

انتساب ایستای کانال در شبکه های مخابراتی موبایل با استفاده از الگوریتم ترکیبی

حرکت دسته جمعی پرندگان و اتوماتای یادگیر

(PSO-LA)

محمد حسین مقدم^۱، فرشاد جعفریه^۲، زهرا گلشنی^۳ و فاطمه عیوضی زاده^۴

^۱ دانشگاه صوفی رازی، mhghmoghadam@yahoo.com

^۲ دانشگاه صوفی رازی، jafarieh_farshad@yahoo.com

^۳ دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، golshani_zahra@yahoo.com

^۴ دانشگاه صوفی رازی، feyvazizadeh@yahoo.com

چکیده-مسئله انتساب ایستای کانال یکی از کلیدی ترین مسائل در طراحی شبکه های مخابراتی موبایل می باشد. مسئله انتساب ایستای کانال عبارتست از تخصیص کانالهای فرکانسی مورد نیاز سلولها بطور ثابت و براساس پیش بینی ها و تخمینهای قبلی از ترافیک هر سلول، بطوریکه هدف کاهش انسداد مکالمات برآورده شود. با توجه به NP-Complete بودن این مسئله تاکنون تلاشهای زیادی جهت استفاده از الگوریتم های مکاشفه ای گوناگون در حل آن بکار گرفته شده است. الگوریتم حرکت دسته جمعی پرندگان یک رهیافت مکاشفه ای برای حل مسایل بهینه سازی پیچیده می باشد که بررسی های اخیر بر روی آن، کارایی مناسب آن را به عنوان تکنیکی برای حل این گونه مسایل نشان داده است. از آنجا که در این الگوریتم ذرات به تدریج به سمت بهترین راه حل پیدا شده تا به حال، میل می کنند اگر این راه حل، یک بهینه محلی باشد ذرات همگی به سمت آن می روند و الگوریتم استاندارد راهکاری برای خروج از این بهینه محلی ارائه نمیدهد. در این مقاله به منظور بهبود کارایی الگوریتم در این کاربرد، الگوریتم ترکیبی حرکت دسته جمعی پرندگان و اتوماتای یادگیر مورد استفاده قرار می گیرد. نتایج آزمایشها بر روی دیتاست شهر فیلادلفیا نشان می دهد که روش ارائه شده از عملکرد بهتری در مقایسه با مدل PSO استاندارد برخوردار است.

کلمات کلیدی: حرکت دسته جمعی ذرات، انتساب ایستای کانال، اتوماتای یادگیر

۱- مقدمه

بهینه سازی پیچیده می باشد که بررسی های اخیر بر روی آن، کارایی مناسب آن را به عنوان تکنیکی برای حل این گونه مسایل نشان داده است. از آنجا که در این الگوریتم ذرات به تدریج به سمت بهترین راه حل پیدا شده تا به حال میل میکنند اگر این راه حل، یک بهینه محلی باشد ذرات همگی به سمت آن می روند و الگوریتم استاندارد PSO راهکاری برای خروج از این بهینه محلی ارائه نمیدهد. این بزرگترین مشکل PSO استاندارد است که سبب میشود در حل مسایل چند قله ای مخصوصا با فضای حالت بزرگ ناتوان باشد.

یکی از اعمال صورت گرفته برای مقابله با مشکل بهینه های محلی در الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات، استفاده از جهش است [۲][۳][۴]. در [۲] و [۳] از جهش گاوسی در PSO استاندارد و نیز نسخه هایی تغییر یافته از آن استفاده شده.

امروزه استفاده از سیستمهای مخابرات سیار کاملا همگانی گردیده و روزانه بر تعداد درخواست کنندگان اشتراک آنها افزوده می شود. با این حال پهنای باند تصویب شده این سیستمها کاملا محدود می باشد و در نتیجه مشکل اصلی ارتباطات شبکه سلولی در عصر جدید حل مسئله تخصیص منابع محدود به درخواستهای روزافزون مشتریان می باشد. نحوه تخصیص کانالهای فرکانسی به سلولهای شبکه یکی از مسایل بنیادی مخابرات سیار است.

با توجه به NP-Complete بودن این مسئله تاکنون تلاشهای زیادی جهت استفاده از الگوریتم های مکاشفه ای گوناگون در حل آن بکار گرفته شده است. الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات یک رهیافت مکاشفه ای برای حل مسایل

در این مقاله با استفاده از روش ترکیب الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات با اتوماتای یادگیر به این مشکل الگوریتم غلبه و از آن در حل مسئله تخصیص ایستای کانال استفاده خواهیم کرد. اتوماتای یادگیر یک مدل انتزاعی است که تعداد محدودی عمل را می‌تواند انجام دهد. هر عمل انتخاب شده توسط محیطی احتمالی ارزیابی می‌گردد و پاسخی به اتوماتای یادگیر داده می‌شود. اتوماتای یادگیر از این پاسخ استفاده نموده و عمل بعدی را انتخاب می‌کند. در طی این فرایند، اتوماتای یادگیر یاد می‌گیرد که چگونه بهترین عمل را انتخاب نماید. ادامه این گزارش به صورت زیر سازماندهی شده است. بخش ۲ به معرفی شبکه سلولی موبایل، بخش ۳ حرکت دسته جمعی ذرات (PSO) می‌پردازد. در بخش ۴ اتوماتاهای یادگیر به اختصار معرفی شده است. بخش ۵ مدل ترکیبی PSO-LA شرح داده می‌شود. بخش ۶ نتایج شبیه سازیها را ارائه می‌کند و بخش ۷ نتیجه گیری می‌باشد.

۲_ شبکه سلولی موبایل :

در شبکه های سلولی، سطح یک ناحیه^۱ به چند حوزه بنام سلول^۲ تقسیم می‌شود. در هر سلول یک ایستگاه پایه^۳ برای کنترل وضعیت آن سلول و ارتباط با دیگر سلولها قرار دارد. هر ایستگاه پایه در محدوده فرکانسی مشخصی کار می‌کند که دستگاههای سیار، در هر سلولی که قرار دارند، از طریق طیف فرکانسی ایستگاه پایه آن سلول با ایستگاه پایه ارتباط برقرار می‌کنند.

دو ویژگی اصلی سیستمهای سلولی که باعث استفاده گسترده از این سیستمها در شبکه های سیار شده است، استفاده مجدد از فرکانس و تقسیم بندی سلولها می‌باشد. مسأله انتساب ایستای کانال عبارتست از تخصیص بهینه کانال یا فرکانس ها به هر سلول از شبکه رادیویی سلولی، بطوری که محدودیت های سازگاری الکترومغناطیسی، رعایت گردند. محدودیت های سازگاری عبارتند از :

(۱) محدودیت هم کانالی: یک فرکانس معین را نمی-توان بطور همزمان به برخی از سلول های رادیویی معین تخصیص داد .

(۲) محدودیت کانال همسایه: فرکانسهای همسایه در محدوده معین را نمی‌توان بطور همزمان به دو سلول مجاور از از شبکه تخصیص داد.

(۳) محدودیت هم سلولی: هر زوج فرکانس تخصیص داده شده به یک سلول رادیویی باید فاصله میعنی از یکریگر در محدوده فرکانس، داشته باشند.

بطور کلی دسته‌بندی‌های متفاوتی برای استراتژیهای انتساب کانال وجود دارد. اما از آنجایی که تأثیر هم‌کانالها در این روشها قابل توجه است، در مهمترین و رایج‌ترین دسته‌بندی، بر اساس رویکرد جداسازی هم‌کانالها، روشهای انتساب کانال به سه دسته عمده «انتساب کانال ثابت»^۴(FCA)، «انتساب کانال پویا»^۵(DCA) و «انتساب کانال هیبرید»^۶(HCA) تقسیم می‌شوند[۶]، [۷].

در روش FCA، انتساب کانال برای هر سلول به طور ثابت و دایمی انجام می‌گیرد. برای دستیابی به چنین انتسابی دو مرحله مورد نیاز می‌باشد. اولین قدم فرآیند طراحی است که در آن ترافیک آتی پیش‌بینی می‌شود، و در قدم بعد انتسابها بگونه‌ای صورت می‌گیرند که نیازمندیهای پیش‌بینی شده را برآورده کنند. بعد از طرح‌ریزی دقیق فرکانس، به هر سلول یک مجموعه کانال اختصاص می‌یابد.

در این مقاله به روش ایستای تخصیص کانال FCA توسط الگوریتم ترکیبی حرکت دسته جمعی ذرات و اتوماتای یادگیر خواهیم پرداخت.

۳_ حرکت دسته جمعی ذرات :

حرکت جمعی ذرات(PSO)، یک تکنیک بهینه سازی احتمالی است که بر مبنای جمعیت کار میکند. این روش در سال ۱۹۹۵ توسط دکتر ابرهارت و دکتر کندی ارائه شد [۱] و ایده اصلی آن از رفتار دسته جمعی ماهی‌ها یا پرندگان به هنگام

⁴ Fixed Channel Assignment

⁵ Dynamic Channel Assignment

⁶ Hybrid Channel Assignment

¹ Area

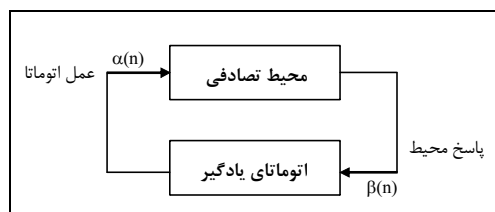
² Cell

³ Base Station

قسمت بیشتری از سرعت فعلی ذره در سرعت آینده اش دخیل می‌شود و با گذر زمان، این میزان کاهش می‌یابد. این روش در بسیاری موارد می‌تواند کاهش دهنده مشکل گیر افتادن در مینیممهای محلی باشد.

۴ _ اتوماتاهای یادگیر

یک اتوماتای یادگیر یک ماشین با حالات محدود^۹ است که می‌تواند تعداد محدودی عمل را انجام دهد. هر عمل انتخاب شده توسط محیطی احتمالی ارزیابی می‌گردد و پاسخی به اتوماتای یادگیر داده می‌شود. اتوماتای یادگیر از این پاسخ استفاده نموده و عمل بعدی خود را انتخاب می‌کند. در طی این فرایند، اتوماتای یادگیر یاد می‌گیرد که چگونه بهترین عمل را از بین اعمال مجاز خود انتخاب نماید. شکل ۱ ارتباط بین اتوماتای یادگیر و محیط را نشان می‌دهد.



شکل ۱: ارتباط بین اتوماتای یادگیر و محیط

محیط را می‌توان توسط سه‌تای $E \equiv \{\alpha, \beta, c\}$ نشان داد که در آن $\alpha \equiv \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه ورودی‌های محیط، $c \equiv \{c_1, c_2, \dots, c_r\}$ خروجی‌ها و $\beta \equiv \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ مجموعه احتمالهای جریمه می‌باشد. هرگاه β مجموعه عضوی باشد محیط از نوع P می‌باشد. در چنین محیطی $\beta_1 = 1$ به عنوان جریمه و $\beta_2 = 0$ به عنوان پاداش در نظر گرفته می‌شود. در محیط $Q, \beta(n)$ می‌تواند به طور گسسته یک مقدار از مقادیر محدود در فاصله $[1, 0]$ در محیط از نوع S، $\beta(n)$ هر مقدار در فاصله $[1, 0]$ را اختیار کند. c_i احتمال اینکه عمل α_i نتیجه نا مطلوب داشته باشد، می‌باشد. در محیط ایستا مقادیر c_i در طی زمان بدون تغییر می‌مانند، حال آنکه در محیط غیر ایستا این مقادیر در طی زمان تغییر می‌کنند. اتوماتای یادگیر به دو گروه اتوماتاهای یادگیر

جستجوی غذا الهام گرفته شده است. گروهی از پرندگان در فضایی به صورت تصادفی دنبال غذا می‌گردند. تنها یک تکه غذا در فضای مورد بحث وجود دارد. هیچ یک از پرندگان محل غذا را نمی‌دانند. یکی از بهترین استراتژیها می‌تواند دنبال کردن پرندۀ ای باشد که کمترین فاصله را تا غذا داشته باشد. این استراتژی در واقع جانمایه الگوریتم PSO است. آغاز کار PSO به این شکل است که گروهی از ذرات (راه حلها) به صورت تصادفی به وجود می‌آیند و با به روز کردن نسلها سعی در یافتن راه حل بهینه می‌نمایند. در هر گام، هر ذره با استفاده از دو بهترین مقدار به روز می‌شود. اولین مورد، بهترین موقعیتی است که تا کنون ذره موفق به رسیدن به آن شده است. موقعیت مذکور با نام P_{best} شناخته و نگهداری می‌شود. بهترین مقدار دیگری که توسط الگوریتم مورد استفاده قرار می‌گیرد، بهترین موقعیتی است که تا کنون توسط جمعیت ذرات بدست آمده است. این موقعیت با G_{best} نمایش داده می‌شود. پس از یافتن بهترین مقادیر، سرعت و مکان هر ذره با استفاده از معادلات (۱) و (۲) به روز می‌شود.

$$v[i] = v[i] + c1 * rand() * (pbest[i] - position[i]) + c2 * rand() * (gbest[i] - position[i]) \quad (1)$$

$$position[i] = position[i] + v[i] \quad (2)$$

در معادلات (۱) و (۲)، $i = 1, \dots, N$ ، ω وزن اینرسی نامیده می‌شوند، c_1 و c_2 پارامترهای شناختی^۷ و اجتماعی^۸ که دو مقدار ثابت مثبت هستند. r_1 و r_2 دو مقدار تصادفی با توزیع یکنواخت بین $[0, 1]$ می‌باشند. سرعت ذرات در هر بعد به یک مقدار V_{max} محدود می‌شوند. اگر مجموع شتابها باعث شوند که سرعت در یک بعد از V_{max} بیشتر شود، مقدار سرعت در آن بعد برابر با V_{max} قرار می‌گیرد.

وزن میانی می‌تواند یک ضریب ثابت، یک تابع خطی با زمان و یا حتی یک تابع غیر خطی با زمان نیز باشد. در بسیاری از کاربردها وزن میانی به صورت تابعی خطی با زمان در نظر گرفته می‌شود که تابعی نزولی است. به این ترتیب در ابتدا

^۹ Finite State Machine

^۷ cognitive
^۸ social

با ساختار ثابت واتوماتاهای یادگیر با ساختار متغیر تقسیم می شوند. در این مقاله از اتوماتاهای یادگیر با ساختار متغیر استفاده شده است که در ادامه این بخش به شرح مختصری از آن میپردازیم.

اتوماتاهای یادگیر با ساختار متغیر^{۱۰}: اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر توسط ۴ تایی $\{\alpha, \beta, p, T\}$ نشان داده میشود که در آن $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه عملهای اتوماتا ، $\beta = \{\beta_1, \dots, \beta_m\}$ مجموعه ورودیهای اتوماتا ، $p = \{p_1, \dots, p_r\}$ بردار احتمال انتخاب هریک از عملها و $p(n+1) = T[\alpha(n), \beta(n), p(n)]$ الگوریتم یادگیری میباشد. در این نوع از اتوماتاهای یادگیر، اگر عمل a_i در مرحله n م انجام شود و پاسخ مطلوب از محیط دریافت نماید، احتمال $p_i(n)$ کاهش یافته وسایر احتمالات افزایش مییابند . در هر حال، تغییرات به گونهای صورت میگیرد تا حاصل جمع $p_i(n)$ ها همواره ثابت و مساوی یک باقی بماند . الگوریتم زیر یک نمونه از الگوریتم های یادگیر خطی است.

الف -پاسخ مطلوب

$$p_i(n+1) = p_i(n) + a[1 - p_i(n)]$$

$$p_j(n+1) = (1-a)p_j(n) \quad \forall j \quad j \neq i$$

ب -پاسخ نامطلوب

$$p_i(n+1) = (1-b)p_i(n)$$

$$p_j(n+1) = (b/r - 1) + (1-b)p_j(n) \quad \forall j \quad j \neq i$$

در روابط فوق، a پارامتر پاداش و b پارامتر جریمه است. با توجه به مقادیر a و b سه حالت را می توان در نظر گرفت. زمانیکه a و b با هم برابر باشند، الگوریتم را L_{RP} ^{۱۱} می نامیم . زمانیکه a و b خیلی کوچکتر باشد، الگوریتم را L_{REP} ^{۱۲} می نامیم. زمانیکه b مساوی صفر باشد، الگوریتم را L_{RI} ^{۱۳} می نامیم .

۵ _ الگوریتم ترکیبی PSO_LA :

در این بخش الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات بر پایه اتوماتای یادگیر که از آن به عنوان PSO-LA نام برده شده [۵]

برای حل مسئله تخصیص کانال مطرح می گردد. تفاوت الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم استاندارد این است که الگوریتم پیشنهادی از یک اتوماتای یادگیر برای کنترل رفتار ذرات و دنباله روی استفاده میکند. این اتوماتای یادگیر دارای دو عمل می باشد. عملی که اتوماتای یادگیر در هر گام برمیزیند، تعیین کننده شیوه بروز کردن سرعت ذرات در آن گام میباشد. در صورت انتخاب عمل دنباله روی، تنها دنبال کردن بهترین تجربه شخصی و تجربه گروهی، در به روز نمودن سرعت ذرات مد نظر قرار خواهند گرفت و از سرعت فعلی ذرات صرفنظر میشود. در این صورت بروزرسانی سرعت ذرات مطابق با فرمول زیر صورت می گیرد :

$$v[i] = c1 \times rand() \times (pbest[i] - position[i]) + c2 \times rand() \times (gbest[i] - position[i]) \quad (7)$$

در صورت انتخاب عمل ادامه مسیر فعلی، سرعت جدید ذرات برابر با سرعت فعلی آنها خواهد بود و ذره همچنان مسیری فعلی را ادامه خواهد داد. در واقع انتخاب عمل دنباله روی انجام یک جستجوی محلی را در پی خواهد داشت و انتخاب عمل ادامه مسیر فعلی، باعث جستجوی سراسری و کشف قسمتهایی ناشناخته از فضای جستجو میگردد .وظیفه اتوماتای یادگیر، یادگیری بردار احتمال مطلوب و برقراری تعادل بین جستجوی سراسری و جستجوی محلی در فرایند جستجو میباشد.

شیوه ارزیابی عمل انتخاب شده، به این صورت است که موقعیت فعلی هر ذره با موقعیت قبلی آن مقایسه میشود . چنانچه C_{imp} درصد از جمعیت موقعیتشان بهبود یافته باشد، عمل انتخاب شده مثبت و در غیر اینصورت منفی ارزیابی میشود. شکل ۳ شبه کد الگوریتم PSO-LA را نشان می دهد.

۶ _ پیاده سازی و نتایج :

برای آزمایش کارایی الگوریتم ترکیبی از دیتاست شهر فیلادلفیا با ۵ بردار تقاضای مختلف استفاده می کنیم. همچنین به منظور نمایش کارایی الگوریتم ترکیبی، نتایج حاصل از پیاده سازی مسئله را با الگوریتم PSO استاندارد مقایسه خواهیم کرد. الگوریتم ارائه شده در بخش قبل، بر روی چندین بردار

¹⁰ Variable structure

¹¹ Linear reward penalty

¹² Linear reward epsilon penalty

¹³ Linear reward inaction

تقاضای متفاوت برای مسأله شهر فیلادلفیا، آزمایش گردید. تعداد سلولها در این توپولوژی ۲۱ عدد می‌باشد. جدول بردارهای تقاضا را نشان می‌دهد. علاوه براین، حداقل تعداد کانالهای مورد نیاز برای هر مسأله نیز در این جدول ذکر شده است. اطلاعات مسأله ۵ برگرفته از [۶] بوده و اطلاعات سایر مسایل از طریق الگوریتمهای قطعی حاصل شده‌اند.

جدول ۲ بردارهای تقاضای مورد آزمایش محدودیتهای تداخل تعریف شده در مسایل فوق را نشان می‌دهد. حداقل فاصله‌ها در یک ماتریس متقارن $N \times N$ ذخیره میشوند که ماتریس سازگاری^{۱۴}، C ، نامیده می‌شود. در این ماتریس

مقدار C_{ij} نشان دهنده حداقل فاصله میان درخواست های i, j برای جلوگیری از تداخل در فرکانس ها می‌باشد. اگر C_{ij} مقداری برابر صفر داشته باشد، این بدین معنی است که کانال تخصیص داده شده به درخواست i را می‌توان در j نیز مجددا استفاده نمود (محدودیت هم کانالی) و اگر برای C_{ij} مقداری بزرگتر از صفر داشته باشیم، این مقدار بیانگر حداقل فاصله مورد نیاز میان کانال های تخصیص یافته میان درخواست های متناظر می‌باشد (محدودیتهای کانال همسایه و هم سلولی). بسیاری از روشهای مکاشفه‌ای با FCA^{15} به عنوان مسأله رنگ‌آمیزی گراف برخورد کرده‌اند [۷].

تامورا و همکارانش در [۶] نشان داده اند که مسئله تخصیص کانال معادل مساله رنگ آمیزی گراف تعمیم یافته می‌باشد. در این مقاله نیز مسئله تخصیص ایستای کانال ابتدا به مسئله رنگ آمیزی گراف تبدیل می‌شود و سپس مساله رنگ‌آمیزی گراف با استفاده از الگوریتم ترکیبی مطرح شده در بخش قبل حل می‌گردد.

نتایج آزمایشها بر روی دیتاست شهر فیلادلفیا نشان می‌دهد که روش ارائه شده (PSO-LA) از عملکرد بهتری در مقایسه با مدل PSO استاندارد برخوردار است. جدول شماره ۳ نتایج حاصل از پیاده سازی و مقایسه الگوریتم ترکیبی را PSO استاندارد نشان می‌دهد.

جدول شماره ۳ نشان دهنده حداقل تعداد کانال های مورد نیاز برای برقراری ارتباط بدوی تداخل می‌باشد. برای بدست آوردن

حداقل تعداد کانال های مورد نیاز برای هر الگوریتم ابتدا با یک حد پایین از تعداد کانال ها شروع می‌کنیم و تا رسیدن به ارتباطی بدون تداخل در هر مرحله تعداد کانال ها را افزایش می‌دهیم. نتایج با ۵۰ جمعیت اوایه و ۵۰۰ بار تکرار الگوریتم بدست آمده است. ستون چهارم نتایج مربوط به الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات با وزن میانی پویاست که به صورت تابعی خطی با زمان در نظر گرفته میشود و تابعی نزولی است که در بخش ۳ همین مقاله به آن اشاره شد. همانطور که از جدول نتیجه میشود الگوریتم PSO استاندارد به علت همگرا شدن به یک نقطه بهینه محلی پاسخ های نامطلوبی را ایجاد می‌کند. در واقع مشکل اصلی الگوریتم PSO استاندارد همگرا شدن به نقطه بهینه محلی است. در عوض همانطور که نتایج نشان می‌دهند استفاده از اتوماتای یادگیر برای فرار از بهینه محلی مکانیزمی کارا برای حل مسئله تخصیص کانال می‌باشد. مزیت دیگر استفاده از اتوماتای یادگیر در الگوریتم PSO، زمان مورد نیاز برای همگرا شدن به جواب بهینه می‌باشد. باتوجه به مکانیزم مورد استفاده در اتوماتای یادگیر، استفاده از آن در الگوریتم حرکت دسته جمعی ذرات باعث سریعتر همگرا شدن این الگوریتم به نقطه بهینه می‌شود. جدول شماره ۴ نشان دهنده متوسط تعداد تکرار های مورد نیاز الگوریتم برای همگرا شدن به جواب بهینه را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند الگوریتم PSO-LA به تعداد تکرار کمتری برای همگرا شدن به جواب بهینه نسبت به دو الگوریتم دیگر دارد.

همچنین نتایج بدست آمده برای سه نوع مختلف اتوماتای یادگیر، مطرح شده در بخش ۴ همین مقاله و همچنین مقایسه میزان همگرایی آنها به جواب بهینه در جدول شماره ۵ نمایش درآمده است.

مقدار	پارامتر
۲	حداقل فاصله هم سلولی
۱	حداقل فاصله کانالهای همسایه
۱	فاصله استفاده مجدد

جدول ۱ پارامترهای الگوریتم

¹⁴ Compatibility

¹⁵ Frequency channel assignment

مسئله انتساب ایستای کانال یکی از کلیدی‌ترین مسائل در طراحی شبکه های مخابراتی موبایل می‌باشد. با توجه به NP-Complete بودن این مسئله تاکنون تلاشهای زیادی جهت استفاده از الگوریتم‌های مکاشفه‌ای گوناگون در حل آن بکار گرفته شده است. در این مقاله الگوریتم ترکیبی حرکت دسته جمعی پرندگان و اتوماتای یادگیر PSO-LA به منظور حل مسئله انتساب ایستای کانال در شبکه های مخابراتی موبایل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آزمایشها بر روی دیتاست شهر فیلادلفیا نشان می‌دهد که روش ارائه شده از عملکرد بهتری در مقایسه با مدل PSO استاندارد و همچنین الگوریتم PSO با وزن میانی پویا برخوردار است

[1] Kennedy, J. and Eberhart, R.C., “*Particle Swarm Optimization*”, Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, Piscataway, NJ, pp. 1942-1948, 1995.

[2] Hagashi, N. and Iba, H., “*Particle Swarm Optimization with Gaussian Mutation*” Proceedings of the IEE swarm intelligence symposium, Indianapolis, Indiana, USA, pp. 72-79, 2003.

[3] Secrest, B. R. and Lamont, G.B., “*Visualizing Particle Swarm Optimization – Gaussian Particle Swarm Optimization*”, Proceedings of the IEEE Swarm Intelligence Symposium, Indianapolis, Indiana, USA, pp. 198-204, 2003.

[4] Stacey, A., Jancic, M., and Grundy, I., “*Particle Swarm Optimization with Mutation*”, Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation, pp.1425-1430, 2003.

[6] Tamura H., Sengoku M., Shinoda S., Abe T.; "Channel Assignment Problem in a Cellular Mobile System and a New Coloring Problem of Networks"; *IEICE Transactions*, vol. E 74, no. 10, pp. 2983-2989, 1991.

[Λ] Garey M. R., Johnson D. S.; "The Complexity of Near-Optimal Graph Coloring"; *Journal of the ACM*, vol 23, pp. 43-49, 1976.

جدول ۲ بردارهای تقاضای مورد آزمایش

جدول شماره ۳: حداقل تعداد کانال های مورد نیاز:

جدول شماره ۴: متوسط تعداد تکرار های مورد نیاز الگوریتم برای همگرا شدن به جواب بهینه را نشان می دهد.

جدول شماره ۵ : مقایسه حداقل کانال مورد نیاز انواع LA

همان طور که از جدول شماره ۵ می‌توان نتیجه گرفت نوع LA مورد استفاده در الگوریتم ترکیبی در کمترین تعداد کانال تأثیری چشم‌گیری ندارد. تأثیری که نوع LA از خود برجای می‌گذارد در نرخ همگرایی الگوریتم به جواب بهینه می‌باشد (جدول شماره ۶). در الگوریتم ای که در آن نرخ تشویق و تنبیه به صورت مساوی وجود دارد L_{REP} نرخ همگرایی به جواب بهینه کمتر از میزان همگرایی آن، در صورتی است که الگوریتم فقط از مکانیزم تنبیه L_{RI} استفاده می‌کند.

جدول شماره ۶: تعداد تکرار مورد نیاز برای همگرایی به جواب پهنه