

دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

دانشکده فنی مهندسی

**پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد**

**رشته: مهندسی کامپیوتر (معماری سیستم­های کامپیوتری)**

**عنوان:**

**بهبود مسیریابی آگاه از ازدحام براساس مدیریت ترافیک در شبکه­های حسگر بی سیم**

**شهریور 96**

فهرست مطالب

**فصل اول: کلیات تحقیق ...................................................................................2**

[1-1 مقدمه 3](#_Toc494556534)

[1-2 بیان مسئله 3](#_Toc494556535)

[1-3 اهمیت و ضرورت تحقیق 6](#_Toc494556536)

[1-4 فرضیه­های تحقیق 7](#_Toc494556537)

[1-5 اهداف تحقیق 7](#_Toc494556538)

[1-6 جنبه­ی نوآوری تحقیق 8](#_Toc494556539)

[1-7 ساختار پایان نامه 8](#_Toc494556540)

 [فصل دوم: مروری بر مبانی و پیشینه تحقیق 9](#_Toc494556541)

[1-1 مقدمه 10](#_Toc494556542)

[2-1 معرفي شبكه­هاي حسگر بي­سيم 10](#_Toc494556543)

[2-2 چالش­هاي شبكه­هاي حسگر بي­سيم 13](#_Toc494556544)

[2-3 ازدحام در شبکه­های حسگر بی­سیم 14](#_Toc494556545)

[2-3-1 انواع ازدحام در شبکه­های حسگر بی­سیم 16](#_Toc494556546)

[2-4 بررسی تعدادی از کارهای انجام شده 17](#_Toc494556547)

[2-4-1 محبوبیت اجتناب از ازدحام آگاه 18](#_Toc494556548)

[2-4-2 اجتناب از ازدحام براساس مدیریت بافر سبک وزن در شبکه های حسگر 19](#_Toc494556549)

[2-4-3 اجتناب از ازدحام و زمان تلف شده در شبکه حسگرهای بی­سیم 20](#_Toc494556550)

[2-4-4 اجتناب از ازدحام و و رخدادهای نمایان در شبکه حسگرهای بدون سیم 21](#_Toc494556551)

[2-4-5 مسیریابی مسیرهای چندگانه-مکانیزم کنترل اجتناب از ازدحام 22](#_Toc494556552)

[2-4-6 اجتناب از ازدحام و انرژی کارآمد 24](#_Toc494556553)

[2-4-7 طرح انتخاب مسیر جایگزین پویا 25](#_Toc494556554)

[2-4-8 اجتناب از ازدحام با مسیر چندگانه مبتنی بر گرید 27](#_Toc494556555)

[2-4-9 کنترل ازدحام با الهام از رفتار دسته­جمعی پرندگان 29](#_Toc494556556)

[2-4-10 کنترل ازدحام به وسیله درخت سلسله­مراتبی 30](#_Toc494556557)

[2-4-11 کنترل ازدحام به کمک الگوریتم ژنتیک برای گره­های متحرک 31](#_Toc494556558)

[2-4-12 کنترل ازدحام با استفاده از خوشه­بندی و تعیین اولویت 33](#_Toc494556559)

[2-5 جمع­بندی کارهای پیشین 35](#_Toc494556560)

 [فصل سوم: معرفی روش پیشنهادی 36](#_Toc494556561)

[3-1 مقدمه 37](#_Toc494556562)

[3-2 طرح کلی روش پیشنهادی 37](#_Toc494556563)

[3-2-1 مدل شبکه 38](#_Toc494556564)

[3-2-2 مدل گره­های حسگر 39](#_Toc494556565)

[3-3 مراحل روش پیشنهادی 40](#_Toc494556566)

[3-3-1 مدلسازی پارامترها برای تشخیص ازدحام 42](#_Toc494556567)

[3-3-2 تشخیص ازدحام 44](#_Toc494556568)

[3-3-3 اعلام ازدحام 45](#_Toc494556569)

[3-3-4 ارائه­ی یک مثال برای تشخیص ازدحام و مسیرجایگزین 51](#_Toc494556570)

 [فصل چهارم: پیادهسازی و ارزیابی روش پیشنهادی 54](#_Toc494556571)

[4-1 مقدمه 55](#_Toc494556572)

[4-2 شبیه­سازی روش پیشنهادی 55](#_Toc494556573)

[4-2-1 مدل مصرف انرژي 57](#_Toc494556574)

[4-2-2 تعيين مقدار پارامترها 58](#_Toc494556575)

[4-2-3 نتایج شبیه­سازی NS2 59](#_Toc494556576)

[4-3 ارزیابی نتایج 60](#_Toc494556577)

[4-3-1 نرخ ارسال بسته­ها 61](#_Toc494556578)

[4-3-2 تأخیر انتها به انتها 64](#_Toc494556579)

[4-3-3 توان عملیاتی 67](#_Toc494556580)

[4-3-4 مصرف انرژی 69](#_Toc494556581)

 [فصل پنجم: نتیجه­گیری و پیشنهادات آینده 72](#_Toc494556582)

[5-1 مقدمه 73](#_Toc494556583)

[5-2 نتیجه­گیری 74](#_Toc494556584)

[5-3 پیشنهادات آینده 75](#_Toc494556585)

 [منابع 76](#_Toc494556586)

[پیوست 1: معرفی شبیه­ساز NS2 79](#_Toc494556587)

**فهرست شکل­ها**

[شكل 2-1) همكاري گره­ها در يك شبكه حسگر بي­سيم 11](#_Toc499072640)

[شكل 2-2) يك حسگر طراحي‌‌شده براي شبكه‌هاي WSN که به اندازه يك سكه است 12](#_Toc499072641)

[شکل 2-3) انواع مختلف ازدحام 17](#_Toc499072642)

[شکل 3-1) انواع ترافیک ورودی به گره حسگر 40](#_Toc499072643)

[شکل 3-3) ساختار درختی گره­های حسگر 51](#_Toc499072644)

[شکل 4-1) محل قرارگیری گره­های حسگر در شبکه 55](#_Toc499072645)

[شکل 4-2) بخش از فایل tcl 56](#_Toc499072646)

[شکل 4-3) بخشی از فایل خروجی با پسوند .tr 60](#_Toc499072647)

[شکل 4-4) نتایج ارزیابی روش پیشنهادی بر اساس نرخ ارسال بسته­ها 62](#_Toc499072648)

[شکل 4-5) نرخ ارسال بسته­ها برای مقادیر مختلف ثابت­ها 63](#_Toc499072649)

[شکل 4-6) نتایج ارزیابی بر اساس تأخیر انتها به انتها 65](#_Toc499072650)

[شکل 4-7) ارزیابی تأثیر مقادیر مختلف ضرایب در میزان تأخیر 66](#_Toc499072651)

[شکل 4-8) نتایج ارزیابی بر اساس توان عملیاتی 68](#_Toc499072652)

[شکل 4-9) ارزیابی تأثیر مقادیر مختلف ضرایب در میزان توان عملیاتی 68](#_Toc499072653)

[شکل 4-10) نتایج ارزیابی بر اساس میزان انرژی مصرفی 69](#_Toc499072654)

[شکل 4-11) ارزیابی تأثیر مقادیر مختلف ضرایب در میزان توان عملیاتی 71](#_Toc499072655)

**فهرست جدول­ها**

[جدول 2-1) مقایسه نقاط ضعف و قوت کارهای پیشین 34](#_Toc499072945)

[جدول 3-1) جدول همسایگی گره 9 52](#_Toc499072946)

[جدول 4-1) مقدار پارامترها 58](#_Toc499072947)

**چکیده**

ازدحام در شبکه­های حسگر بی­سیم زمانی رخ می­دهد که گره­های حسگر تعداد بسته­های بیشتری را نسبت به تعدادی که می­توانند ارسال کنند، دریافت کنند. بنابراین لازم است مکانیسم­های کنترل ازدحام سریع و کارآمدی در شبکه­های حسگر بی­سیم بکار گرفته شود. روش­های پیشین با معرفی الگوریتم­های مسیریابی به نوعی سعی در شناسایی و جلوگیری از ازدحام دارند که برای این کار کمتر از کنترل ترافیک و بافر موجود روی گره­ها استفاده شده است. در این تحقیق یک پروتکل کنترل و جلوگیری از ازدحام برای شبکه­های حسگر بی­سیم، با هدف افزایش نرخ ارسال بسته­ها و توان عملیاتی و کاهش تأخیر و انرژی مصرفی ارائه شده است. برای پیش­بینی و جلوگیری از ازدحام، از یک تابع ارزش استفاده می­شود که در آن از پارامترهای کیفیت لینک­ها استفاده شده است. بر اساس آن مسیری انتخاب می­شود که از رخ دادن ازدحام جلوگیری شود. همچنین بعد از رخ دادن ازدحام از یک روال انتخاب مسیرجایگزین استفاده می­شود. شبیه­سازی روش پیشنهادی در محیط NS2 انجام گرفته است. نتایج ارزیابی بر اساس معیارهای مورد نظر نشان می­دهد که روش پیشنهادی در مقایسه با روش­های دیگر کارایی بهتری داشته است.

**کلمات کلیدی: شبکه حسگر بی­سیم، کنترل ازدحام، کنترل ترافیک، کیفیت لینک**

فصل اول

کلیات تحقیق

## مقدمه

پیشرفت­های اخیر در زمینه­ی مخابرات بی­سیم، توانایی طراحی و ساخت حسگرهایی با توان مصرفی پایین، اندازه کوچک، قیمت مناسب و کاربردهای متنوع را فراهم نموده است. این حسگرهای کوچک توانایی انجام اعمالی چون دریافت اطلاعات مختلف محیطی، پردازش و ارسال اطلاعات را دارند که موجب پیدایش شبکه­های حسگر بی­سیم[[1]](#footnote-2) شده اند. این شبکه­ها متشکل از تعداد زیادی دستگاه­های بسیار کوچک هستند که گره­های حسگر نامیده مي­شوند. گره­های حسگر، دستگاه­های کوچک و هوشمند با قابلیت ارتباط بی­سیم هستند که می­توانند داده­های مختلفی نظیر نور، صوت، دما و غیره را دریافت و پردازش کنند و در نهایت به سایر گره­ها انتقال دهند. وظیفه اصلی گره حسگر، جمع­آوری داده در فواصل زمانی منظم و تبدیل آن به یک سیگنال الکترونیکي و انتشار سیگنال )داده های گردآوری شده ( به صورت مستقيم و یا باواسطه­ی گره­های میانی، به یک گره مرکزی بنام گره چاهک[[2]](#footnote-3) است. یکی از چالش­های اصلی این شبکه­ها بروز ازدحام در شبکه هنگام ارسال داده­ها است. بروز ازدحام، به دلایل مختلفی ممکن است رخ دهد و باعث ایجاد عملکرد منفی شبکه می­شود. در این پژوهش سعی می­کنیم که راه­حلی جدید برای جلوگیری از رخ دادن ازدحام معرفی کنیم. در این فصل کلیاتی از تحقیق شامل بیان مسئله، اهمیت و ضرورت تحقیق، اهداف و فرضیات تحقیق و نوآوری تحقیق بیان می­شود.

## بیان مسئله

شبکه­های حسگر بی­سیم، شبکه­هایی هستند که از گره­های کوچکی به نام حسگر تشکیل یافته­اند که بطور متراکم در محدوده مشخصی گسترده شده و بطور بی­سیم بهم متصل شده­اند که عمل بازیابی و نظارت بر داده­ها را به عهده داشته و قادر به نگهداری، پردازش، مرتب­سازی و ترکیب داده­ها می­باشند. شبکه­های حسگر بی­سیم از لحاظ نحوه جمع­آوری و ارسال داده به دو دسته مبتنی بر رخداد و مبتنی بر جریان داده تقسیم می­شوند. در هر دو روش، جریان داده­ای از گره­های مبدأ به طرف ایستگاه پایه تشکیل می­شود که می­تواند موجب به وجود آمدن ازدحام[[3]](#footnote-4) در شبکه گردد. به بیانی دیگر، ازدحام در این شبکه­ها موقعی رخ می­دهد که گره­های حسگر تعداد بسته­های بیشتری را نسبت به آن تعدادی که می­توانند ارسال کنند، دریافت کنند. در واقع عدم مطابقت نرخ داده دریافتی و ارسالی موجب به وجود آمدن ازدحام در شبکه می­شود. هنگامی که ازدحام رخ می­دهد، بسته­های دریافتی در یک صف در داخل گره­ها ذخیره می­شوند و در صورت پر بودن ظرفیت صف، بسته­های دریافتی حذف می­گردند. در نتیجه میزان قابلیت اطمینان در ارسال بسته­ها و همچنین توان عملیاتی شبکه کاهش می­یابد.

فراهم نمودن قابلیت اطمینان در شبکه­های حسگر بی­سیم با توجه به محدودیت­های منابع این شبکه­ها و محیط عملیاتی آنها یکی از چالش­های بسیار مهم می­باشد. ارسال­های مجدد به خاطر عدم دریافت موفق بسته­های ارسالی توسط گیرنده باعث اتلاف انرژی و کاهش طول عمر این شبکه­ها می­گردد. از اینرو، ازدحام تاثیر مستقیمی در کارآمد بودن از لحاظ انرژی و همچنین کیفیت سرویس ارائه شده برای کاربرد مورد نظر دارد. بنابراین به منظور ذخیره انرژی گره­های حسگر، افزایش قابلیت اطمینان و همچنین افزایش طول عمر شبکه، ازدحام در شبکه بایستی کنترل شود. به منظورحفظ فاکتورهای اساسی در شبکه­های حسگر، پروتکل پیشنهادی باید قابلیت کنترل ازدحام به صورت گام به گام و انتها به انتها جهت جلوگیری از گم شدن بسته­ها را داشته باشد و ترافیک را در هر گره و کل شبکه کاهش داده و قابلیت اطمینان شبکه را افزایش دهد.

یکی از مهمترین چالش­های شبکه­های حسگر، کمبود منابع به ویژه، انرژی محدود گره­ها است. عمده مصرف انرژي گره­ها مربوط به ارسال و دريافت داده­ها توسط گره­ها است. حتي مي­توان گفت كه عمليات مربوط به ارسال و دريافت به مراتب بيشتر از پردازش داده­ها انرژي مصرف مي­كند. بنابراين معرفي روش­هاي مسيريابي انرژي مؤثر، به عنوان مهمترين عامل مديريت مصرف انرژي در شبكه­هاي حسگر بي­سيم محسوب مي­شود. در اغلب اوقات، برای نگهداری انرژی، گره­های بي­كار در حالت خواب باقی می مانند و بصورت دوره­ای به حالت فعال در می­آیند تا داده­های حس شده را بدست آورند و آنها را ارسال كنند. زيرا گوش دادن بي­مورد سبب تلف شدن انرژي مي­شود. در یک زمانبندی سختگیرانه زمانی که یک گره باید بیدار شود، محیط را حس کند و نقل و انتقال ( یا جابجایی مکانی) داشته باشد باید کاملا مشخص باشد تا تضمین کند که عمر شبکه حداکثر است. طراحی پروتکل مسیریابی در شبکه­های حسگر بی­سیم به دلیل برخی از محدودیت­های شبکه از قبیل انرژی، پهنای باند، محدودیت واحد پردازش و ذخیره­سازی دارای چالش­هایی می­باشد. ]2[

اغلب روش­های مسیریابی به صورت چند گامی هستند. مسئله­ای که ممکن است در این روش­های ایجاد شود ازدحام است. ازدحام زمانی اتفاق می افتد که میزان منابع درخواستی بیشتر از ظرفیت باشد. بروز ازدحام در شبکه باعث افزایش نرخ گم شدن بسته­ها و افزایش میزان انرژی مصرفی می­شود. همچنین جلوگیری از بروز ازدحام همراه با توازن بار شبکه باعث افزایش توان عملیاتی شبکه می­شود. مدیریت ازدحام به دو صورت جلوگیری از بروز ازدحام و کنترل ازدحام انجام می­شود. در یک فرایند مسیریابی چندگامی هر گره بعد از جمع آوری داده­ها، آنها را بوسیله­ی گره­های میانی و به صورت سلسله مراتبی برای چاهک ارسال می­کند. در این بین ازدحام روی گره­های نزدیک چاهک ایجاد می­شود. بنابراین نیاز اساسی به شناسایی ازدحام و جلوگیری از رخ دادن آن و توازن بار گره­ها بسیار حیاتی به نظر می­رسد [3].

معمولاً راه­حل­های استفاده شده در شبکه­های حسگر بی­سیم برای جلوگیری و مدیریت ازدحام، انتخاب گره­های با فضای بافر مناسب و تنظیم نرخ ترافیک روی کوتاهترین مسیر بین گره­ها است که این باعث کاهش توان عملیاتی انتها به انتها می­شود. در پروتکل­های مسیریابی مبتنی بر تقاضا، معمولاً کشف ازدحام انجام نمی­گیرد. بسیاری از این پروتکل­ها معیارهای ارزیابی را به صورتی انتخاب می­کنند که مشکل ایجاد ازدحام به چشم نیاید ولی در واقع ازدحام باعث کاهش توان عملیاتی این پروتکل­ها می­شود [4و 5].

برای حل این مشکل در روش پیشنهادی، یک روش مسیریابی آگاه از ازدحام و مبتنی بر توازن بار ترافیکی شبکه معرفی می­شود. در این روش با استفاده از انتخاب بهینه گره­ها در فرآیند مسیریابی، توسط پارامترهای ترکیبی، تا حد ممکن از بروز ازدحام جلوگیری می­شود. اگر هم ازدحام بوجود آمد، در کوتاهترین زمان، آن را شناسایی کرده و از تأثیر منفی آن بر توان عملیاتی جلوگیری می­شود. در نهایت کنترل ازدحام می­تواند باعث کاهش نرخ گم شدن بسته­ها، مصرف کمتر انرژی، افزایش طول عمر شبکه و افزایش توان عملیاتی شبکه می­شود.

## اهمیت و ضرورت تحقیق

با توجه به گسترش روزافزون شبكه­هاي حسگر بي­سيم و كاربردهاي همه­جانبه آن­ها در زمينه­هاي مختلف قطعاً استفاده از آنها مي­تواند مقرون به صرفه باشد. مخصوصاً در موقعيت­هايی كه وجود انسان در آن­جا خطرساز است مي­توان از اين شبكه­ها استفاده كرد اما یکی از مهمترین چالش­های شبکه­های حسگر، انرژی محدود گره­ها است. عمده مصرف انرژي گره­ها، مربوط به ارسال و دريافت داده­ها توسط گره­ها است. حتي مي­توان گفت كه عمليات مربوط به ارسال و دريافت به مراتب بيشتر از پردازش داده­ها انرژي مصرف مي­كند. در این بین، بروز ازدحام باعث مصرف بیشتر انرژی نیز خواهد شد. بنابراین معرفی الگوریتم مسیریابی مناسب همراه با جلوگیری و کنترل ازدحام می­تواند باعث مدیریت مصرف انرژی به وسیله­ی گره­ها و افزایش طول عمر شبکه و بهینه­سازی پارامترهای کیفیت خدمات در شبکه می­شود.

## فرضیه­های تحقیق

1. عدم مدیریت ازدحام باعث افزایش نزخ گم شدن بسته ها و کاهش توان عملیاتی شبکه می­شود.
2. مسیریابی آگاه از ازدحام همراه با توازن ترافیک شبکه باعث بالا بردن توان عملیاتی شبکه و افزایش طول عمر شبکه می­شود.
3. در فرآیند مسیریابی و یافتن گره­های متوالی مسیر، استفاده از پارامترهای ترکیبی برای یافتن بهترین گره بعدی، تا حد زیادی می­تواند از بروز ازدحام جلوگیری کند.
4. بعد از بروز ازدحام، کنترل سریع آن می­تواند از بروز مشکلات بیشتر جلوگیری کند.

## اهداف تحقیق

1. معرفی یک روش مسیریابی شبکه های حسگر بی­سیم که بتواند از بروز ازدحام جلوگیری کند و در صورت رخ دادن، آن را مدیریت کند.
2. توازن بار ترافیکی شبکه
3. کاهش نرخ گم شدن بسته­ها
4. افزایش طول عمر شبکه

## جنبه­ی نوآوری تحقیق

در روش پیشنهادی، یک روش مسیریابی آگاه از ازدحام و مبتنی بر توازن بار ترافیکی شبکه معرفی می­شود. در این روش با استفاده از انتخاب بهینه گره­ها در فرآیند مسیریابی، توسط پارامترهای ترکیبی، تا حد ممکن از بروز ازدحام جلوگیری می­شود. اگر هم ازدحام بوجود آمد، در کوتاهترین زمان، آن را شناسایی کرده و از تأثیر منفی آن بر توان عملیاتی جلوگیری می­شود. در نهایت کنترل ازدحام می­تواند باعث کاهش نرخ گم شدن بسته­ها، مصرف کمتر انرژی، افزایش طول عمر شبکه و افزایش توان عملیاتی شبکه می­شود

## ساختار پایان نامه

اين پايان نامه شامل 5 فصل است. در فصل اول كليات تحقيق شامل بيان مسئله، اهداف و فرضيات تحقيق بررسي مي­شود. در فصل دوم ابتدا مباني تحقيق بيان مي­شود و سپس توضيحاتي در مورد كارهاي انجام شده و معايب و مزاياي آن­ها داده مي­شود. در فصل سوم جزئيات روش پيشنهادي و نحوه پياده سازي آن مي­شود. در فصل چهارم ارزيابي و مقايسه روش پيشنهادي با روش­هاي ديگر انجام مي­شود و در نهايت در فصل پنجم، نتيجه­گيري روش پيشنهادي مطرح شده و پيشنهاداتي براي بهبود كار مطرح مي­شود.

# فصل دوم:مروری بر مبانی و پیشینه تحقیق

فصل دوم

مروری بر مبانی و پیشینه تحقیق

## مقدمه

در این فصل ابتدا توصیحاتی در مورد مفاهیم اولیه شبکه­های حسگر بی­سیم داده می­شود و ساختار و معماری آن­ها همراه با چالش­ها و کاربردهای آن­ها بررسی خواهد شد. از جمله چالش­های اصلی این شبکه­ها، مشکل ازدحام در این شبکه­ها که موضوع اصلی پژوهش ما است، بیان می­شود و راه­کارهای کلی آن بیان می­شود. در ادامه، تعدادی از کارهای قبلی که در این زمینه انجام شده­اند را معرفی کنیم و با ساختار آن­ها و نقاط ضعف و قوت آن­ها آشنا شویم. بعد از شناسایی نقاط ضعف و قوت آن­ها، سعی می­کنیم روش پیشنهادی را بر همین اساس معرفی کنیم.

## معرفي شبكه­هاي حسگر بي­سيم

شبکه­هاي حسگر بی­سیم[[4]](#footnote-5)، از تعداد زیادی از دستگاه­های بسیار کوچک تشكيل شده­اند که گره­های حسگر نامیده مي­شوند. گره­های حسگر، قطعات الكترونيكي­ هوشمند با قابلیت ارتباط بی­سیم هستند که می­توانند داده­های مختلفی نظیر نور، صوت، دما و غیره را دریافت و پردازش کنند و در نهایت به سایر گره­ها انتقال دهند. وظیفه اصلی گره حسگر، جمع­آوری داده در فواصل زمانی منظم و تبدیل آن به سیگنال­هاي الکترونیکی و انتشار آن­ها به صورت مستقيم و یا باواسطه­ی گره­های میانی به یک گره مرکزی بنام گره چاهک[[5]](#footnote-6) است. چاهک اطلاعات را از بقيه گره­ها جمع آوری کرده و داده های گردآوری شده را مستقیماً و یا با واسطه­ی گره­های میانی به یک ایستگاه مرکزی که با محیط بیرون در ارتباط است تحویل می دهد. نوع خاصي از شبكه­هاي حسگر بيسيم وجود دارد كه به آنها شبكه­هاي حسگر بي­سيم چند رسانه­اي[[6]](#footnote-7) گفته مي­شود. گره­هاي به كار رفته در اين نوع شبكه­هاي قابليت دريافت، پردارش و ارسال صوت، تصوير و ويدئو را دارند.

1. Wireless Sensor Network (WSN) [↑](#footnote-ref-2)
2. Sink [↑](#footnote-ref-3)
3. Congestion [↑](#footnote-ref-4)
4. Wireless Sensor Network [↑](#footnote-ref-5)
5. Sink [↑](#footnote-ref-6)
6. Wireless Multimedia Sensor Network (WMSN) [↑](#footnote-ref-7)