصل 1: مقدمه 1](#_Toc155011382)

[1˗1˗ پس‌زمینه 2](#_Toc155011383)

[1˗2˗ اهداف و مرور فصل‌ها 3](#_Toc155011384)

[فصل 2: داده و الگوریتم‌های موقعیت‌یابی 4](#_Toc155011385)

[2˗1˗ مقدمه 5](#_Toc155011386)

[فصل 3: جمع‌بندی 7](#_Toc155011387)

[3˗1˗ مقدمه 8](#_Toc155011388)

[مراجع 9](#_Toc155011389)

فهرست اشکال

عنوان شماره صفحه

[شکل (2˗1) محدوده دقت فناوری‌های موقعیت‌یابی برحسب استفاده در داخل یا خارج ساختمان [7] 5](#_Toc155011377)

فهرست جداول

عنوان شماره صفحه

[جدول (2˗1) بررسی فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم مبتنی بر RSS برای موقعیت‌یابی داخلی [8] 6](#_Toc155011374)

فهرست علائم اختصاری

|  |  |
| --- | --- |
| Location Based Services | LBS |
| IPS Indoor Positioning System | IPS |
| Non-Line of Sight | NLoS |
| Line-of sight | LoS |
| Received Signal Strength | RSS |
| Received Signal Strength Index | RSSI |
| Time Difference of Arrival | TDoA |
| Time of Arrival | ToA |
| Channel State Information | CSI |
| Angel of Arrival | AoA |
| Global Positioning System | GPS |
| Ultra WideBand | UWB |
| Phase of Arrival | PoA |
| Phase Difference of Arrival | PDoA |
| Angel of Arrival | AoA |
| Angel Difference of Arrival | ADoA |
| Radio Frequency IDentification | RFID |
| Reference Signal Received Power | RSRP |
| Reference Signal Received Quality | RSRQ |
| Carrier-sense multiple access with collision avoidance | CSMA/CA |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

1. مقدمه
   1. پس‌زمینه

با توجه به افزایش سریع تعداد گوشی‌های هوشمند و گسترش دستگاه‌های بی‌سیم مختلف در دهه گذشته، اینترنت اشیاء (IoT) به عنوان یک حوزه با اهمیت برای انواع صنایع به وجود آمده است. نظارت بر ترافیک، دستگاه‌های قابل پوشش، مراقبت‌های بهداشتی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی تنها چندین حوزه از بسیاری از زمینه‌های کاربردی مختلف برای IoT هستند. افزودن سیستم‌های مبتنی بر موقعیت (LBS) به چنین حوزه‌ی در حال توسعه‌ای، خدماتی با غنی‌ترین و دقیق‌ترین مشخصات را به کاربران نهایی ارائه می‌دهد.

فناوری‌های مبتنی بر موقعیت مانند GPS و Galileo به عنوان ابزارهای مهم و معتمد در سناریوهای فضای باز ثابت شده‌اند. با این وجود، در فضای داخلی که نیاز به دقت بیشتری نسبت به دقت چند متری موقعیت‌یابی در فضای باز دارند، انتقال چندمسیره اطلاعات انتقالی، نقش حیاتی را در عملکرد سیستم موقعیت‌یابی ایفا می‌کند. GPS و Galileo به دلیل عملکرد ضعیف در محیط‌های داخلی استفاده نمی‌شود. بنابراین، فناوری‌هایی مانند Wi-Fi و BLE برای مواجهه با مسائل موقعیت‌یابی در داخل استفاده شوند که با مشکلات ایجاد شده توسط انتشار چندمسیره[[1]](#footnote-2) به دلیل وجود اشیاء در هر اتاق مواجه است.

موقعیت‌یابی داخلی یک حوزه تحقیقاتی بوده که بیش از ۳۰ سال است مورد مطالعه قرار گرفته و درعین‌حال، فناوری‌های جدید به طور مداوم در حال توسعه هستند. بسته به نوع سیگنال و محیط، برخی از فناوری‌های موقعیت‌یابی داخلی موجود نتایج بهتری ارائه می‌دهند. الزامات سیستمی مانند مصرف انرژی و پیچیدگی محاسباتی نیز نقش مهمی در تصمیم‌گیری در مورد استفاده از کدام تکنولوژی برای موقعیت‌یابی داخلی ایفا می‌کنند.

انگیزه‌ی معرفی یادگیری ماشین به عنوان تخمینگر مکان، توان فوق‌العاده‌ای است که این روش‌ها برای سازگاری با سناریوهای مختلف را دارد. این ویژگی‌ها، یادگیری ماشین‌ را در بسیاری از زمینه‌های کاربردی، از جمله مهندسی، اقتصاد، و حتی پزشکی، کارا می‌سازد. دلیل اصلی این جاذبه این است که یادگیری ماشین در اصل، آمار و مهندسی اعداد است که در هر جنبه‌ای از زندگی به شکل دادگان حضور دارند. استفاده از این دادگان برای بهبود درک یک سیستم از نحوه تولید یک خروجی، مفید است؛ زیرا سیستم نه تنها با داده سازگار می‌شود، بلکه نیز به وسیله آن یاد می‌گیرد که چگونه از طریق تنوع گسترده‌ای از روش‌های یادگیری ماشین که امروزه شناخته شده‌اند، داده را یاد بگیرد، پردازش کند و استفاده کند.

الگوریتم‌های یادگیری گروهی، یکی از مهمترین راهکارهای بهبود عملکرد سیستم‌های مبتنی بر یادگیری ماشین می‌باشند. این الگوریتم‌ها با توجه به مفهوم یادگیری توسط گروه یا جمعیت، به سیستم‌ها امکان می‌دهند تا از تجربیات و دانش گسترده‌تری بهره‌مند شوند. در این الگوریتم‌ها، یک گروه از مدل‌های یادگیری ماشین به طور همزمان و همکاری با یکدیگر آموزش می‌بینند. این تعامل بین مدل‌ها، امکان به اشتراک‌گذاری اطلاعات و تجربیات را فراهم می‌کند که می‌تواند به بهبود دقت و کارایی سیستم منجر شود[1].

رویکرد گروهی به سیستم اجازه می‌دهد تا از زمینه‌های گسترده‌تری اطلاعات جذب کرده و در مقابل مسائل ناشناخته، بهبود یابد. علاوه بر آن، این الگوریتم‌ها می‌توانند در مواقعی که داده‌های محدودی در دسترس هستند، عملکرد بهتری نسبت به روش‌های تک مدل ارائه دهند. از این رو، الگوریتم‌های یادگیری گروهی به عنوان یک راهکار کلان و مؤثر در بهبود عملکرد سیستم‌های مبتنی بر یادگیری ماشین مورد توجه قرار گرفته‌اند.

* 1. مروری بر کارهای انجام شده

موقعیت یابی در مکان های سرپوشیده همواره با چالش های جدی چندمسیره شدن انتشار سیگنال، تضعیف سیگنال، حضور و یا عدم حضور افراد و اثرات تغییرات تدریجی محیط همراه بوده است که این چالش ها مانعی بر گسترش سیستم های مبتنی بر موقعیت شده است. لذا از سال میلادی1990 این موضوع به طور گسترده مورد تحقیق و توسعه پژوهش گران قرار گرفته است[2]. با رشد تکنولوژی و فناوری های ارتباطی بی سیم زمینه رشد در سیستم های موقعیت یابی نیز افزایش یافت. روش های مختلفی برای هر یک از این فناوری و متاسب با ویژگی های آن ارائه شده اند. روش های رایج تعیین محدوده مبتنی بر قدرت سیگنال دریافتی (RSS)، زمان ورود (ToA)، زمان ورود تفاضلی (TDoA)، زاویه رسیدن (AoA) و اطلاعات حالت کانال (CSI) پیشنهاد شده است مقالات مرتبط با این روش ها در [3] معرفی و بررسی شده اند.

در سال های اخیر، تکنیک های یادگیری ماشین در تعیین موقعیت مکان های سرپوشیده به کار رفته است و اثر بخشی این تکنیک ها در استخراج داده، یادگیری و بهبود دقت موقعیت یابی مشاهده شده است [4]. این رویکردها نسبت به روش های سنتی ریاضی برای مسائل غیرخطی پیچیده که با معادلات دست نویس بسیار دشوار هستند، بسیار مؤثر است. تکنیک های یادگیری ماشین همچنین توانسته است راه حلی برای مقیاس پذیری مدل در فضاهای داخلی بزرگ را فراهم کند. چراکه مدل های یادگیرنده به راحتی می تواند با مجموعه داده های جدید به روزرسانی شود [4]–[6].

برخلاف رویکردهای آماری، الگوریتم های یادگیری ماشین به سهولت قابل گسترش هستند تا عملکرد پایداری را در شرایط محیطی مختلف ارائه کنند. ارائه مدل برای شرایط مختلف محیطی با استفاده از روش های یادگیری گروهی امکان پذیر است. از این رو گرایش به سمت استفاده از الگوریتم های یادگیری گروهی افزایش یافته است. چرا که این روش ها می توانند اطلاعات شرایط مختلف را تجمیع کنند و اعلام موقعیت را با دقت بیشتر انجام دهند. قابلیت یادگیری آنلاین نیز از دیگر مزایای استفاده از روش های یادگیری گروهی است و امکان تطبیق گام به گام با تغییرات محیطی را نیز فراهم می کند. در صورتی که این فرایند با روش های سنتی بسیار دشوار است [7], [8].

* 1. بیان مسئله

در یک سیستم تعیین موقعیت داخلی، کارکرد ساده و هزینه پایین، از معیارهای اصلی سنجش عملکرد آن است. بنابراین با توجه به فراگیری فناوری های Wi-Fi و BLE استفاده از این فناوری ها برای کاهش هزینه کارامد است. در بین این دو فناوری نیز با توجه به پوشش سیگنال فناوری Wi-Fi (در حدود 50 الی 100 متر) نسبت به پوشش سیگنال فناوری BLE (در حدود 10 الی 20 متر) در فضای داخلی بزرگ، فناوری Wi-Fi مورد استقبال بیشتری قرار گرفته است. با توجه به ویژگی های سیگنال این دو فناوری، داده سطح توان سیگنال دریافتی (RSS) به دلیل سادگی در محاسبات و صرف هزینه پایین تر در پژوهش های گوناگون به کار رفته است. اما این ویژگی بسیار متأثر از شرایط محیطی است و با اندک تغییراتی در محیط قدرت سیگنال تغییر می کند. از این رو برای مواجهه با این موضوع ناگزیر به استفاده از تکنیک هایی هستیم که بتواند اثرات این تغییرات را کنترل کند.

بهره گیری از الگوریتم های یادگیری ماشین به واسطه پتانسیل مدل سازی غیرخطی در تعیین موقعیت کاربر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین مدلهای به دست آمده از این الگوریتم ها می توانند در مقابل چالش های موجود اعم از تداخلات محیطی، محوشدگی چند مسیره شدن و غیره مقاومت خوبی نشان دهند. مدل های پایه یادگیری ماشین برخلاف روش های سنتی تخمین موقعیت بهتری در شرایط مختلف محیطی دارند، اما همچنان با تغییرات این شرایط محیطی، نیازمند کالیبراسیون دوره ای هستند.

هدف این پایان نامه استفاده از زیرمجموعه ای از الگوریتم های یادگیری با عنوان الگوریتم های یادگیری گروهی است که بتواند با شرایط مختلف محیطی، بهترین کارکرد را داشته باشد. الگوریتم های یادگیری گروهی با بهره گیری از نظر جمعی از مدل ها می تواند تصمیم بهتری در تبیین موقعیت کاربر اعلام کند. این مدل ها لزوماً موظف به اعلام بهترین پاسخ را اعلام نیستند از این رو به آن ها یادگیرنده ضعیف[[2]](#footnote-3) می گویند. نظر جمعی این یادگیرنده های ضعیف، یک سیستم با پاسخ مطلوب را نتیجه می دهد.

گرچه استفاده از الگوریتم های یادگیری گروهی سیستم را به سمت پاسخ مطلوب تر سوق می دهد، اما باید درنظر داشت که استفاده از آن ها، هزینه سخت افزاری بالایی را به همراه خواهد داشت و می تواند در سرعت پاسخ سیستم تعیین موقعیت اثر منفی بگذارد. چرا که تعداد زیاد یادگیرنده های ضعیف در حافظه موقت واحد پردازش داده، فضای زیادی را اشغال می کند و همچنین تعیین موقعیت نهایی مستلزم اجرا و اعلام موقعیت هر یک از آن ها است که برای یک سیستم موقعیت یاب بلادرنگ مناسب نیست.

برای رویارویی با این مسئله، می بایست با تعیین ابرپارامترها[[3]](#footnote-4) و یا پیش پردازش داده ها به یک مدل بهینه با سرعت و دقت مناسب دست یافت که برای یک سیستم موقعیت یاب مطلوب باشد. بدین منظور، لازم است یک تابع هزینه معرفی شود تا محدودیت های دقت، زمان و سایر هزینه ها در آن منظور شود و مدل را به سمت مدل بهینه سوق دهد.

* 1. اهداف و دستاوردهای پژوهش

متن

* 1. مروری بر فصل‌های پایان‌نامه

متن

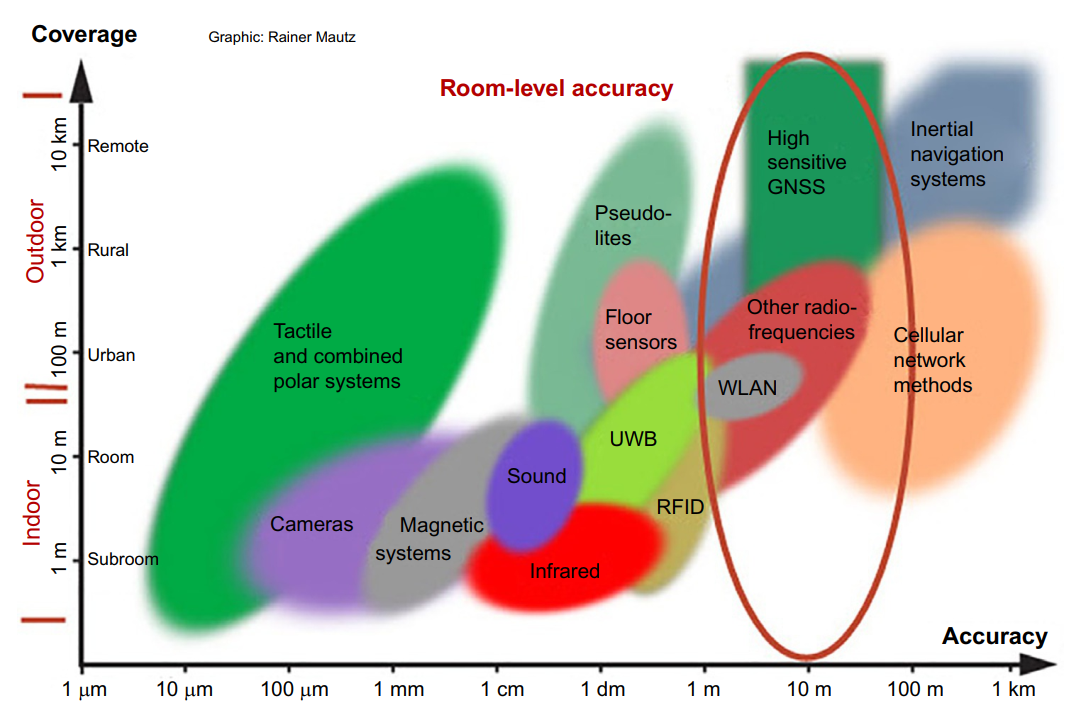
1. داده و الگوریتم‌های موقعیت‌یابی

* 1. مقدمه

هدف از این فصل آشنایی با تعاریف و مفاهیم موقعیت‌یابی و ارائه انواع داده‌های مورداستفاده در تعیین فاصله اشیا در مکان‌های سرپوشیده و توضیح الگوریتم‌هایی است که با استفاده از این دادگان محاسبه موقعیت را انجام می‌دهد است. استفاده از هرکدام از انواع دادگان بسته به کاربرد و تکنولوژی مورداستفاده می‌تواند مزایا و محدودیت‌هایی داشته باشد و بر اساس معیارهای ارزیابی انتخاب می‌گردد. همچنین الگوریتم‌های مختلفی برای تخمین فاصله بین شیء و مرجع و درنهایت محاسبه موقعیت شیء وجود دارد که در این فصل بیان می‌شود.

مختصات به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

مختصات به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:



محدوده دقت فناوری‌های موقعیت‌یابی برحسب استفاده در داخل یا خارج ساختمان [7]

موقعیت‌یابی مبتنی بر RSS با چالش‌هایی مواجه است که به طور قابل‌توجهی در دقت موقعیت‌یابی اثر گذارند.

بررسی فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم مبتنی بر RSS برای موقعیت‌یابی داخلی [8]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| فناوری‌ها | پارامترها | مزایا | معایب |
| Wi-Fi | RSS/AoA  TDoA/ToA  RTT/CSI | توان مصرفی متوسط (به طور متوسط 216.71 میلی‌وات).  بدون نیاز به سخت‌افزار اضافی.  نصب آسان.  پوشش مناطق بزرگ. | تحت‌تأثیر RSS متغیر با زمان.  دقت وابسته به نقاط دسترسی. |
| Bluetooth | RSS/ToA  TDoA  AoA/ToF | توان مصرفی پایین (به طور متوسط 0.367 میلی‌وات)  نصب آسان.  نرخ داده بالا نسبت ZigBee | نیازمند سخت‌افزار اضافی است.  تحت‌تأثیر RSS متغیر با زمان.  تداخل با باند فرکانسی مشابه.  دقت به دقت نقاط دسترسی وابسته است.  محدوده عملکرد پایین نسبت به ZigBee. |
| RFID | RSS/ToA  DoA/AoA  TDoA  PDoA | بدون تماس و NLoS ذاتی.  خوانش سریع و هم‌زمان چندین تگ.  تاب‌آوری در برابر تغییرات محیطی.  کاهش حساسیت در مورد جهت قرارگیری کاربر. | نیازمند سخت‌افزار اضافی است.  اثر چندمسیرگی و نوسان سیگنال.  افزایش خطا با افزایش تعداد تگ‌های هدف.  قابلیت‌های محدود تگ‌های غیرفعال |
| ZigBee | RSS/ToA  TDoA/AoA | توان مصرفی پایین (به طور متوسط 17.68 میلی‌وات).  عدم نیاز به پهنای باند وسیع.  تأخیر بالا. | نیازمند سخت‌افزار اضافی است.  تداخل و قدرت سیگنال‌ها.  ایجاد ارتباط با تلفن همراه هوشمند دشوار است. |
| UWB | AoA/ToA  TDoA  RSS/DoA | دقت بالا.  عدم تأثیر از تداخل.  اثرات زیستی کمتر بر بدن انسان.  مناسب برای شبکه‌های بدن‌محور و پوشیدنی. | برد کوتاه، هزینه بالا  چالش‌ها در NLoS.  نیازمند سخت‌افزار اضافی است. |
| Cellular | ToA/CSI  TDoA/RSS  RSRP/RSRQ | دور برد.  دقت خوب.  بدون هزینه اضافی. | نیازمند همگام‌سازی ایستگاه‌های پایه. |
| ترکیب فناوری‌ها | RSS/TDoA  RSRQ/RSRP  PDoA/ToA  AoA/DoA | بهبود عملکرد.  غلبه بر محدودیت‌ها.  بهتر نسبت به راه‌حل الگوریتم خالص.  کاهش پیچیدگی سیستم. | اطلاعات کافی با تنها یک شبکه وجود ندارد. |

1. جمع‌بندی
   1. مقدمه

متن

مراجع

مراجع

[1] R. Uttarwar and J. Valent\’\in, “Indoor Positioning and Machine Learning Algorithms,” 2021.

[2] Z. Li, K. Xu, H. Wang, Y. Zhao, X. Wang, and M. Shen, “Machine-learning-based positioning: A survey and future directions,” *IEEE Netw*, vol. 33, no. 3, pp. 96–101, 2019.

[3] T. K. Geok *et al.*, “Review of indoor positioning: Radio wave technology,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 1. 2021. doi: 10.3390/app11010279.

[4] H. Zou, B. Huang, X. Lu, H. Jiang, and L. Xie, “A Robust Indoor Positioning System Based on the Procrustes Analysis and Weighted Extreme Learning Machine,” *IEEE Trans Wirel Commun*, vol. 15, no. 2, 2016, doi: 10.1109/TWC.2015.2487963.

[5] K. S. Kim, S. Lee, and K. Huang, “A scalable deep neural network architecture for multi-building and multi-floor indoor localization based on Wi-Fi fingerprinting,” *Big Data Anal*, vol. 3, no. 1, 2018, doi: 10.1186/s41044-018-0031-2.

[6] M. Abbas, M. Elhamshary, H. Rizk, M. Torki, and M. Youssef, “WiDeep: WiFi-based accurate and robust indoor localization system using deep learning,” in *2019 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom 2019*, 2019. doi: 10.1109/PERCOM.2019.8767421.

[7] M. Cooper, J. Biehl, G. Filby, and S. Kratz, “LoCo: boosting for indoor location classification combining Wi-Fi and BLE,” *Pers Ubiquitous Comput*, vol. 20, no. 1, 2016, doi: 10.1007/s00779-015-0899-z.

[8] P. Menéndez, C. Campomanes, K. Trawiński, and J. M. Alonso, “Topology-based indoor localization by means of WiFi fingerprinting with a computational intelligent classifier,” in *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, ISDA*, 2011. doi: 10.1109/ISDA.2011.6121792.

Abstract:

Abstract …

Keywords:



Iran University of Science and Technology

School of Electrical Engineering

Improving the accuracy of RSS-based positioning systems using ensemble learning algorithms

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Science in Control

By:

Hamid Arabsorkhi

Supervisor:

Dr. Saeed Ebadollahi

Advisor:

Dr. -------------

June 2024

1. Multipath Propagation [↑](#footnote-ref-2)
2. Weak Learner [↑](#footnote-ref-3)
3. Hyperparameters [↑](#footnote-ref-4)