

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



توسعه آموزش  
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



توسعه آموزش  
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



توسعه آموزش  
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران

# پروتکل انتخاب مسیر پایدار آگاه به انرژی برای شبکه های

## حسگر بیسیم

آزاده چاوشیان<sup>۱</sup>، رضا ابراهیمی آتانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فنی پردیس بین الملل دانشگاه گیلان، azadeh.chavoshian@gmail.com

<sup>۲</sup>عضو هیات علمی گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه گیلان، rebrahimi@guilan.ac.ir

### چکیده

برخی از ابزارها و تجهیزات پیشرفته بر پایه داده های حسی دنیای واقعی اطراف خود کار می کنند. این داده های حسی توسط شبکه های حسگر بیسیم تامین می گردد که متشکل از چندین گره حسگر کوچک برای رصد کردن شرایط محیطی نظیر دما، ارتعاش، فشار، صوت و حرکت و سپس ارسال جمعی آنها به یک سیستم پردازش مرکزی به نام ایستگاه اصلی می باشند. پروتکل های مسیریابی متفاوتی همچون مسیریابی تخت، سلسله مراتبی و بر مبنای موقعیت مکانی بر انتقال اطلاعات در این شبکه ها حاکم هستند. عدم وجود منابع کافی و عوامل محیطی می توانند منجر به برهم زدن پایداری شبکه گردند. هدف بررسی عوامل مختلف در کیفیت اتصال و برقراری پایداری در شبکه می باشد. مسیرهای قابل اطمینان و مصرف کارآمد انرژی دو عامل اصلی ایجاد پایداری در شبکه های حسگر بیسیم هستند که باید در طراحی الگوریتم های مسیریابی مورد نظر قرار گیرند. در این مقاله ضمن بررسی روش های پیشین مسیریابی براساس خوشه بندی، روش EASEP ارائه می گردد که براساس خوشه بندی طراحی شده و بهینه شده روش TSEP می باشد. شبیه سازی نشان می دهد این روش با بهره گیری از انرژی باقیمانده در احتمال انتخاب سرخوشه ها و معرفی پارامتر حد آستانه انرژی، باعث افزایش دوره پایداری، توان عملیاتی و طول عمر شبکه به میزان ۴۶، ۶۸ و ۸ درصد نسبت به روش TSEP شده است. این روش عملکرد شبکه را نسبت به روش های مشابه بهبود می بخشد.

### واژه های کلیدی

حسگر بیسیم، مسیریابی، پایداری، اتصال قابل اطمینان، مصرف کارآمد انرژی

### ۱- مقدمه

های مربوط به سلامت و بکارگیری در تشخیص علائم حیاتی بیماران و غیره اشاره نمود. شبکه های حسگر بیسیم با شبکه های بیسیم عادی تفاوت های زیادی دارند. منشا این تفاوت ها وجود منابع محدود همچون توان، پردازش و حافظه می باشد. از دیگر تفاوت ها می توان به کم اطمینان بودن عملکرد گره های شبکه و ساختار پویا و نامنظم آن اشاره نمود [2].

عملکرد معماری گره های حسگر شامل چهار بخش است. حسگر، واحد پردازش مرکزی، رادیو و منبع توان. در میان این چهار بخش، سه بخش مسئول انجام یک وظیفه خاص می باشند و منبع توان تامین کننده انرژی سه بخش مربوطه می باشد.

ساختار محدود این شبکه ها چالش های بیشماری را به طراحی و عملکرد شبکه تحمیل می نماید. این چالش ها شامل مدیریت ارتباط، عملکرد بدون مراقبت، طول عمر شبکه و میزان تحمل خطا می باشند [3]. از اینرو جهت بهبود کیفیت عملکرد این شبکه ها نیاز است که این چالش ها بررسی گردند. از طرفی جهت رسیدن به عملکرد بهبود یافته در این شبکه ها

پیشرفت های اخیر در ارتباطات بیسیم منجر به طراحی و ساخت شبکه های حسگر بیسیمی شده است که دارای حسگرهایی با هزینه کم، مصرف توان پایین و دارای چندین عملکرد می باشند. این حسگر ها در اندازه های کوچک برای مسافت های بالا استفاده می شوند. یک شبکه حسگر بیسیم شامل چندین حسگر بیسیم می باشد که به صورت متراکم و تصادفی در محل مورد نظارت پیاده سازی شده اند [1]. وظیفه حسگر های شبکه تشخیص و جمع آوری اطلاعات محیطی و انتقال آنها به گره هایی با توان بالا می باشد که به آنها ایستگاه اصلی گفته می شود. وظیفه ایستگاه اصلی انجام پردازش های پیچیده تر می باشد. از این طریق داده ها به سرویس های اینترنتی جهت دسترسی کاربران ارسال می گردد.

شبکه های حسگر بیسیم دارای کاربردهای زیادی می باشند. از جمله آنها می توان به ردیابی مهاجم، آگاهی از حوادث همچون آتش سوزی، کاربرد

استفاده بهینه از منابع شبکه اهمیت دارد. طرح ارتباطی در این نوع شبکه ها بصورت ارتباط گر به گر، گر به ایستگاه اصلی، و ایستگاه اصلی به گر می باشد.

طراحی الگوریتم های مسیریابی پایدار یکی از مهمترین چالش های موجود در این شبکه ها می باشد. مسیر های پایدار به مسیرهایی گفته می شوند که پس از انتخاب مسیر و در هنگام ارسال بسته از گر مبدا به گر مقصد تغییر نکنند. دلایل خرابی مسیرها نیز وابسته به تغییر شکل شبکه حسگر و یا محدود بودن منابع انرژی گر ها است.

مسیریابی در شبکه های حسگر بیسیم بیشترین میزان خطا را نسبت به شبکه های دیگر دارد. از اینرو الگوریتم مسیریابی که کیفیت خدمات برای شبکه های حسگر بیسیم را حفظ نماید نیازمند داشتن توانایی تشخیص مسیر های خراب و ترمیم آنها می باشد. ریشه تمامی مسیر های خراب از متحرک بودن گر های شبکه و کمبود منابع، مانند انرژی گر، ایجاد می شوند. الگوریتم های مسیریابی باید با شبکه حسگر که دارای توان و منابع محدود است نیز سازگار باشد. به عنوان مثال مسیر انتخابی در شبکه که با ساختار کنونی معتبر است ممکن است با تغییر ساختار شبکه اعتبار خود را از دست دهد [4].

در این مقاله با تمرکز بر روی موضوع مهم مسیریابی، به دنبال ارزیابی پایداری این پروتکل ها هستیم. برای دستیابی به این مهم، ابتدا برخی از الگوریتم های مسیر یابی سلسله مراتبی در شبکه های حسگر را مورد بررسی قرار خواهیم داد. سپس روشی بهبود یافته به نام EASEP را معرفی خواهیم کرد که در آن دوره پایداری و توان عملیاتی و طول عمر شبکه نسبت به روش های پیشین ارائه شده بهبود یافته است. این روش مسیریابی بر اساس خوشه بندی طراحی شده و بهبود یافته روش TSEP می باشد. سرخوشه ها با بررسی انرژی باقیمانده آنها در هر دوره انتخاب می شوند. همچنین حدود آستانه سخت و نرم در یک شبکه با چندین سطح ناهمگنی از نظر انرژی بکار برده شده است که منجر به افزایش دوره پایداری و مصرف کم انرژی می گردد. این روش مسیریابی انفعالی بوده و باعث افزایش توان عملیاتی نسبت به روش TSEP می گردد. نتایج شبیه سازی ها موارد اشاره شده را تایید می نمایند و نشان می دهند عملکرد روش ارائه شده نسبت به راه حل های گذشته بهبود یافته است.

## ۲- روش های پیشین

در پروتکل های مسیریابی، خوشه بندی مصرف انرژی را در شبکه های حسگر بیسیم کاهش می دهد. زمانی که خوشه ها تشکیل شدند انتخاب سرخوشه ها می تواند براساس انرژی گر ها یا احتمال انجام پذیرد. بعد از تشکیل سرخوشه ها، هر گر داده را در طول بازه زمانی خود ارسال می نماید و زمانی که آخرین گر داده خود را ارسال کرد جدول زمانبندی تکرار می شود [5].

ارسال مستقیم روشی است که در آن هر گر داده را حس می نماید فرستنده خود را روشن کرده و داده خود را به صورت مستقیم به ایستگاه اصلی ارسال می کند. برای گر های قرار گرفته نزدیک به ایستگاه اصلی،

ارسال اطلاعات کمتر باعث صرف انرژی می شود اما برای گر های در فاصله دورتر انرژی بیشتری صرف می گردد [5].

روش خوشه بندی با کنترل انرژی رابطه مستقیم دارد. در روش انرژی انتقال حداقل MTE، انتقال از طریق مسیرهایی که کمترین میزان توان تلف شده نیاز دارند انجام می شوند. از این رو گر هایی که در فاصله دور نسبت به ایستگاه اصلی قرار دارند دیرتر می میرند در حالیکه گر های نزدیک به عنوان هدایت کننده عمل می نمایند و زودتر می میرند [6].

الگوریتم LEACH پروتکل مسیریابی پیشگامانه می باشد [7]. در شبکه ای که هزاران گر به صورت تصادفی توزیع شده اند جهت توزیع بار به صورت مساوی بین گر ها از این روش استفاده می شود. این گر ها داده را حس می نمایند و به سرخوشه متناظر خود انتقال می دهند. سرخوشه داده را دریافت کرده جمع آوری می نماید و آنگاه آن را به سمت ایستگاه اصلی هدایت می کند. تمامی گر های پیاده سازی شده در میدان همگن بوده و از نظر انرژی دارای محدودیت می باشند. گر ها به صورت نوبتی سرخوشه می شوند و بر اساس رابطه حد آستانه (1) خود را به صورت تصادفی تبدیل به سرخوشه می کنند. هر گر در یک آغاز  $\frac{1}{p}$  یک بار سرخوشه می شود. انتخاب سرخوشه براساس احتمال است. هر گر عددی تصادفی بین صفر و ۱ تولید می نماید. اگر عدد مربوطه کمتر از حد آستانه باشد آنگاه گر سرخوشه می شود. وقتی هرگره در یک خوشه داده را ارسال کرد این روند به همین صورت تکرار می شود. در شبکه های حسگر بیسیم هدف اصلی کنترل مصرف انرژی و در نتیجه افزایش طول عمر شبکه است. روش بیان شده مناسب استفاده در محیط بزرگ نمی باشد و هرگاه ویژگی هایش تعیین شوند دیگر غیرقابل تغییر می باشند. در رابطه حد آستانه (1)،  $p$  احتمال یک گر برای سرخوشه شدن،  $r$  دوره کنونی و  $G$  مجموعه گر هایی می باشند که در دوره  $\frac{1}{p}$  آخر سرخوشه نشده اند.

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - p \times (r \bmod (\frac{1}{p}))} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

ناهمگنی در پروتکل SEP معرفی شد که بر مبنای دو سطح ناهمگنی می باشد [8]. کسری از تعداد  $m$  گر از تعداد کل  $n$  گر با ضریب انرژی  $\alpha$  گر های پیشرفته نامیده می شوند. از این رو احتمال گر های عادی و گر های پیشرفته که تبدیل به سرخوشه شوند بترتیب برابر  $P_{adv}$  و  $P_{nrm}$  می باشند و طبق روابط (2) و (3) تعیین می گردند.

$$P_{nrm} = \frac{P_{opt}}{1 + \alpha.m} \quad (2)$$

$$P_{adv} = \frac{P_{opt}}{1 + \alpha.m} \times (1 + \alpha) \quad (3)$$

$P_{opt}$  احتمال بهینه هر گر جهت تبدیل شدن به سرخوشه است. انتخاب سرخوشه ها در SEP براساس احتمال همانند LEACH انجام می پذیرد. گر ها داده را حس می نمایند و به سرخوشه مربوط به خود ارسال می کنند و سپس داده ها به ایستگاه اصلی ارسال می شود. با افزایش  $m$  یا

که در آن  $n$  تعداد گره ها،  $m$  کسری از گره های پیشرفته به کل گره های با انرژی بیشتر از بقیه گره ها و  $b$  نسبت گره های متوسط است. احتمال بهینه گره ها براساس انرژی تقسیم بندی شده اند تا به سرخوشه تبدیل شوند. از روابط (5) برای گره های عادی، (6) برای گره های متوسط و (7) برای گره های پیشرفته محاسبه می شود:

$$P_{nm} = \frac{P_{opt}}{1 + m.\alpha + b.\mu} \quad (5)$$

$$P_{int} = \frac{P_{opt} \cdot (1 + \mu)}{1 + m.\alpha + b.\mu} \quad (6)$$

$$P_{adv} = \frac{P_{opt} \cdot (1 + \alpha)}{1 + m.\alpha + b.\mu} \quad (7)$$

در این روش حد آستانه نیز در نظر گرفته می شود. هر گره عدد تصادفی بین صفر و ۱ انتخاب می کند. اگر عدد تصادفی کمتر از حد آستانه باشد گره سرخوشه می شود. برای تمامی گره ها جهت محاسبه حد آستانه براساس احتمال، روابط (8)، (9) و (10) ارائه شده اند که بترتیب جهت محاسبه حد آستانه سرخوشه شدن برای گره های عادی، متوسط و پیشرفته بکار برده می شوند.  $G'$ ،  $G''$  و  $G'''$  مجموعه های گره های عادی و متوسط و پیشرفته هستند که در گذشته سرخوشه نشده اند.

$$T_{nm} = \begin{cases} \frac{P_{nm}}{1 - p_{nm} \left[ r \cdot \text{mod} \frac{1}{p_{nm}} \right]} & \text{if } n_{nm} \in G' \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

$$T_{int} = \begin{cases} \frac{P_{int}}{1 - p_{int} \left[ r \cdot \text{mod} \frac{1}{p_{int}} \right]} & \text{if } n_{int} \in G'' \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

$$T_{adv} = \begin{cases} \frac{P_{adv}}{1 - p_{adv} \left[ r \cdot \text{mod} \frac{1}{p_{adv}} \right]} & \text{if } n_{adv} \in G''' \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

در TSEP اتلاف انرژی به دلیل ناهمگنی، نسبت به روش های گذشته کاهش یافته است. در شروع هر دوره، عملکرد تغییر خوشه رخ می دهد. داده های مهم از نظر زمان تقریباً به صورت فوری به کاربر می رسند. گره ها عمل حس کردن را به صورت دائم انجام می دهند اما انتقال به صورت دائم انجام نمی گیرد بنابراین مصرف انرژی بسیار کمتر از شبکه های پیشگامانه است.

یکی از مشکلات این روش این است که اگر داده حس شده به حد آستانه نرسد کاربر اطلاعاتی را از شبکه دریافت نمی کند و اگر انرژی یکی یا تمامی گره ها به اتمام رسد سیستم از آن مطلع نمی شود بنابراین برای

$P_{adv}$  امکان بهبود سیستم وجود دارد. بنابراین SEP به دلیل وجود گره های پیشرفته، منجر به افزایش دوره پایداری و طول عمر شبکه نسبت به LEACH می شود. همچنین دو سطح ناهمگنی منجر به افزایش توان عملیاتی می گردد.

روش ESEP روش بهبود یافته SEP است که شامل سه نوع گره: عادی، متوسط و پیشرفته می باشد [9]. گره های پیشرفته کسری از همه گره ها هستند و دارای انرژی بیشتری نسبت به گره های متوسط می باشند. گره های متوسط دارای سطح انرژی بیشتری نسبت به گره های عادی می باشند. همانند SEP در ESEP نیز سرخوشه ها براساس احتمال هر نوع گره انتخاب می گردند. از طرفی اتلاف انرژی تا حدی به دلیل وجود سه سطح ناهمگنی کنترل می شود.

پروتکل TEEN یک پروتکل مسیریابی انفعالی قابل استفاده برای کاربردهای حساس است [10]. در این پروتکل انتقال فقط زمانی رخ می دهد که یک تغییر اساسی در میدان رخ دهد. این پروتکل دارای دو حد آستانه سخت و نرم می باشد. هر گاه مقادیر حس شده مساوی یا بیشتر از حد آستانه سخت باشند گره ها فرستنده های خود را روشن می نمایند و داده به سرخوشه ها هدایت می شود. برای بار دوم فقط زمانی انتقال صورت می گیرد که تفاوت مقدار حس شده و مقدار ذخیره شده قبلی برابر یا بیشتر از حد آستانه نرم باشد. از این رو مصرف انرژی و توان عملیاتی

کاهش می یابد و طول عمر شبکه و دوره پایداری بهبود خواهد یافت. در SEP، ESEP و TEEN زمان انتخاب سرخوشه ویژگی ها می توانند برحسب نیاز تغییر داده شوند. روش SEP و ESEP که پروتکل هایی آگاه به ناهمگنی هستند دوره پایداری و طول عمر شبکه را بهبود می بخشند اما توان عملیاتی از طرف دیگر افزایش می یابد که به تدریج منجر به کاهش طول عمر شبکه می شود. جهت کنترل این موضوع و ایجاد توازن بین کارایی انرژی و دقت و زمان پاسخ به صورت پویا الگوریتم TSEP ارائه شده است [11][12]. پروتکل TSEP یک پروتکل مسیریابی انفعالی است. از آنجایی که انتقال بیشتر از حس کردن پدیده، انرژی مصرف می کند فقط زمانی انجام می شود که از یک حد آستانه بیشتر گردد. در این روش سه سطح ناهمگنی وجود دارد گره های عادی، گره های متوسط و گره های پیشرفته. گره های متوسط با استفاده از  $b$  و  $\mu$  انتخاب می شود. متغیر  $b$  کسری از گره های متوسط نسبت به کل گره های شبکه است و  $\mu$  انرژی مازاد این گره ها نسبت به گره های عادی می باشد. در TSEP انرژی گره های عادی  $E_0$  و برای گره های پیشرفته  $E_{ADV} = E_0(1 + \alpha)$  و انرژی برای گره های متوسط  $E_{INT} = E_0(1 + \mu)$  که در آن  $\mu = \frac{\alpha}{2}$  است. بنابراین انرژی کلی گره های عادی، گره های پیشرفته و گره های متوسط به ترتیب  $n \cdot E_0 \cdot (1 - m - b)$ ،  $n \cdot E_0 \cdot (1 + \alpha)$  و  $n \cdot b \cdot E_0 \cdot (1 + \mu)$  می باشند. بنابراین انرژی کلی همه گره ها برابر رابطه (4) خواهد بود:

$$n \cdot E_0 \cdot (1 - m - b) + n \cdot m \cdot E_0 \cdot (1 + \alpha) + n \cdot b \cdot E_0 \cdot (1 + \mu) = n \cdot E_0 \cdot (1 + m\alpha + b\mu) \quad (4)$$

کاربردهایی که در آنها نیاز به اعلان داده به صورت دائمی می باشد مناسب نیست.

### ۳- طرح پیشنهادی

با افزایش تعداد دفعات ارسال پیام و افزایش فاصله تا ایستگاه اصلی، کاربر شبکه ممکن است اطلاعات زیادی از گره‌های مختلف شبکه دریافت نماید. از اینرو کار با چنین حجم داده‌ای باعث اتلاف انرژی در گره‌های حسگر شبکه خواهد شد. جهت بهبود دوره پایداری، توان عملیاتی و طول عمر شبکه، الگوریتم EASEP پیشنهاد داده می‌شود که بر اساس روش خوشه بندی طراحی گردیده و بهینه شده روش TSEP می باشد. این روش باعث تسهیل در روند ارسال پیام‌ها از گره ای به گره‌های کاربر در شبکه خواهد شد. این گره‌های کاربر می‌توانند گره‌هایی عادی، گره سرخوشه، یا ایستگاه اصلی باشند.

روش EASEP بهبود یافته روش TSEP می‌باشد. در روش LEACH فرض بر این است که گره‌های شبکه همگن هستند از اینرو مناسب شبکه‌هایی با گره‌هایی ناهمگن از نظر سطح انرژی نمی باشد. روشهای SEP و ESEP و TSEP برای حل این مشکل بترتیب دو، سه و سه سطح ناهمگنی را در شبکه هدف قرار داده‌اند. روش پیشنهادی نیز به بررسی شبکه‌هایی با حداکثر سه سطح ناهمگنی می پردازد. روش‌های TEEN و TSEP برای تعیین زمان ارسال پیام در هر دوره حد آستانه در نظر گرفته اند. روش پیشنهادی نیز مشابه این روشها جهت تعیین زمان ارسال پیام از گره به سرخوشه یا ایستگاه اصلی از دو نوع حد آستانه استفاده کرده است. جهت بهبود عملکرد روش TSEP، در روش EASEP برای انتخاب گره‌ها به عنوان سرخوشه، علاوه بر احتمال انتخاب و در نظر گرفتن انرژی اولیه گره‌ها، تغییرات انرژی کنونی گره‌ها نیز بصورت تابعی در نظر گرفته شده است. با استفاده از این تابع می توان احتمال سرخوشه شدن گره‌هایی که دارای انرژی بیشتری هستند را افزایش داد. هر گره حسگر برای سرخوشه شدن یک عدد تصادفی انتخاب می کند. انتخاب عدد تصادفی بر اساس انرژی باقی مانده هر گره طبق رابطه (11) محاسبه می شود.

$$rand = \begin{cases} 1 - (random \cdot \frac{E_i}{E_T}) & \frac{E_i}{E_T} \geq E_{th} \\ random \cdot \frac{E_i}{E_T} & random \leq \frac{E_i}{E_T} \\ random & otherwise \end{cases} \quad (11)$$

در رابطه فوق  $E_i$  انرژی کنونی گره  $i$  ام،  $E_T$  انرژی اولیه گره،  $random$  یک عدد تصادفی بین صفر و ۱ بوده و  $E_{th}$  یک میزان حد آستانه انرژی می باشد. پس از محاسبه، عدد تصادفی بدست می آید که نسبت به یکی از روابط (8)، (9) و (10) بر اساس نوع گره سنجیده می شود و اگر کوچکتر از مقدار محاسبه شده باشد گره مربوطه سرخوشه خواهد شد. اعمال نسبت انرژی کنونی گره در زمان تعیین عدد تصادفی

باعث افزایش چشمگیر دوره پایداری و توان عملیاتی شبکه در EASEP خواهد شد.

چنانچه گره ای به عنوان سرخوشه انتخاب شود، به گره‌های اطراف خود پیامی ارسال می کند. اگر گره‌های اطراف از طریق تعیین کمترین فاصله تا سرخوشه‌های اطراف خود، گره مربوطه را به عنوان سرخوشه خود انتخاب نمایند، در دوره کنونی موظف هستند پیام‌ها را به جای ارسال مستقیم به ایستگاه اصلی، به گره سرخوشه ارسال کنند. این امر باعث می‌شود که گره انرژی کمتری صرف ارسال پیام به ایستگاه اصلی نماید. گره‌های سرخوشه پس از جمع‌آوری اطلاعات، آن‌ها را به ایستگاه اصلی ارسال می‌کنند. به دلیل اینکه در انتخاب گره‌های سرخوشه انرژی گره‌ها در نظر گرفته شده است، گره‌های با انرژی بیشتر به عنوان گره سرخوشه انتخاب می‌شوند، در نتیجه این گره‌ها توانایی ارسال پیام‌های چندین گره اطراف خود به ایستگاه اصلی را دارند بدون اینکه انرژی زیادی از مجموع انرژی شبکه کاسته شود.

در پیامی که پس از انتخاب سرخوشه، به گره‌های اطراف آن ارسال می‌گردد، دوره ارسال گزارش (TR) برای این گره‌ها تعیین می‌شود. به این معنی که گره‌ها باید در این بازه زمانی اطلاعات خود را ارسال نمایند و اگر در بین دو بازه زمانی متوالی پدیده‌ای را حس کردند موظف هستند اطلاعات را ذخیره کنند تا زمان ارسال بعدی فرا رسد. بکارگیری این روش تأثیر مهمی در کاهش مصرف انرژی کل شبکه حسگر بیسیم خواهد داشت. رابطه (11) مختص روش EASEP می باشد و عامل اصلی بهبود عملکرد این روش نسبت به روش پیشین TSEP است. همچنین با تغییر  $E_{th}$ ، عملکرد شبکه را می توان متناسب با کاربردهای مختلف تنظیم نمود. لازم به ذکر است با حذف تابع استخراج شده و عدم بکارگیری حد آستانه  $E_{th}$ ، نتایج روش EASEP و TSEP منطبق و همانند هم خواهند شد. کافی است مقدار rand برابر random در نظر گرفته شود.

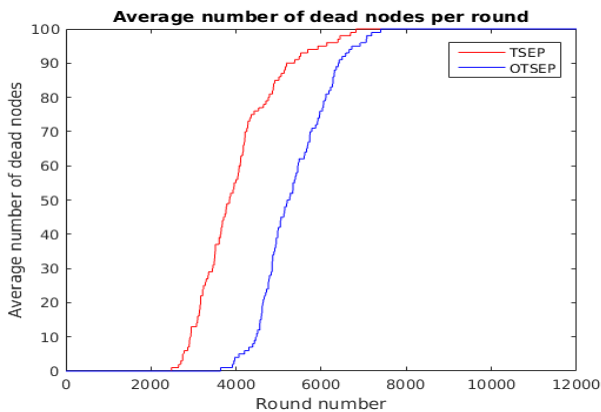
### ۴- شبیه سازی

مطالعات زیادی با بکارگیری روش خوشه بندی و با استفاده از نرم افزار MATLAB در شبکه‌های حسگر بیسیم صورت گرفته است. برخی از روش‌های پیشین همچون SEP، ESEP و TSEP از این نرم افزار برای ارزیابی و مقایسه عملکرد روش خود استفاده نموده اند. در روش EASEP نیز جهت پیاده‌سازی و ارزیابی عملکرد و مقایسه آن با نتایج بدست آمده در روش TSEP، از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است. پارامترهای دیگر شبیه سازی در جدول (1) قابل مشاهده هستند.

جدول 1: پارامترهای شبیه سازی.

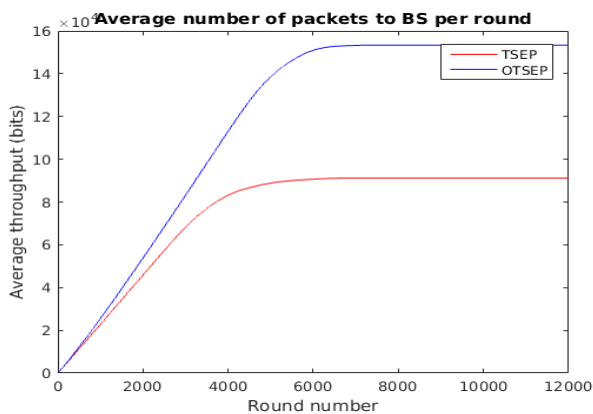
$E_{elect}$	50 nJ/bit	انرژی اتلافی جهت راه اندازی مدار فرستنده-گیرنده
$E_{da}$	5 nJ/bit/message	انرژی اتلاف شده برای تجمع داده در گره سرخوشه
$E_{fs}$	10 pJ/bit/m <sup>2</sup>	انرژی تلف شده برای ارسال مستقیم در مدل فضای آزاد

شکل (2) میانگین تعداد گره های مرده در هر دوره را در دو روش EASEP و TSEP نشان می دهد. مرگ آخرین گره تعیین کننده طول عمر شبکه می باشد. بر اساس نمودار شکل (2) روش EASEP به میزان ۸ درصد نسبت به روش TSEP بهبود یافته است.



شکل 2: میانگین تعداد گره های مرده در هر دوره در دو روش EASEP و TSEP برای 12000 دور.

شکل (3) میانگین مجموع تعداد بسته های اطلاعاتی ارسال شده از گره های حسگر و سرخوشه ها به ایستگاه اصلی در دو روش EASEP و TSEP را نشان می دهد. بر اساس نتایج بدست آمده، روش EASEP به میزان ۶۸ درصد نسبت به روش TSEP بهبود یافته است و توانایی ارسال بسته های بیشتری را به ایستگاه اصلی دارد. از اینرو دارای توان عملیاتی بالاتری می باشد.



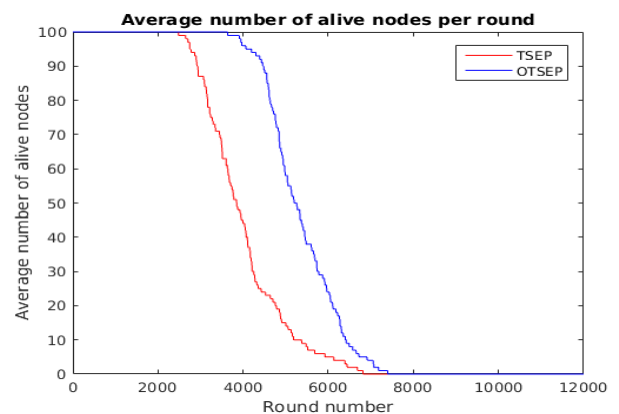
شکل 3: میانگین مجموع تعداد بسته های اطلاعاتی ارسال شده از گره های حسگر و سرخوشه ها به ایستگاه اصلی در دو روش EASEP و TSEP برای 12000 دور.

در مقایسه ای اجمالی، طبق شکل های (4)، (5) و (6) دیده می شود که میانگین دوره پایداری و توان عملیاتی در روش EASEP به میزان چشمگیری نسبت به TSEP افزایش یافته است. همچنین طول عمر شبکه نیز تقریباً بهبود یافته است.

$E_{mp}$	0.0013 pJ/bit/m <sup>4</sup>	انرژی تلف شده برای ارسال بر اساس مدل چند مسیری
$E_o$	0.5 J	انرژی اولیه گره ها
$E_{th}$	0.05	حد آستانه نسبت انرژی کنونی گره به انرژی کل آن
K	4000	اندازه بسته اطلاعاتی
n	100	تعداد گره ها
$\alpha$	1	مازاد انرژی گره های پیشرفته
$\mu$	0.5	مازاد انرژی گره های متوسط
m	0.1	کسر انرژی گره های پیشرفته نسبت به کل گره ها
b	0.3	کسر انرژی گره های متوسط نسبت به کل گره ها
TR	60 s	دوره گزارش
HT	0.2	حد آستانه سخت
ST	0.1	حد آستانه نرم

جهت پیاده سازی طرح پیشنهادی، محیطی شامل ۱۰۰ گره حسگر که بصورت تصادفی در میدانی به طول ۱۰۰ متر و عرض ۱۰۰ متر قرار داده شده اند در نظر گرفته شد. موقعیت مکانی ایستگاه اصلی در مرکز میدان در نظر گرفته شده است. به دلیل تصادفی بودن موقعیت مکانی گره ها و رخداد ها در شبکه، شبیه سازی های انجام شده با تکرار ۱۰۰ مرتبه انجام شده اند و مقادیر بدست آمده بصورت میانگین در شکل های زیر نمایش داده شده است.

شکل (1) میانگین تعداد گره های زنده در هر دوره را در دو روش EASEP و TSEP نشان می دهد. مرگ اولین گره تعیین کننده دوره پایداری الگوریتم مسیریابی می باشد. بر اساس نمودار زیر روش EASEP به میزان ۴۶ درصد نسبت به روش TSEP بهبود یافته است.

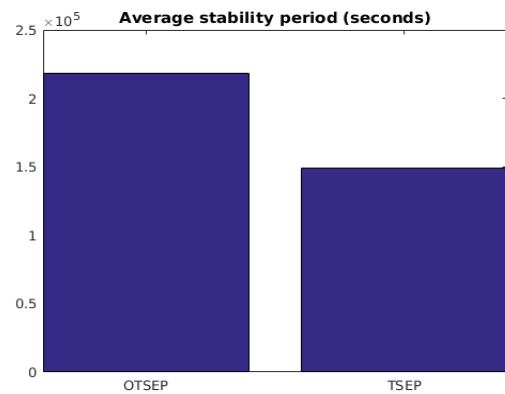


شکل 1: میانگین تعداد گره های زنده در هر دوره در دو روش EASEP و TSEP برای 12000 دور.

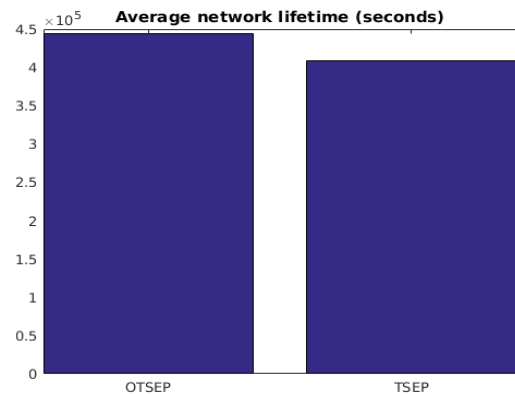
باعث بهبود عملکرد شبکه نسبت به روش های پیشین شده است. بر اساس شبیه سازی های انجام شده و مقایسه روش پیشنهادی با نتایج الگوریتم TSEP مشاهده می شود که دوره پایداری به میزان ۴۶ درصد، توان عملیاتی به میزان ۶۸ درصد و طول عمر شبکه ۸ درصد بهبود یافته است و شبکه حسگر بیسیم، عملکرد پایدارتری خواهد داشت.

## مراجع

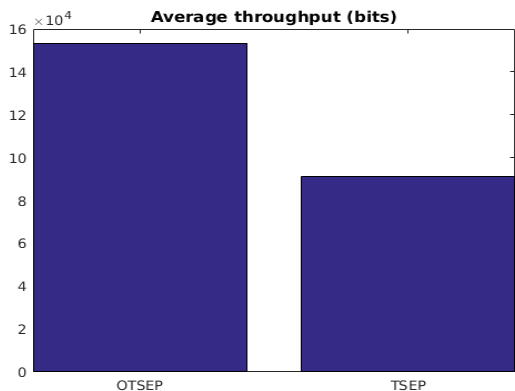
- [1] Akyildiz I., Su W. and Sankarasubramaniam Y. et al., "Wireless sensor networks: a survey," Computer Networks, Vol. 38, pp. 393-422, March 2002.
- [2] Stankovic J, Abdelzaher T. and Lu C. et al., "Real-time communication and coordination in embedded sensor networks," in the proceedings of IEEE 91(7), pp. 1002-1022, 2003
- [3] A. Kalyan, K.Chaitanya, B.N.S. Chaitanya and R. Divya kanti, "Evaluation of Stability and Optimum Energy Consumption in Wireless Sensor Network," IOSR Journal of VLSI and Signal Processing (IOSR-JVSP), Vol. 4, Issue 2, Ver. I, pp. 6-15, March 2014.
- [4] D. Virmani and S. Jain, "Stable Routing for achieving Quality of Service in wireless Sensor Networks", Published by Foundation of Computer Science, IJACA Special Issue on MANETs(1), pp. 30-34, 2010.
- [5] W.R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," in IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 1(4), pp. 660-670, October 2002.
- [6] T. J. Shepard, "A channel access scheme for large dense packet radio networks," in Proceedings of ACM SIGCOMM, pp. 219-230, September 1996.
- [7] W. R. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy efficient communication protocol for wireless microsensor networks," in Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-33), January 2000.
- [8] G. Smaragdakis, I. Matta, and A. Bestavros, "SEP: A Stable Election Protocol for clustered heterogeneous wireless sensor networks," in Second International Workshop on Sensor and Actor Network Protocols and Applications (SANP), 2004.
- [9] Femi A. Aderohunmu and Jeremiah D. Deng, "An Enhanced Stable Election Protocol (SEP) for Clustered Heterogeneous WSN," Department of Information Science, University of Otago, New Zealand, 2010.
- [10] Manjeswar, A., Agrawal, D.P. "TEEN: A protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks," In Proceedings of 1st International Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, pp. 189, San Francisco, CA, USA, 2001.
- [11] A. Kashaf, N. Javaid, Z. A. Khan, I. A. Khan, "TSEP: Threshold-sensitive Stable Election Protocol for WSNs," in 10th International Conference on Frontiers of Information Technology (IEEE), 2012.
- [12] Siddiq Iqbal, Sandesh B. Shagrithaya, Sandeep Gowda G.P, Mahesh B.S, "Performance Analysis of Stable Election Protocol and its Extensions in WSN," IEEE International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies, 2014.



شکل 4: مقایسه میانگین دوره پایداری در دو روش EASEP و TSEP بر حسب ثانیه.



شکل 5: مقایسه میانگین طول عمر شبکه در دو روش EASEP و TSEP بر حسب ثانیه.



شکل 6: مقایسه میانگین توان عملیاتی (مجموع تعداد بسته های ارسالی به ایستگاه اصلی) در دو روش EASEP و TSEP بر حسب ثانیه.

## ۵ - نتیجه گیری

دوره پایداری و توان عملیاتی از پارامترهای مهم و کلیدی در طراحی پروتکل های مسیریابی برای شبکه های حسگر بیسیم محسوب می شوند. در این مقاله روش EASEP که بهبود یافته روش TSEP است، ناممکن و آگاه به انرژی می باشد. در این روش حد آستانه انرژی معرفی گردید که

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



تازه های آموزش  
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



تازه های آموزش  
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



تازه های آموزش  
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران