

افزایش توازن بار شبکه‌های حسگر بی‌سیم چند چاهکی با استفاده از الگوریتم فرهنگی چند جمعیتی مبتنی بر مهاجرت فرهنگ

نسرین منصوری^۱ ، محمدرضا مبیدی^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه آزاد اسلامی قزوین واحد علوم و تحقیقات، قزوین
mansoori@qiau.ac.ir

^۲ عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران
mmeybodi@aut.ac.ir

چکیده

شبکه‌ی حسگر بی‌سیم، متناسب با تعداد چاهک‌ها به چند ناحیه بخش‌بندی می‌شود. گره‌های اطراف هر چاهک علاوه بر ارسال اطلاعات خود، اطلاعات سایر گره‌های ناحیه را نیز به چاهک جلورانی می‌کنند، بنابراین به سرعت انرژی خود را از دست می‌دهند و اطراف چاهک چاله‌ی انرژی بوجود می‌آید. برای جلوگیری از این مشکل، هر چاهک با جایه‌جایی بین گره‌های ناحیه خود، بار ارسال و دریافت داده را روی گره‌ها متوازن می‌کند. هر چاهک مکانی را برای اقامت بعدی خود انتخاب می‌کند که کارایی مصرف انرژی گره‌های آن ناحیه را بالا ببرد. در این مقاله پیشنهاد شده است که چاهک‌های نواحی مختلف برای تعیین مکان اقامت بعدی خود، شرایط شبکه نظیر سطح انرژی باقیمانده گره‌های نواحی و موقعیت مکانی چاهک‌ها نسبت به یکدیگر را نیز در نظر بگیرند. به این منظور الگوریتم فرهنگی چند جمعیتی پیشنهاد می‌شود و زیر جمعیت‌ها با تبادل فرهنگ بین یکدیگر سعی می‌کنند بهترین پاسخ را بیابند. نتایج حاصل از شبیه سازی روش پیشنهادی با نتایج چند الگوریتم مقایسه شده که نشان دهنده‌ی پهبود کارایی این روش در توازن بار شبکه می‌باشد.

کلمات کلیدی

شبکه حسگر بی‌سیم ، چاهک ، الگوریتم فرهنگی.

بنابراین طول عمر شبکه که وابسته به طول عمر گره‌های است تنها با مصرف بھینه انرژی گره‌ها بھینه می‌شود. طول عمر شبکه را به صورت مدت زمان سپری شده تا مرگ درصدی از گره‌ها تعریف می‌کنیم، بنابراین برای آن لازم است مصرف انرژی گره‌ها متوازن باشد [3]. بیشترین انرژی گره صرف ارسال و دریافت می‌شود. انرژی مصرفی برای انتقال اطلاعات با فاصله‌ی فرستنده و گیرنده رابطه عکس دارد، بنابراین گره‌هایی که از چاهک دورترند انرژی قابل ملاحظه‌ای را صرف ارسال اطلاعات به چاهک می‌کنند. از این رو از چند چاهک که بطور مناسبی در شبکه توزیع شده‌اند استفاده می‌شود [4]، هر گره داده‌های خود را به نزدیکترین چاهک ارسال می‌کند، در نتیجه مسیر ارسال داده

۱- مقدمه

شبکه‌های حسگر بی‌سیم از تعداد زیادی گره حسگر با حافظه و توان پردازشی محدود تشکیل شده‌اند. گره‌های حسگر در سطح شبکه پخش شده‌اند، اطلاعات محیط را حس کرده و برای انجام محاسبات و پردازش به چاهک می‌فرستند. امروزه شبکه‌های حسگر در کاربردهای مختلفی از جمله مدیریت جاده‌ها و جنگل‌ها، مدیریت فاجعه، میدان‌های جنگ و بسیاری از موارد دیگر کاربرد دارند. انرژی مورد نیاز گره‌های حسگر از طریق باتری تامین می‌شود و غیر قابل شارژ است.

اقامت بعدی چاهک به کار رفته است. مرجع [16]، با استفاده از الگوریتم کولونی مورچگان مسیری با بیشترین کارایی انرژی برای ارسال داده‌های حسگرها به چاهک انتخاب کرد.

در شبکه‌هایی با چند چاهک^۳ هر گره داده خود را به سمت نزدیکترین چاهک می‌فرستد و شبکه به چند ناحیه بخش‌بندی می‌شود بطوریکه به هر ناحیه یک چاهک اختصاص یابد. در روش‌هایی که گفته شد توازن بار، تنها در سطح هر ناحیه مطرح شد. اما در مرجع [17]، از یک گره لنگر^۴ برای تقسیم بندی نواحی استفاده شده است. گره لنگر به کمک یادگیری جایه‌جا می‌شود، مرز نواحی را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که توازن بار^۵ بین نواحی حاصل شود. این روش، توازن بار در سطح شبکه را فراهم می‌کند ولی درون هر ناحیه به دلیل ثابت بودن چاهک، بار متعادل نیست و با مساله چاله انرژی روبرو خواهیم شد.

روشی که در این مقاله برای رسیدن به توازن بار در سطح شبکه پیشنهاد می‌شود این است که با ارائه‌ی الگوریتم فرهنگی چند جمعیتی^۶ [18]، مکانیزمی برای جایه‌جا چاهک‌ها در هر ناحیه فراهم شود تا علاوه بر اینکه از بروز مساله چاله‌های انرژی جلوگیری کند در جایه‌جا یک چاهک، وضعیت سایر چاهک‌ها نیز در نظر گرفته شود. چاهک‌هایی که در نواحی با انرژی بالاتر قرار دارند، چنانچه شرایط لازم را داشته باشند مناسب با انرژی باقیمانده ناحیه‌ی خود، به سمت چاهکی حرکت کنند که در ناحیه‌ای با انرژی باقیمانده پایین-تری قرار گرفته است. بدین ترتیب بخشی از گره‌های این ناحیه به سایر چاهک‌ها نزدیکترند و باراین گره‌ها به سایر چاهک‌ها محول می‌شود.

در ادامه، در بخش سوم به تعریف الگوریتم فرهنگی و اجزای آن می‌پردازیم. در بخش چهارم ساختار شبکه را شرح می‌دهیم، در بخش پنجم الگوریتم پیشنهادی مطرح می‌شود و در بخش ششم با نمایش نتایج شبیه‌سازی به ارزیابی الگوریتم پیشنهادی بر روی شبکه و نهایتاً در بخش هفتم به نتیجه‌گیری خواهیم پرداخت.

۳- الگوریتم فرهنگی

الگوریتم فرهنگی شامل دو جمعیت به نام‌های فضای جمعیت اولیه^۷ و فضای باور^۸ است که با یکدیگر در ارتباطند. افرادی از جمعیت اولیه که جواب‌های بهتری برای مساله هستند بعنوان اعضای فضای باور انتخاب می‌شوند. این دو فضا توسط یک پرتلکل ارتباطی با هم در تعامل‌اند. داشن به دست آمدۀ از فضای باور روی جمعیت اولیه تاثیرگذار است و به این شکل فرهنگ شکل می‌گیرد [1]. چارچوب الگوریتم فرهنگی در شکل ۲ نشان داده شده است:

کوتاه‌تر می‌شود، اما هزینه استقرار چاهک‌ها و جمع‌آوری اطلاعات آنها بالاست. در ارسال اطلاعات از طریق ارتباطات چندگامی هر گره اطلاعات خود را با صرف انرژی کمتر به گره‌های لایه‌ی بالاتر خود می-فرستد تا سرانجام به چاهک برسد، در این صورت به دلیل کم شدن فاصله مبدأ و مقصد از یکدیگر مصرف انرژی کاهش می‌یابد [5]. به گره‌هایی که در فاصله تک‌گامی از چاهک واقعند نقطات داغ^۹ گفته می-شود که در ارتباطات چندگامی علاوه بر ارسال اطلاعات خود به چاهک اطلاعات سایر گره‌ها را نیز به چاهک جلوانی^{۱۰} می‌کنند، بنابراین به سرعت انرژی خود را از دست می‌دهند و ادامه‌ی این روند باعث می-شود اطراف چاهک چاله‌ی انرژی به وجود آید و چاهک از دسترس شبکه خارج شده، شبکه از کار بیفتند [6].

یک راه حل کارآمد برای جلوگیری از بروز این مساله، جایه‌جا یی چاهک بین گره‌های است [7]. چاهک با حرکت در نقاط مختلف مجموعه حسگرهای همسایه خود را بطور مجازی توسعه می‌دهد در نتیجه ارتباط تک‌گامی بین چاهک و گره‌ها افزایش یافته و از رخدادن مساله چاله‌های انرژی جلوگیری می‌شود و بار بصورت متوازن روی شبکه توزیع می‌شود [8]. وقتی انرژی نقاط داغ از حدی کمتر شود، چاهک تصمیم می‌گیرد به مکان جدید جایه‌جا شود. اکنون مساله این است که مکان بهینه‌ی بعدی برای چاهک چگونه تعیین شود [9].

۲- بیشینه‌ی تحقیق

از بین انواع مدل‌های جایه‌جا، نوع کنترل شده یک الگوریتم معین را برای جایه‌جا یی چاهک به کار می‌برد و بیشترین کارایی انرژی را برای مساله فراهم می‌کند [10]. دسته‌ای از راه حل‌ها مکانی با بیشترین انرژی باقیمانده گره‌های همسایه را برای این ناحیه انتخاب می‌کنند [11]. گرچه ممکن است مکانی با بیشترین انرژی باقیمانده از مکانی که رویداد در آن رخ داده دورتر باشد که باعث تاخیر در ارسال داده شود و به دلیل حضور چاهک در مکانهای خاص توازن بر انجام نمی‌شود. در استراتژی‌های مبتنی بر رویداد، چاهک به سمت ناحیه‌ای که رویداد رخ داده جایه‌جا می‌شود [12]، در سرتاسر شبکه‌های حسگر بی‌سیم همواره رویداد حس می‌شود پس این روش پاسخگو نیست. دسته‌ای از روش‌ها مکانی با بیشترین تراکم گره (تعداد همسایگان بیشتر) را به عنوان مکان مناسب بعدی چاهک انتخاب می-کنند، گرچه در این صورت چاهک تنها در ناحیه‌ای که چگال‌تر از سایر نواحی است نوسان می‌کند. ایجاد درخت پوشای کمینه برای تعیین مسیر چاهک نیز در مرجع [6] پیشنهاد شد ولی انرژی مصرفی جهت برپایی درخت بالاست. ترکیبی از موارد بالا نیز قابل بکارگیری است [13].

الگوریتم‌های فرالبتکاری نیز در تعیین مکان اقامت چاهک به کار رفته‌اند. الگوریتم ژنتیک [14]، و اجتماع ذرات [15]، برای تعیین مکان

دانش موقعیتی، بهترین فرد را به عنوان الگو برای نسل بعد در نظر می‌گیرد. دانش دامنه، بهترین‌های هر نسل را نگهداری می‌کند با این تفاوت که دانش، دوباره مقداردهی اولیه نمی‌شود. دانش مکانی، فضای جستجو را به سلولهایی بخشندی و رتبه‌بندی می‌کند. در محیط شبکه‌ی این مقاله دانش‌های معیار و تاریخچه را بکار می‌بریم.

۳-۱-۱- دانش معیار

بازه‌ی مناسب برای جستجو را تعیین می‌کند. طبق رابطه‌ی زیر:

$$N(t) = (\mathcal{X}_1(t), \mathcal{X}_2(t), \dots, \mathcal{X}_n(t)) \quad (1)$$

$$\mathcal{X}_j(t) = (\mathcal{X}_{\min,j}(t), \mathcal{X}_{\max,j}(t), L_j(t), U_j(t)) \quad (2)$$

در اینجا n تعداد ابعاد مسئله است و $\mathcal{X}_{\min,j}, \mathcal{X}_{\max,j}$ حد بالا و

پایین بعد زام می‌باشد و L_j, U_j مقدار تابع شایستگی برای این

مقادیر است. روابط زیر برای به روز رسانی فضای باور تاثیرگذار

$$\mathcal{X}_{\min,j}(t+1) = \begin{cases} \mathcal{X}_{ij}(t) \rightarrow \text{if } \mathcal{X}_{ij}(t) \leq \mathcal{X}_{\min,j}(t) \text{ or } f(\mathcal{X}_i(t)) < L_j(t) \\ \mathcal{X}_{\min,j}(t) \rightarrow o.w \end{cases} \quad (3)$$

$$\mathcal{X}_{\max,j}(t+1) = \begin{cases} \mathcal{X}_{ij}(t) \rightarrow \text{if } \mathcal{X}_{ij}(t) \geq \mathcal{X}_{\max,j}(t) \text{ or } f(\mathcal{X}_i(t)) < U_j(t) \\ \mathcal{X}_{\max,j}(t) \rightarrow o.w \end{cases} \quad (4)$$

$$L_j(t+1) = \begin{cases} f(\mathcal{X}_i(t)) \rightarrow \text{if } \mathcal{X}_{ij}(t) \leq \mathcal{X}_{\min,j}(t) \text{ or } f(\mathcal{X}_i(t)) < L_j(t) \\ L_j(t) \rightarrow o.w \end{cases} \quad (5)$$

$$U_j(t+1) = \begin{cases} f(\mathcal{X}_i(t)) \rightarrow \text{if } \mathcal{X}_{ij}(t) \geq \mathcal{X}_{\max,j}(t) \text{ or } f(\mathcal{X}_i(t)) < U_j(t) \\ U_j(t) \rightarrow o.w \end{cases} \quad (6)$$

۳-۱-۲- دانش تاریخچه

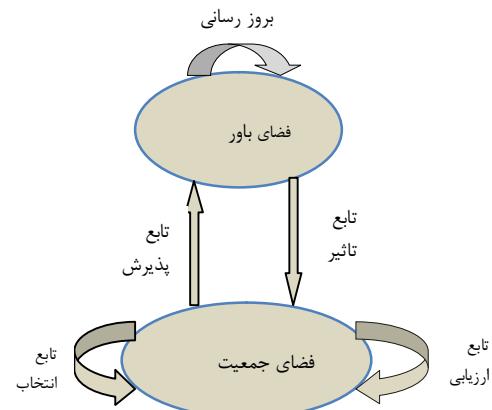
دانش تاریخچه برای محیط‌های پویا به کار می‌رود و بهترین پاسخ‌های هر نسل را در حافظه نگهداری می‌کند.

۳-۲- تابع پذیرش

افراد شایسته در هر نسل را برای ایجاد فضای باور انتخاب می‌کند.

$$n_B(t) = \left\lceil \frac{n_s \gamma}{t} \right\rceil \quad (7)$$

n_s اندازه جمعیت، t تکرارها و γ متغیری بین صفر و یک است که باعث می‌شود با گذشت زمان تعداد افراد تاثیرگذار کمتر شود.



شکل ۱: چارجوب الگوریتم فرهنگی

بطور کلی الگوریتم فرهنگی بصورت زیر عمل می‌کند:
در هر نسل، جمعیت اولیه با تعدادی جواب تصادفی تحت عنوان افراد، مقداردهی اولیه می‌شود. تمامی افراد جمعیت ارزیابی^{۱۰} می‌شوند. افرادی با بیشترین شایستگی که بتوانند روی فضای باور تاثیرگذار باشند توسط تابع پذیرش^{۱۱} انتخاب می‌شوند وارد فضای باور می‌شوند. افراد جدید در فضای باور با اعضای قبلی مقایسه^{۱۲} می‌شوند و فضای باور بروزرسانی می‌شود. دانشی که در فضای باور ایجاد می‌شود توسط تابع تاثیر روی تکامل جمعیت اولیه اثر می‌گذارد. شبه کد الگوریتم فرهنگی در شکل ۲ نشان داده شده است:

```

Set the generation counter, t=0
Create and initialize the population space, C (0)
Create and initialize the belief space (0)
While stopping condition(s) not true do
    Evaluate the fitness of each individual
    Adjust (B (t), Accept(C (t)))
    Variate (C (t), Influence (B (t)))
    t=t+1
Select the new population

```

شکل ۲: شبه کد الگوریتم فرهنگی

۳-۳- فضای باور

فضای باور از دانش‌های مختلفی تشکیل شده از جمله:

- دانش موقعیتی^{۱۳}
- دانش معیار^{۱۴}
- دانش تاریخچه^{۱۵}
- دانش دامنه^{۱۶}
- دانش مکانی^{۱۷}

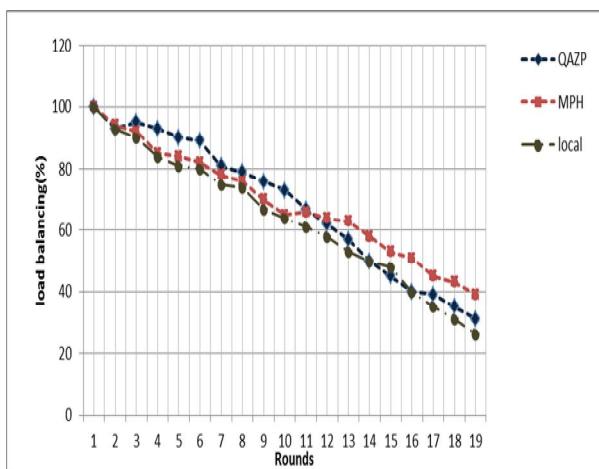
شوند. به این ترتیب تا جایی که که توازن بار شبکه به هم نخورد، چاهک‌های نواحی با انرژی بالاتر متناسب با میزان انرژی ناحیه خود، به سمت چاهکی حرکت می‌کنند که انرژی باقیمانده گره‌های ناحیه آن کمتر است.

۶- ارزیابی

شبیه سازی این روش در محیط omnet انجام شده است و نتایج آن به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۱: پارامترهای شبیه سازی

مقدار	پارامترها
۶۰۰	تعداد گره‌ها
۴	تعداد چاهک‌ها
۲۰	تعداد تکرارها
۱۰	انرژی اولیه گره‌ها
۱۰۰۰	انرژی اولیه چاهک‌ها
100 j/bit/m^2	E_{elec}
50 nj/bit	e_{amps}



شکل ۳: مقایسه توازن بار الگوریتم پیشنهادی با کارهای مشابه

این الگوریتم با نام اختصاری MPH نشان دادیم و با دو روش مقایسه شده است. یکی از این روش‌ها QAZP^{۲۰} نام دارد. در این روش مکان چاهک‌ها ثابت است و بار شبکه‌ی چند چاهکی را به کمک جایی گره لنگر متوازن می‌کند[17]. اما به دلیل ثابت بودن چاهک در هر ناحیه توازن بار درون نواحی حاصل نمی‌شود. روش دیگر که با نام local نمایش داده شده است، جستجوی محلی حریصانه را برای یافتن مکان مناسب برای حرکت چاهک‌ها به کار می‌برد[11]. مشاهده می‌کنیم که بهبودی که در تکرارهای پایانی به دست می‌آید

دانش فضای باور روی جمعیت اولیه تاثیرگذار است و به کمک ضریب درون بازه‌ی دانش معیار قرار می‌گیرد.

$$x_{ij}(t) = \begin{cases} x_{ij}(t) + \text{size}(I_j(t) * N_j(0,1)) \rightarrow if x_{ij}(t) < x_{\min_j}(t) \\ x_{ij}(t) - \text{size}(I_j(t) * N_j(0,1)) \rightarrow if x_{ij}(t) > x_{\max_j}(t) \\ x_{ij}(t) + \beta * \text{size}(I_j(t)) * N_j(0,1) \rightarrow OW \end{cases} \quad (8)$$

(ج) بیانگر بازه‌ی مربوط به بهترین و بدترین فرد جمعیت است.

۴- ساختار مساله

شبکه از تعدادی گره حسگر که بصورت تصادفی در محیط پخش شده اند و تعدادی گره چاهک که قابلیت جایه جایی دارند تشکیل شده است. شبکه به تعداد معینی توری^{۱۸} بخش بندی شده است. هر یک از توری‌ها یک مکان کاندید برای اقامت چاهک ناحیه خود و یک جواب کاندید برای مساله است.

۵- الگوریتم پیشنهادی

جمعیت اولیه را به چند زیر جمعیت با اندازه‌های مساوی بخش بندی می‌کنیم. زیر جمعیت‌ها را با افراد که در واقع جواب‌هایی برای مساله هستند مقداردهی می‌کنیم. جمعیت اولیه هر زیر جمعیت با تعدادی از مکان‌های کاندید برای اقامت چاهک مقداردهی می‌شود، سپس شایستگی هر یک از افراد زیر جمعیت‌ها توسط تابع برازنده‌ی برای انتخاب بهترین اعضا برای فضای باور تعیین می‌شود. جمعیت اولیه از طریق تعامل با فضای باور بهترین مکان از بین جواب‌های موجود در جمعیت برای هر زیر جمعیت را پیدا می‌کند، بازه‌ی مربوط به دانش معیار تعیین می‌شود و بوسیله‌ی تابع تاثیر، جمعیت اولیه (که توری-هایی از هر ناحیه شبکه هستند) را تغییر می‌دهد. دانش بدد آمدۀ از هر زیر جمعیت توسط توبولوژی حلقه‌ای^{۱۹} و در وقفه‌های زمانی معین با یکدیگر مبادله می‌شوند و الگوریتم فرهنگی چند دور دیگر نیز با دانش جدید اجرا می‌شود. خروجی الگوریتم یک بردار است، که هر زیر جمعیت مکان مناسب برای اقامت یکی از چاهک‌ها را معین می‌کند، تابع برازنده‌ی بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2 \quad (9)$$

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (10)$$

در این رابطه^۹ S_n^2 واریانس تغییرات انرژی نواحی را محاسبه می‌کند و E_i میانگین انرژی باقیمانده‌ی هر ناحیه است. هر یک از چاهک‌ها به مکان جدیدی که الگوریتم تعیین کرده است جایه جایی-

- Wireless Sensor Networks", Journal of Central South University of Technology, Vol. 16, pp. 265-268, 2009.*
- [12] Vincze, Z., Vass D., Vida, R., and Telcs, A., *"Adaptive Sink Mobility in Event-driven Multi-hop Wireless Sensor Networks,"* In Proc. of 6th Int. Network Conference, pp. 315-322, 2006.
- [13] Kinalis, A., Nikolestas, S., Patroumpa, D., and Rolim, J., *"Biased Sink Mobility with Adaptive Stop Times for Low Latency Data Collection in Sensor Network,"* Journal of Information Fusion, pp. 1-5, 2012.
- [14] Ibrahim, H. M., Omar, N. M. and Ahmed, A. H., *"Utilizing Genetic Algorithm in a Sink Driven, Energy Aware Routing Protocol for Wireless Sensor Networks,"* Computer Sci., Engineering and Applications Advances in Intelligent Systems and Computing , Vol. 167, pp. 447-456, 2012.
- [15] Mayura, C., Guru, S., S. Halgamuge and Fernando, S., *"Optimized Sink Node Path Using Particle Swarm Optimization,"* In Proc. of the 20th IEEE Int. Conference on Advanced Information Networking and Applications, pp. 1-5, 2006.
- [16] Yang, J., Lin, Y., Xiong, W. and Xu, B., *"Ant Colony-based Multi-path Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks,"* IEEE Int. Workshop on Intelligent Systems and Applications, pp. 1-4, 2009.
- [17] Cheng S., Chang, T., *"An Adaptive Learning Scheme for Load Balancing with Zone Partition in Multi-sink Wireless Sensor Network,"* Journal of Expert Systems with Application, pp. 9427-9434, 2012.
- [18] Guo, Y., Cheng, j., Cao, Y., Lin, Y., *"A Novel Multi-Population Cultural Algorithm Adoptin Knowledge Migration ",* Soft Comput, pp.897-905, 2011.

چشمگیرتر از تکرارهای نخست است چرا که در تکرارهای اول پاسخ-های تصادفی را امتحان می کنیم.

- نتیجه

در این مقاله الگوریتم فرهنگی چند جمعتی برای تعیین مکان چاهک-های درون شبکه حسگر بی سیم به کار رفته است، به نحوی که به توازن بار قابل قبولی دست یابیم. این روش، توازن بار در سطح توافق و در سطح شبکه را بصورت هماهنگ در نظر گرفته است. نتایج شبیه-سازی نشان می دهد که الگوریتم پیشنهادی کارایی قابل قبولی در بهبود توازن بار شبکه دارد. برای کارهای آینده می توان یادگیری را نیز برای تعیین مکان چاهکها به کار برد و به کارایی بیشتری دست یافت.

مراجع

- [1] Engelbrecht, Andres, P., *Cultural Algorithms: Computational Intelligence an Introduction*, Second Edition, Wiley, pp. 260-283, 2007.
- [2] Erman, A. T., *Load Balancing in Multi Sink Wireless Sensor Networks: Multi Sinks Mobile Wireless Sensor Networks: Dissemination Protocols, Design, Evaluation*, Ph. D. Thesis, University of Twente, pp. 27-127, 2009.
- [3] Ishmanov, F., Malik, A. S., and Kim, S. W., *"Energy consumption balancing issues and mechanisms in wireless sensor networks: a comprehensive overview"*, Trans. on Telecommunications, pp. 151-167, 2011.
- [4] Gandham, S. R., Dawande, M., Prakash, R. and Venkatesan, S., *"Energy Efficient Schemes for Wireless Sensor Network with Multiple Base Stations"*, In Proc. of IEEE Globecom Conference, Vol. 1, pp. 377-381, 2003.
- [5] Rao, J., Biswas, S., *"Data Harvesting in Sensor Networks Using Mobile Sinks"*, IEEE Communications, pp. 63-70, 2008.
- [6] Viplavi, D., Mohamed, Y., Bartino, E., and Joshi J., *"Sink Mobility to Extend the Lifetime of Wireless Sensor Networks"*, Collaborative Computing: networking, Application and Worksharing, Vol. 10, Social Informatics and Telecommunications Engineering, pp. 355-369, 2009.
- [7] Wang, Z. M., Basagni, S., Melachrinoudis, E., and Petrioli, C., *"Exploiting Sink Mobility for Maximizing Sensor Networks Lifetime,"* In Proc. of 38th Int. Conference on System Sciences IEEE, pp. 1-3, 2005.
- [8] Vlajic, N., Stevanovic, D., and Spanogiannopoulos, G., *"Sink Mobility in Wireless Sensor Networks: from theory to practice,"* IGI Global, pp. 371-375, 2010.
- [9] Koc, M., Korpeoglu, I., Gelenbe, E., Lent, R., and Sakellari, G., *"Algorithms for Sink Mobility in Wireless Sensor Network to Improve Network Lifetime"*, 26th Int. Symposium on Computer and Information Sciences, pp. 173-177, 2012.
- [10] Basagni, S., Carosi, A., Melachrinoudis, E., Petrioli, C., and Wang, Z. M., *"Controlled Sink Mobility for Prolonging Wireless Sensor Networks Lifetime"*, Springer Journal, Vol. 14, pp. 831-851, 2008.
- [11] Akkaya, K., Younis, M., and Bangad, M., *"A Sink Moving Scheme Based on Local Residual Energy of Nodes in*

sink	`
Hot spot	`
Forward	`
Multi-sink	`
Anchor	°
Load balancing	`
Multi population	`
Population space	`
Belief space	`
Fitness function	`
Accept function	`
Adjust function	`
Situational knowledge	`
Normative knowledge	`
History knowledge	`
Domain knowledge	`
Topographical knowledge	`
Grid	`
Ring	`
Q-learning based Adaptive Zone Partitioning	`