

۱ دانشجوی، استادان راهنما و مشاور

۱-۱) دانشجوی

نام و نام خانوادگی	شماره دانشجویی	رشته و گرایش	دانشکده
زهرا سیروس	۴۰۰۷۲۳۱۱۲	مهندسی برق - مخابرات سیستم	مهندسی سیستم‌های هوشمند و علوم داده

۲-۱) استادان راهنما و مشاور

نقش	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	تخصص	دانشگاه خدمت
استاد راهنما ۱	احمد کشاورز	دانشیار	مخابرات	دانشگاه خلیج فارس
استاد مشاور ۱	سرجیو ایوان لویز	استاد	مهندسی الکترونیک	IPVC (Instituto Politécnico de Viana do Castelo)
استاد مشاور ۲	آذین مراد بیکی	دکتری	معماری سیستم‌های کامپیوتری	CiTin (Centro de Interface Tecnológico Industrial)

۳-۱) امضا و تاریخ

استاد راهنما	استادان مشاور	دانشجو
تاریخ	تاریخ	تاریخ

۲ کلیات پژوهش

۱-۲) عنوان به فارسی

به‌روزرسانی پویای نقشه اثر انگشت توان سیگنال دریافتی برای بهبود دقت مکان‌یابی LoRaWAN با استفاده از گره‌های مرجع

۲-۲) عنوان به انگلیسی

Updating RSSI fingerprint map dynamically for enhancing LoRaWAN localization accuracy using reference nodes

۳-۲) واژگان کلیدی به فارسی

مکان‌یابی، شبکه گسترده برد بلند، نقشه اثر انگشت، توان سیگنال دریافتی، گره مرجع، افت مسیر

۴-۲) واژگان کلیدی به انگلیسی

Localization, LoRaWAN, Fingerprint map, RSSI, Reference node, Path Loss

۵-۲) نوع پژوهش

☐ توسعه‌ای

☒ کاربردی

☐ بنیادی

اینترنت اشیا را می توان به عنوان یک شبکه از دستگاه های فیزیکی مختلف متصل به هم معرفی نمود. تمرکز اصلی این مجموعه بر روی برقراری ارتباط و انتقال اطلاعات بین دستگاه های متصل از طریق اینترنت، با کمترین نیاز به دخالت انسان است [۱]. در محیط های صنعتی و کاربردهای مرتبط با اینترنت اشیا، اهمیت مکان یابی دقیق اشیا و دستگاه ها بسیار مشهود است. به عبارت دیگر، اطلاعاتی که بدون دریافت موقعیت مکانی از حسگرهای ارسال کننده ی آن ها به دست می آید، فاقد ارزش و بهره وری خواهند بود. مرسوم ترین روش مکان یابی، سیستم موقعیت یاب جهانی<sup>۱</sup> می باشد [۲]. توان مصرفی و هزینه پیاده سازی بالای این روش منجر به معرفی روش های دیگر برای مکان یابی شده است [۳]. از روش های جایگزین دیگر قابل استفاده برای مکان یابی در محیط های صنعتی می توان به روش های مبتنی بر ویژگی های سیگنال<sup>۲</sup> (روش های مبتنی بر زمان، روش های مبتنی بر اطلاعات وضعیت کانال<sup>۳</sup> [۴]، روش های مبتنی بر زاویه و روش های مبتنی بر توان سیگنال دریافتی) اشاره کرد. مقیاس پذیری<sup>۴</sup> روش های مبتنی بر ویژگی های سیگنال، می تواند مکان یابی با کارایی بهتری را ارائه کند. برای پیاده سازی این روش ها، نیاز است تا شبکه ارتباطی مناسبی برای برقراری ارتباط انتخاب گردد. شبکه های ارتباطی موجود را می توان در سه دسته بندی پروتکل های برد کوتاه<sup>۵</sup> (بلوتوث<sup>۶</sup>، استاندارد جهانی ارتباطات منطقه ای<sup>۷</sup> و سیستم فایل شبکه<sup>۸</sup>)، پروتکل های برد متوسط<sup>۹</sup> (وای فای<sup>۱۰</sup> و زی-ویو<sup>۱۱</sup>) و پروتکل های برد بلند<sup>۱۲</sup> (شبکه های گسترده کم توان<sup>۱۳</sup> و شبکه های سلولار<sup>۱۴</sup>) تقسیم بندی کرد [۵-۶]. شبکه ارتباطی مورد استفاده در اینترنت اشیا باید دارای ویژگی هایی از جمله پوشش برد طولانی، هزینه پیاده سازی پایین و مصرف انرژی کم باشد [۷]. از بین شبکه های ذکر شده، شبکه های گسترده کم توان نیازهای مورد نظر را برآورده می نمایند [۷-۹]. در میان تکنولوژی های شبکه های گسترده کم توان (اینترنت اشیا باند باریک<sup>۱۵</sup>، شبکه های گسترده برد بلند<sup>۱۶</sup> و Sigfox)، تکنولوژی شبکه های گسترده برد بلند با ویژگی هایی از قبیل برد طولانی (تا ۵ کیلومتر در مناطق شهری و تا ۱۵ کیلومتر در مناطق روستایی و دید مستقیم<sup>۱۷</sup>)، پیاده سازی آسان، عمر باتری طولانی (در حدود ۱۰ سال) و کاهش تاخیر، کارایی بهتری در مکان یابی محیط های صنعتی دارد [۱۰]. برای انجام مکان یابی با روش های مبتنی بر ویژگی های سیگنال لازم است تا روش مناسب با محیط، انتخاب گردد. مکان یابی مبتنی بر زمان (زمان رسیدن<sup>۱۸</sup> و اختلاف زمان رسیدن<sup>۱۹</sup>) مستلزم داشتن زمان مخابره سیگنال با دقت میکروثانیه و هم زمان سازی<sup>۲۰</sup> ایستگاه های پایه<sup>۲۱</sup> می باشد [۱۱]. مکان یابی مبتنی بر اطلاعات وضعیت کانال با وجود دقت بالا و کاهش تأثیر انتشار چند مسیری، نیاز به تنظیم دقیق و تجهیزات مرتبط می باشد. مکان یابی مبتنی بر زاویه نیز با وجود دقت بالا، نیازمند آنتن های اضافه می باشد [۱۲]. در مکان یابی مبتنی بر توان سیگنال دریافتی<sup>۲۲</sup> (مجاورت<sup>۲۳</sup>، مدل افت مسیر<sup>۲۴</sup> و الگوریتم اثر انگشت<sup>۲۵</sup>) در صورتیکه سیگنال گره پایانی در محدوده تحت پوشش دروازه ها قرار گیرد، قابل مکان یابی می باشد [۸]. با توجه به مزایایی همچون سهولت پیاده سازی، قابل دسترس بودن، عدم حساسیت به نویز و کم هزینه بودن، روش های

<sup>1</sup> Global Positioning System (GPS)<sup>2</sup> Signal feature based<sup>3</sup> Channel State Information (CSI)<sup>4</sup> Scalability<sup>5</sup> Short-range protocols<sup>6</sup> Bluetooth<sup>7</sup> Zonal Intercommunication Global-standard (ZigBee)<sup>8</sup> Network File System (NFS)<sup>9</sup> Medium range protocols<sup>10</sup> Wireless Fidelity (WiFi)<sup>11</sup> Z-Wave<sup>12</sup> Long range protocols<sup>13</sup> Low Power Wide Area Networks (LPWANs)<sup>14</sup> Cellular<sup>15</sup> Narrow Band IoT (NB-IoT)<sup>16</sup> Long Range Wide Area Networks (LoRa-WANs)<sup>17</sup> Line of Sight (LoS)<sup>18</sup> Time of Arrival (ToA)<sup>19</sup> Time Difference of Arrival (TDoA)<sup>20</sup> Synchronization<sup>21</sup> Base Stations<sup>22</sup> Received Signal Strength (RSS)<sup>23</sup> Proximity<sup>24</sup> Path-Loss Model<sup>25</sup> Fingerprint

مبتنی بر توان سیگنال دریافتی می‌توانند به عنوان روش مناسبی برای مکان‌یابی در نظر گرفته شوند. در میان الگوریتم‌های مکان‌یابی مبتنی بر توان سیگنال دریافتی، الگوریتم اثر انگشت به علت میانگین دقت بالا به عنوان یک روش مناسب برای تعیین موقعیت نهایی گره‌های انتهایی<sup>۱</sup> مورد توجه قرار گرفته است [۱۳]. این الگوریتم در دو مرحله پیاده‌سازی می‌گردد. ابتدا برای محیط در نظر گرفته شده یک نقشه رادیویی برون‌خطی<sup>۲</sup> بر اساس توان سیگنال دریافتی گره‌های پایانی موجود تهیه گشته؛ سپس توان سیگنال دریافتی جدید به صورت برخط<sup>۳</sup> با نقشه تهیه شده برای پیدا کردن منطق‌ترین نقطه مقایسه خواهد شد [۱۴]. شرایط آب‌وهوایی، رطوبت و به‌ویژه پویایی محیط‌های صنعتی موجب تغییرات شدید در میزان توان سیگنال دریافتی می‌شوند؛ بنابراین نقشه اثر انگشت توان سیگنال دریافتی نیازمند به‌روزرسانی مداوم جهت مکان‌یابی دقیق می‌باشد.

### ۳-۱-۲) مساله پژوهش

همان‌طور که اشاره شد؛ شرایط آب‌وهوایی، رطوبت و به‌ویژه پویایی محیط‌های صنعتی موجب تغییرات شدید در میزان توان سیگنال دریافتی می‌شود. به همین دلیل برای مکان‌یابی در محیط‌های صنعتی، نقشه اثر انگشت توان سیگنال دریافتی نیازمند به‌روزرسانی به صورت دوره‌ای می‌باشد. ایده ارائه شده در این پژوهش، استفاده از چند گره مرجع برای به‌روزرسانی پویای نقشه اثر انگشت می‌باشد. با محاسبه مشخصه افت مسیر هر گره مرجع می‌توان میزان تغییرات توان سیگنال دریافتی را به‌دست آورد. همچنین با استفاده از گره‌های مرجع نیاز به جمع‌آوری داده‌ها از تمام نقاط محیط صنعتی کاهش می‌یابد، که این موضوع هزینه و زمان مورد نیاز برای به‌روزرسانی نقشه‌ها را کاهش می‌دهد. هدف این رویکرد رفع چالش‌هایی مانند پیچیدگی و زمان‌بر بودن روند جمع‌آوری اطلاعات در محیط‌های صنعتی و تغییرات ناگهانی در ساختار این محیط‌ها حین روند جمع‌آوری اطلاعات است.

### ۳-۱-۳) اهمیت و ضرورت پژوهش

امروزه مکان‌یابی محیط‌های صنعتی با انرژی مصرفی بهینه، هزینه پیاده‌سازی کم و بهره‌وری بالا به یک مسئله مهم و قابل‌توجه تبدیل شده است. شرایط موجود در محیط‌های صنعتی، از جمله تداخل و تضعیف شدید سیگنال، مکان‌یابی را با چالش‌های زیادی مواجه می‌سازند [۱۵]. با توجه به موارد ذکر شده، روش‌های مکان‌یابی در محیط‌های غیرصنعتی قابل استفاده در محیط‌های صنعتی نمی‌باشند. از میان روش‌های ارائه شده جهت مکان‌یابی محیط‌های صنعتی، الگوریتم مبتنی بر اثر انگشت توان سیگنال دریافتی با استفاده از تکنولوژی شبکه‌های گسترده برد بلند به علت میانگین دقت بالا موردتوجه زیادی قرار گرفته است.

### ۳-۲) پیشینه پژوهش

محیط‌های صنعتی شامل تعداد زیادی حسگر و محرک می‌باشند. شبکه گسترده برد بلند یک شبکه مؤثر برای نظارت، کنترل و مکان‌یابی در محیط‌های شهری و صنعتی [۱۶] فراهم می‌کند. تاکنون پژوهشگران مجموعه داده‌های اثر انگشت توان سیگنال دریافتی متعددی را جهت مکان‌یابی در محیط‌های شهری تهیه و در اختیار عموم قرار داده‌اند. پژوهشگران در مقاله [۱۷]، با به‌کارگیری روش نزدیک‌ترین همسایگی<sup>۴</sup> بر روی مجموعه داده محیط شهری آنتورپ (واقع در بلژیک) به متوسط خطای مکان‌یابی ۳۹۸ متر دست یافته‌اند. در مقاله [۱۸]، پژوهشگران از ۳ روش دیگر برای مکان‌یابی بر روی همین مجموعه داده استفاده کرده‌اند. از میان روش‌های ارائه شده (نزدیک‌ترین همسایگی، درختان بسیار تصادفی<sup>۵</sup> و شبکه عصبی چند لایه<sup>۶</sup>)، روش شبکه عصبی چند لایه خطای مکان‌یابی را ۴۱ متر بهبود داده و به خطای مکان‌یابی ۳۵۷ متر دست یافته‌است. هرچند در رویکردهایی با نیاز به مکان‌یابی با دقت بالا، روش‌های بیان شده مستلزم تغییرات با هدف بهبود دقت مکان‌یابی می‌باشند.

<sup>۱</sup> End nodes

<sup>۲</sup> Offline

<sup>۳</sup> Online

4 K-Nearest Neighbors (KNN)

5 Extremely randomized trees

6 Multilayer Perceptron (MLP)

نویسندگان مقاله [۱۹]، باهدف ارزیابی دقت و قابلیت استفاده از الگوریتم اثر انگشت توان سیگنال دریافتی در مقایسه با روش‌های دیگر (مجاورت و اختلاف زمان رسیدن سیگنال) برای یک محیط بیرونی با ابعاد ۳۴۰ متر در ۳۴۰ متر مکان‌یابی انجام داده‌اند. باوجود محدودیت‌هایی مانند لزوم به‌روزرسانی دوره‌ای نقشه اثر انگشت و نیاز به اصلاح سخت‌افزارهای موجود، نتایج به‌دست آمده نمایشگر متوسط خطای مکان‌یابی ۲۴/۱ متر در این مقاله می‌باشد. پژوهشگران در مقاله [۲۰]، با اشاره به برد طولانی‌تر و پوشش بهتر الگوریتم نقشه اثر انگشت توان سیگنال دریافتی در مقایسه با سایر فناوری‌ها مانند سیستم‌های کم‌انرژی بلوتوث<sup>۱</sup>، این روش را رویکرد مناسبی برای مکان‌یابی دانسته‌اند. با استفاده از این الگوریتم در محیط‌های داخلی و بیرونی، مکان‌یابی کرده و قابلیت استفاده الگوریتم‌های یادگیری ماشین از توان سیگنال دریافتی برای پیش‌بینی اشیاء موجود در محیط را بیان کرده‌اند. مکان‌یابی بر اساس شبکه گسترده برد بلند در بخش‌های مختلفی از صنایع از جمله، بنادر، کارخانه‌ها و مزرعه‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پژوهشگران در مقاله [۲۱]، محیط بندر بوشهر را با هدف بررسی تاثیر پویایی محیط بر مکان‌یابی مبتنی بر توان سیگنال دریافتی با استفاده از شبکه گسترده برد بلند مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مقاله مجموعه داده جمع‌آوری شده، با روش‌های افت مسیر توان سیگنال دریافتی و الگوریتم اثر انگشت توان سیگنال دریافتی استفاده شده است. باتوجه به لزوم به‌روز بودن نقشه اثر انگشت، خطای مکان‌یابی این الگوریتم برای این محیط قابل قبول نمی‌باشد. همچنین با در نظر گرفتن اثر پویایی محیط بر توان سیگنال دریافتی، روش افت مسیر توان سیگنال دریافتی نیز نتیجه قابل قبولی نداشته است. پژوهشگران در مقاله [۲۲]، قسمت‌های مختلف یک بندر را به‌عنوان یک محیط صنعتی بررسی کرده‌اند. با در نظر گرفتن نتایج گزارش شده؛ با وجود اثر سازه‌های فلزی موجود در بندر بر توان سیگنال دریافتی و تداخل دستگاه‌های دیگر، با انتخاب پارامترهای شبکه گسترده برد بلند مناسب (مقدار عامل انتشار<sup>۲</sup>، تعداد گره‌های موجود، نرخ به‌روزرسانی<sup>۳</sup> و منطقه تحت پوشش) می‌توان از این فناوری برای مکان‌یابی در بنادر استفاده کرد. از دیگر قابلیت‌های شبکه گسترده برد بلند می‌توان به فراهم‌سازی ارتباطات دریایی اشاره کرد. پژوهشگران با به‌کارگیری این قابلیت در مقاله [۲۳]، محیط بندر ویگو (واقع در اسپانیا) را به‌عنوان محیط آزمایشی برای بررسی اثرات ساختمان‌ها و ماشین‌آلات سنگین موجود بر روی عملکرد فناوری لورا<sup>۴</sup> در این محیط جهت ایجاد ارتباط میان کشتی‌ها و خشکی در نظر گرفته‌اند. نتایج گزارش شده در مقاله نشان‌دهنده پوشش وسیع این فناوری (تا ۴ کیلومتر) برای نظارت بر فعالیت‌های داخل بندر یا عملیاتی مانند مکان‌یابی شناورهای محدوده ساحل می‌باشد. به‌روزرسانی نقشه اثر انگشت و پویایی محیط را می‌توان به‌عنوان دو عامل مؤثر بر دقت مکان‌یابی مبتنی بر اثر انگشت توان سیگنال دریافتی در محیط‌های صنعتی دانست.

### ۳-۳) هدف از اجرای پژوهش و کاربردهای یافته‌ها

هدف اصلی این پژوهش ارائه الگوریتمی برای مکان‌یابی با دقت مناسب در محیط‌های صنعتی و شلوغ با استفاده از نقشه اثر انگشت توان سیگنال دریافتی می‌باشد.

### ۳-۴) روش انجام پژوهش

پیشرفت در محیط‌های صنعتی و حرکت به سمت دستگاه‌های خودمختار موجب اهمیت روزافزون مکان‌یابی در محیط‌های صنعتی شده است. پویایی شدید، وجود صنایع فلزی سنگین، جابه‌جایی مداوم کانتینرها و شرایط اقلیمی گوناگون موجود (دریا و مناطق شهری) در محیط‌های صنعتی مانند بنادر، مکان‌یابی را چالش‌برانگیز می‌کنند. محیط صنعتی در نظر گرفته شده در این پژوهش، اداره بندر بوشهر با ابعاد ۱۲۰۰ متر در ۸۰۰ متر می‌باشد. دستگاه‌های مورد استفاده شامل سه دروازه لورا (واقع در جزیره نگین، پشت‌بام ساختمان سینا و ساختمان مرکزی)، سه گره مرجع و یک گره انتهایی متحرک در محیط اداره بندر

<sup>۱</sup> Bluetooth Low Energy (BLE)

<sup>۲</sup> Spread Factor (SF)

<sup>۳</sup> Update rate

<sup>۴</sup> LoRa

می باشند (شکل ۱). گره انتهایی با حرکت در محیط، هر ۱۰ ثانیه یک بسته را در محیط همه پخش<sup>۱</sup> می کند. این بسته توسط دروازه ها دریافت شده و پس از اضافه کردن داده های تکمیلی از جمله توان سیگنال دریافتی و نسبت سیگنال به نویز<sup>۲</sup>، به سرورهای لورا انتقال داده می شوند. پس از جمع آوری داده های گره انتهایی، با استفاده از برنامه متلب<sup>۳</sup> نقشه اولیه اثر انگشت توان سیگنال دریافتی تهیه می گردد.



شکل ۱ محیط بندر بوشهر

### ۳-۵) پرسش ها یا فرضیه های پژوهش

این پژوهش در پی پاسخگویی به پرسش های زیر است:

- چگونه می توان با کمک تکنولوژی شبکه های گسترده برد بلند، مکان یابی در محیط های صنعتی را بهبود بخشید؟
- چگونه می توان با وجود محدودیت های نقشه اثر انگشت توان سیگنال دریافتی، با کمک گره های مرجع دقت مکان یابی را بهبود داد؟

### ۳-۶) گام های اجرای پژوهش

مراحل اجرایی پژوهش را می توان در سه مرحله در نظر گرفت:

- مرحله ۱. مطالعه و بررسی مقالات با محوریت مکان یابی در محیط های صنعتی و تکنولوژی های مورد استفاده در مکان یابی.
- مرحله ۲. انتخاب محیط صنعتی مناسب جهت جمع آوری داده های مورد نیاز.
- مرحله ۳. انجام محاسبات لازم و شبیه سازی برای ایجاد نقشه اثر انگشت توان سیگنال دریافتی و به روز رسانی آن توسط برنامه متلب.

<sup>۱</sup> Broadcasting

<sup>۲</sup> Signal to Noise Ratio (SNR)

<sup>۳</sup> MATLAB



## ۳-۷) دستاوردهای مورد انتظار پژوهش

با دستیابی به نتایج مورد انتظار، این پژوهش قابلیت ارائه به دو صورت مقاله کنفرانسی و مقاله ژورنالی را دارا است.

## ۴ منابع

- [1] M. E. Yuksel and H. Fidan, "Energy-aware system design for batteryless LPWAN devices in IoT applications," *Ad Hoc Networks*, vol. 122, p. 102625, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2021.102625>.
- [2] S. Lee, H.-W. Seok, K. Lee, and H. P. In, "B-GPS: Blockchain-Based Global Positioning System for Improved Data Integrity and Reliability," *ISPRS Int J Geoinf*, vol. 11, no. 3, 2022, doi: 10.3390/ijgi11030186.
- [3] T. Janssen, A. Koppert, R. Berkvens, and M. Weyn, "A Survey on IoT Positioning Leveraging LPWAN, GNSS, and LEO-PNT," *IEEE Internet Things J*, vol. 10, no. 13, pp. 11135–11159, 2023, doi: 10.1109/JIOT.2023.3243207.
- [4] Y. Long, L. Xie, M. Zhou, and Y. Wang, "Indoor CSI fingerprint localization based on tensor decomposition," in *2020 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC)*, 2020, pp. 1190–1195. doi: 10.1109/ICCC49849.2020.9238960.
- [5] S. Elhadi, A. Marzak, and N. Sael, "IoT Short-range Network protocols: Analytical study and operating models," *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, vol. 7, no. 25, p. 168717, Apr. 2021, doi: 10.4108/eai.16-2-2021.168717.
- [6] A. Moradbeikie, A. Keshavarz, H. Rostami, S. Paiva, and S. I. Lopes, "GNSS-Free Outdoor Localization Techniques for Resource-Constrained IoT Architectures: A Literature Review," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 22, 2021, doi: 10.3390/app112210793.
- [7] K. Mekki, E. Bajic, F. Chaxel, and F. Meyer, "A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment," *ICT Express*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ict.2017.12.005>.
- [8] W. Choi, Y.-S. Chang, Y. Jung, and J. Song, "Low-Power LoRa Signal-Based Outdoor Positioning Using Fingerprint Algorithm," *ISPRS Int J Geoinf*, vol. 7, no. 11, 2018, doi: 10.3390/ijgi7110440.
- [9] M. Centenaro, L. Vangelista, A. Zanella, and M. Zorzi, "Long-Range Communications in Unlicensed Bands: the Rising Stars in the IoT and Smart City Scenarios," *IEEE Wirel Commun*, vol. 23, Oct. 2015, doi: 10.1109/MWC.2016.7721743.
- [10] N. Torres, P. Pinto, and S. Lopes, "Security Vulnerabilities in LPWANs—An Attack Vector Analysis for the IoT Ecosystem," *Applied Sciences*, vol. 11, p. 3176, Aug. 2021, doi: 10.3390/app11073176.
- [11] C. Laoudias, A. Moreira, S. Kim, S. Lee, L. Wirola, and C. Fischione, "A Survey of Enabling Technologies for Network Localization, Tracking, and Navigation," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 20, no. 4, pp. 3607–3644, 2018, doi: 10.1109/COMST.2018.2855063.
- [12] R. Delloso, A. Fajardo, and R. Medina, "Modified fingerprinting localization technique of indoor positioning system based on coordinates," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 15, p. 1345, Aug. 2019, doi: 10.11591/ijeecs.v15.i3.pp1345-1355.
- [13] Q. D. Vo and P. De, "A Survey of Fingerprint-Based Outdoor Localization," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 18, no. 1, pp. 491–506, 2016, doi: 10.1109/COMST.2015.2448632.
- [14] D. Csik, Á. Odry, and P. Sarcevic, "Comparison of RSSI-Based Fingerprinting Methods for Indoor Localization," in *2022 IEEE 20th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, 2022, pp. 273–278. doi: 10.1109/SISY56759.2022.10036270.
- [15] D. Magrin, M. Capuzzo, A. Zanella, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Performance Analysis of LoRaWAN in Industrial Scenarios," *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 17, no. 9, pp. 6241–6250, 2021, doi: 10.1109/TII.2020.3044942.
- [16] D. Magrin, M. Capuzzo, A. Zanella, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Performance Analysis of LoRaWAN in Industrial Scenarios," *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 17, no. 9, pp. 6241–6250, 2021, doi: 10.1109/TII.2020.3044942.
- [17] M. Aernouts, R. Berkvens, K. Van Vlaenderen, and M. Weyn, "Sigfox and LoRaWAN Datasets for Fingerprint Localization in Large Urban and Rural Areas," *Data (Basel)*, vol. 3, no. 2, 2018, doi: 10.3390/data3020013.

- [18] G. G. Anagnostopoulos and A. Kalousis, "A Reproducible Comparison of RSSI Fingerprinting Localization Methods Using LoRaWAN," in *2019 16th Workshop on Positioning, Navigation and Communications (WPNC)*, 2019, pp. 1–6. doi: 10.1109/WPNC47567.2019.8970177.
- [19] W. Choi, Y.-S. Chang, Y. Jung, and J. Song, "Low-Power LoRa Signal-Based Outdoor Positioning Using Fingerprint Algorithm," *ISPRS Int J Geoinf*, vol. 7, no. 11, 2018, doi: 10.3390/ijgi7110440.
- [20] M. Anjum, M. A. Khan, S. Ali Hassan, A. Mahmood, and M. Gidlund, "Analysis of RSSI Fingerprinting in LoRa Networks," in *2019 15th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)*, 2019, pp. 1178–1183. doi: 10.1109/IWCMC.2019.8766468.
- [21] A. Moradbeikie, A. Keshavarz, H. Rostami, S. Paiva, and S.I. Lopes, "Improving LoRaWAN RSSI based Localization in Harsh Environments: A Harbor Use Case," in *Information Systems and Technologies, 2023*, 2023.
- [22] I. Priyanta, F. Golatowski, T. Schulz, and D. Timmermann, "Evaluation of LoRa Technology for Vehicle and Asset Tracking in Smart Harbors," Aug. 2019, pp. 4221–4228. doi: 10.1109/IECON.2019.8927566.
- [23] R. Sanchez-Iborra, I. G. Liaño, C. Simoes, E. Couñago, and A. F. Skarmeta, "Tracking and Monitoring System Based on LoRa Technology for Lightweight Boats," *Electronics (Basel)*, vol. 8, no. 1, 2019, doi: 10.3390/electronics8010015.

## ۵ گردش کار تصویب پیشنهاد پایان نامه

موضوع پایان نامه خانم زهرا سیروس با عنوان

عنوان پایان

در نشست روز / / ۱۴۰۲ گروه بررسی و تصویب شد / نشد □.

دکتر حیدر کشاورز، مدیر گروه امضاء و تاریخ

پژوهش پایان نامه یاد شده، در نشست روز / / ۱۴۰۲ شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی سیستم‌های هوشمند و علوم داده بررسی گردید و تصویب شد □ / نشد □.

دکتر سعید کریمی، رئیس دانشکده امضاء و تاریخ

موضوع پایان نامه با شماره در تاریخ / / ۱۴۰۲ در دفتر تحصیلات تکمیلی دانشکده ثبت گردید. این پیشنهاد باید در سامانه ایرانداک (irandoc.ac.ir) نیز ثبت گردد.

، کارشناس تحصیلات تکمیلی دانشگاه امضاء و تاریخ