**

فهرست مطالب

[فصل اول: کلیات تحقیق 8](#_Toc509076093)

[1-1 مقدمه 9](#_Toc509076094)

[1-2 بیان مسئله 10](#_Toc509076095)

[1-3 اهمیت و ضرورت تحقیق 12](#_Toc509076096)

[1-4 فرضیه­های تحقیق 13](#_Toc509076097)

[1-5 اهداف تحقیق 13](#_Toc509076098)

[1-6 جنبه­ی نوآوری تحقیق 14](#_Toc509076099)

[1-7 ساختار پایان نامه 14](#_Toc509076100)

[فصل دوم: مروری بر مبانی و پیشینه تحقیق 15](#_Toc509076101)

[2-1 مقدمه 16](#_Toc509076102)

[2-2 معرفي شبكه­هاي حسگر بي­سيم 16](#_Toc509076103)

[2-3 چالش­هاي شبكه­هاي حسگر بي­سيم 19](#_Toc509076104)

[2-4 روش­هاي مختلف انتقال داده­ها در شبكه­هاي حسگر 20](#_Toc509076105)

[2-4-1 روش همه پخشی 20](#_Toc509076106)

[2-4-2 انفجار 20](#_Toc509076107)

[2-4-3 هم پوشانی 20](#_Toc509076108)

[2-4-4 شایعه پراکنی 21](#_Toc509076109)

[2-4-5 روش SPIN 21](#_Toc509076110)

[2-4-6 روش پخش مستقیم 21](#_Toc509076111)

[2-4-7 روش مسیریابی جغرافیایی 22](#_Toc509076112)

[2-4-8 روش انتشار بیرون دهنده 23](#_Toc509076113)

[2-4-9 روش انتشار جذب یک مرحله­ای 23](#_Toc509076114)

[2-5 الگوریتم­های خوشه­بندی 24](#_Toc509076115)

[2-5-1 طبقه­بندی پروتکل­های خوشه­بندی شبکه­های حسگر بی­سیم 25](#_Toc509076117)

[2-6 کیفیت سرویس در شبکه­های حسگر بی­سیم 27](#_Toc509076118)

[2-6-1 کیفیت سرویس مبتنی بر کاربرد 27](#_Toc509076120)

[2-6-2 کیفیت سرویس شبکه 27](#_Toc509076121)

[2-7 راهکار­های کاهش مصرف انرژی در شبکه­های حسگر بی­سیم 29](#_Toc509076122)

[۲-۷-۱ پروتکل شایعه پراکنی 30](#_Toc509076131)

[2-7-2 روش مبتنی بر زنجیر 30](#_Toc509076132)

[2-8 مروری بر کارهای پیشین 30](#_Toc509076133)

[۲-۸-۱ الگوریتم LEACH 32](#_Toc509076134)

[2-8-2 الگوریتم بهینه شده LEACH 33](#_Toc509076135)

[۲-۸-۳ الگوریتم EEBCDA 34](#_Toc509076136)

[۲-۸-۴ الگوریتم GBEER 36](#_Toc509076137)

[۲-۸-۵ الگوریتم MSRP 36](#_Toc509076138)

[۲-۸-۶ الگوریتم HRP 36](#_Toc509076139)

[فصل سوم: معرفی روش پیشنهادی 41](#_Toc509076140)

[3-1 مقدمه 42](#_Toc509076141)

[3-2 مسیریابی حلقوی روش پیشنهادی 45](#_Toc509076142)

[3-3 الگوریتم پیشنهادی 47](#_Toc509076143)

[3-3-1 تعیین گره­های حلقه و ساخت آن 49](#_Toc509076144)

[۳-۳-۲ انتخاب گره­های عامل 51](#_Toc509076145)

[3-3-3 انتقال داده­ها 53](#_Toc509076146)

[3-3-4 تعویض نقش گره­های حلقه 54](#_Toc509076147)

[فصل چهارم: پیاده­سازی و ارزیابی روش پیشنهادی 57](#_Toc509076148)

[۴-۱ مقدمه 58](#_Toc509076149)

[4-2 شبیه­سازی روش پیشنهادی 58](#_Toc509076150)

[4-2-1 مدل مصرف انرژي 60](#_Toc509076151)

[4-2-2 تعيين مقدار پارامترها 61](#_Toc509076152)

[۴-۲-۳ نتایج شبیه­سازی NS2 62](#_Toc509076153)

[4-3 ارزیابی نتایج 63](#_Toc509076154)

[4-3-1 تأخیر انتها به انتها 65](#_Toc509076155)

[4-3-2 مصرف انرژی 66](#_Toc509076156)

[4-3-3 طول عمر شبكه 68](#_Toc509076157)

[4-3-4 نسبت دوره بيثباتي 70](#_Toc509076158)

[فصل پنجم: نتیجه­گیری و پیشنهادات آینده 72](#_Toc509076159)

[۵-۱ مقدمه 73](#_Toc509076160)

[5-2 خلاصه روش پیشنهادی 73](#_Toc509076161)

[۵-۳ نتیجه­گیری 74](#_Toc509076162)

[5-4 پیشنهادات آینده 75](#_Toc509076163)

 [مراجع 76](#_Toc509076164)

 [پیوست ۱: شبیه­ساز NS2 79](#_Toc509076165)

**فهرست شکل­ها**

[شكل 2-1) همكاري گره­ها در يك شبكه حسگر بي­سيم 17](#_Toc509077630)

[شكل 2-2) يك حسگر طراحي‌‌شده براي شبكه‌هاي WSN که به اندازه يك سكه است 18](#_Toc509077631)

[شکل 3-1) روش­های مختلف برای آگاهی از مکان چاهک متحرک 44](#_Toc509077632)

[شکل 3-2) نمونه­های مختلف از ساختار حلقه 46](#_Toc509077633)

[شکل ۳-۳) ساختار کلی روش پیشنهادی 48](#_Toc509077634)

[شکل 3-۴) ساخت یک حلقه حول گره مرکزی 50](#_Toc509077635)

[شکل 3-۵) انتخاب گره عامل و ایجاد ساختار زنجیرهای 52](#_Toc509077636)

[شکل 3-۶) تعویض نقش گره­های حلقه با افزایش شعاع 55](#_Toc509077637)

[شکل 4-۱) نحوه قرارگیری گره­های حسگر شبکه 59](#_Toc509077638)

[شکل 4-۲) بخشی از فایل tcl 60](#_Toc509077639)

[شکل 4-۳) بخشی از فایل خروجی با پسوند .tr 63](#_Toc509077640)

[شکل 4-۴) مقایسه میزان تأخیر برای سرعت­های مختلف چاهک 66](#_Toc509077641)

[شکل 4-۵) مقایسه میزان انرژی مصرفی روش پیشنهادی با سایر روش­ها 67](#_Toc509077642)

[شکل 4-۶) مقایسه طول عمر شبکه روش پیشنهادی و سایر روش­ها 69](#_Toc509077643)

**فهرست جدول­ها**

[جدول 2-1) مقایسه کلی تعداد از کارهای پیشین 40](#_Toc509077899)

[جدول 4-1) مقدار پارامترها 62](#_Toc509077900)

[جدول 4-2) مقايسه نسبت دوره بي­ثباتي 71](#_Toc509077901)

فصل اول

1. کلیات تحقیق
	1. 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) شده­اند. 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.

این شبکه­ها در زمینه­های مختلفی مانند: نظامی، کشاورزی، پزشکی و غیره کاربردهای زیادی دارند. همچنین با معرفی مباحثی مانند اینترنت اشیاء، خانه هوشمند و شهر هوشمند کاربرد آن­ها روز به روز در حال افزایش است. مشکل اصلی این نوع شبکه­ها، کمبود منابع گره­های آن­ها است. بنابراین پروتکل­های اجرا شده روی این شبکه­ها، باید این محدودیت را پوشش دهند. الگوریتم­های مسیریابی به عنوان مهمترین پروتکل در این شبکه­ها محسوب می­شوند که می­توانند نقش مهمی در مدیریت مصرف انرژی و سایر منابع دیگر داشته باشند.

* 1. بیان مسئله

يكي از مهمترين ابزار كسب اطلاعات و درك محيط كه تحقيقات گسترده­اي را به خود معطوف نموده، شبكه­هاي حسگر بي­سيم است. يک شبكه حسگر بي سيم، مجموعه­اي شامل تعدادي حسگر بي­سيم است كه از طريق ارسال فركانس راديويي با همديگر يا با ايستگاه پايه ارتباط دارند. موقعيت هر گره حسگر بي­سيم بسته به كاربرد مي­تواند ثابت يا متغير باشد. وظيفه هر حسگر اين است كه اطلاعات مربوط به شرايط فيزيكي محيط را به­صورت مستقيم يا از طريق گره­هاي واسط (روش غير مستقيم) به ايستگاه پايه مركزي مخابره نمايد. داده­هاي جمع­آوري شده توسط هر حسگر مي­تواند شامل ميزان و جهت وزش باد، دما، زواياي تابش نور خورشيد، فشار و غيره باشند [1].

با وجود پيشرفت­هاي صورت گرفته در اين نوع شبكه­ها، گره­هاي حسگر به دليل تعداد زياد، اندازه كوچک و روش قرارگيري اقتضايي، هنوز هم براي تامين انرژي خود، متكي به باتري­هايي با توان اندك مي­باشند. همچنين معمولاً به دليل به­كارگيري اين نوع شبكه­ها در محيط­هاي خشن و غير قابل دسترس، امكان شارژ مجدد يا تعويض گره­هاي حسگر وجود ندارد. بنابراين يكي از مهمترين مسايل در شبكه­هاي حسگر بي­سيم، مسالة محدوديت شديد انرژي است. همچنين از آن جايي كه كارايي شبكه­هاي حسگر به شدت به طول عمر شبكه و پوشش شبكه­اي آن وابسته است، بنابراين لحاظ نمودن الگوريتم­هاي ذخيرة انرژي در طراحي شبكه­هاي حسگر با عمر طولاني، امري حياتي است. امروزه روش­هاي مديريت پوياي توان كه به كاهش مصرف انرژي شبكه­هاي حسگر بعد از طراحي و قرارگيري آنها مي­پردازند، از بالاترين اهميت برخوردار است. در سال­هاي اخير براي مديريت پوياي توان، توجه به ابزارهاي هوشمند و توانمندي نظير خوشه­بندي رونق چشمگيري يافته است [2و 3].

شبكه حسگر بي­سيم ايده آل بايد انرژي كمي مصرف كند و برنامه­ريزي هوشمندانه­اي داشته باشد و قادر باشد داده­ها را به سرعت و با دقت و در طي زمان طولاني دريافت كرده و هزينه نصب آن ارزان بوده و نياز به تعمير و نگهداري هم نداشته باشد. استفاده از اين­گونه حسگرها هنگامي مي­تواند بخوبي صورت گيرد كه دانش درستي از كاربرد اين حسگرها داشته و مسئله را بخوبي درك كرده باشيم. عمر باتري مورد استفاده در اين حسگرها و نيز ميزان به روز شدن حسگرها و اندازه آن از جمله عمده­ترين ملاحظات طراحي است كه در اين زمينه وجود دارد. علاوه بر اين هر گره حسگر شامل حافظه­اي با حجم كوچک است. هر گره حسگر وظيفه دارد در دوره­هاي زماني مشخص داده­هاي جمع­آوري شده را به ايستگاه پايه انتقال دهد در غير اينصورت با به وجود آمدن تأخير داده­هاي مربوط به آن قسمت، از بين خواهند رفت [4].

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[.

الگوریتم­های مسیریابی نقش مهمی در بهینه­سازی مصرف انرژی و سایر پارامترهای کیفیت خدمات، در شبکه­های حسگر بی­سیم دارند. به همین دلیل بیشتر کارهای انجام شده در زمینه شبکه­های حسگر بی­سیم به معرفی الگوریتم­های مسیریابی پرداخته­اند و اکثر آنها نیز روی مسئله مصرف انرژی تاکید دارند. یکی از مسائلی که کمتر به آن پرداخته شده است، مصرف متوازن انرژی است. یعنی اینکه مصرف انرژی به شکلی باشد که همه گره­ها به شکل تقریباً یکسان انرژی مصرف کنند و همگی آنها با هم تخلیه­ی انرژی شوند. این کار باعث افزایش راندمان شبکه می­شود. در روش پیشنهادی از یک ساختار مسیریابی حلقه­ای استفاده می­شود. در این روش از گره­های ناهمگن استفاده می­شود. منظور از گره­های ناهمگن، گره­های است که از لحاظ منابع و کارایی متفاوت هستند. همچنین در این روش برخلاف اکثر روش­ها که از گره چاهک ثابت استفاده می­شود، ما از گره چاهک متحرک استفاده می­کنیم.

* 1. 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. مخصوصا در موقعيت­هاي كه وجود انسان در آن­جا خطر ساز 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. 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 می­مانند و بصورت دوره­ای به حالت فعال درمی­آیند 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 پروتوکل مسیریابی در شبکه­های حسگر بی­سیم به دلیل برخی از محدودیت­های شبکه از قبیل انرژی، پهنای باند، محدودیت واحد پردازش و ذخیره­سازی دارای چالش­هایی می­باشد. ]11[

* 1. فرضیه­های تحقیق
1. استفاده از گره چاهک متحرک می­تواند یک الگوریتم مسیریابی پویا را معرفی کند.
2. گره­های حسگر ناهمگن در شبکه­های حسگر بی­سیم باعث مصرف متوازن انرژی می­شوند.
3. استفاده از یک روش مسیریابی حلقه­ای باعث کاهش مصرف انرژی و کاهش تأخیر می­شود.
4. استفاده از گره­های حسگر ناهمگن در فرآیند ارسال داده­ها به چاهک می­تواند باعث کاهش تأخیر و کاهش مصرف انرژی شوند.
	1. اهداف تحقیق
5. معرفی یک روش مسیریابی حلقه­ای برای شبکه های حسگر بی­سیم به منظور کاهش مصرف انرژی و توازن بار
6. توازن بار ترافیکی شبکه
7. کاهش نرخ گم شدن بسته­ها
8. افزایش طول عمر شبکه
	1. جنبه­ی نوآوری تحقیق

نوآوری روش پیشنهادی را می­توان از چند جنبه بررسی کرد. در روش پیشنهادی سعی می­شود از یک روش مسیریابی سلسله مراتبی حلقه­ای، بر اساس تعدادی گره کمکی میانی استفاده شود. در این ساختار از گره مبدأ تا گره چاهک تعداد حلقه­ی مجازی بر روی گره­ها ایجاد می­شود. برای مسیریابی در هر حلقه بهترین گره کمکی شناسایی شده و به عنوان گره کمکی معرفی می­شود. این کار تا زمان رسیدن به چاهک انجام می­گیرد. در روش پیشنهادی گره چاهک در محدوده شبکه در حال حرکت است. ما تعدادی گره را در نواحی مختلف تعیین می­کنیم که تنها این گره­ها قابلیت شناسایی موقعیت مکانی چاهک را داشته باشند. این گره­ها با گره­های عادی متفاوت خواهند بود. بنابراین در روش پیشنهادی گره­ها به صورت ناهمگن در نظر گرفته می­شوند. در نهایت گره­های سرخوشه به کمک گره­هایی که از موقعیت چاهک اطلاع دارند گره را برای چاهک ارسال می­کنند. در این روش در کنار کاهش مصرف انرژی به دنبال مصرف متوازن انرژی توسط گره­ها هستیم.

* 1. 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

1. مروری بر مبانی و پیشینه تحقیق
	1. 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 مدیریت مصرف انرژی و سایر پارامترهای کیفیت خدمات است. 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.

* 1. معرفي شبكه­هاي حسگر بي­سيم

شبکه­هاي حسگر بی­سیم، 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 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[[3]](#footnote-4) 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. Wireless Multimedia Sensor Network (WMSN) [↑](#footnote-ref-4)