

# تخصیص کanal پویا در شبکه‌های سلولی سیار با استفاده از اتماتاتی یادگیر.

محمد رضا میدبی

meybodi@ce.aut.ac.ir

حمید بیگی

beigy@ce.aut.ac.ir

علی برادران هاشمی

ahashemi@safineh.net

آزمایشگاه سیستمهای نرم افزاری، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

داده شده به یک شبکه سلولی محدود است، تخصیص بهینه کانالها ضروری می‌باشد. در یک شبکه سلولی سیار ناحیه تحت پوشش شبکه به نواحی کوچکتری بنام سلول تقسیم می‌شود. هر سلول دارای یک ایستگاه پایه می‌باشد که وظیفه سرویس دهی به کاربران آن سلول را بر عهده دارد. با ورود درخواستی به یک سلول، در صورت وجود کانال آزاد در آن سلول، درخواست مذکور پذیرفته و کانالی به آن تخصیص داده می‌شود. در غیر اینصورت درخواست فوق رد می‌گردد. یکی از ویژگی‌های مهم شبکه‌های سلولی، استفاده مجدد کانال<sup>۱</sup> است [9][10]. این ویژگی سبب می‌شود که بتوان بطرور همزمان از یک کانال در دو (یا چند) سلول که به اندازه کافی از یکدیگر فاصله دارند و تداخل هم-کانالها<sup>۲</sup> در آنها رخ نمی‌دهد، استفاده کرد. به کمترین فاصله لازم بین دو سلولی که بطرور همزمان از یک کانال استفاده می‌کنند، حداقل فاصله استفاده مجدد<sup>۳</sup> گفته می‌شود. یعنوان مثال حداقل فاصله استفاده مجدد در شکل ۱ فوق<sup>۴</sup> می‌باشد و در نتیجه کانال استفاده شده در سلول A را می‌توان در سلولهای B و C استفاده کرد. یک از اهداف مساله تخصیص کانال، تخصیص بهینه کانالها به درخواستها است، بصورتیکه احتمال رد درخواستهای جدید<sup>۵</sup> (B<sub>ii</sub>) که از معیارهای کیفیت سرویس در شبکه‌های سلولی سیار بشمار می‌رود، کمینه گردد.

## چکیده

یکی از موضوعات اساسی در شبکه‌های سلولی، تخصیص کانال به درخواستها می‌باشد. محدود بودن تعداد کانالهای شبکه‌های سلولی، تخصیص بهینه کانالها را ضروری می‌سازد. در این مقاله یک الگوریتم تخصیص کانال پویا مبتنی بر اتماتاتی یادگیر که بصورت توزیع شده عمل می‌کند، ارائه شده است. نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری نشان می‌دهد که با رعایت شرط تداخل، احتمال رد درخواستها در الگوریتم پیشنهادی نزدیک به احتمال رد درخواستها در روش نخستین کانال آزاد، روش تفکیک کانال و روش تخصیص کانال با استفاده از یادگیری تقویتی می‌باشد. مزیت عمده الگوریتم پیشنهادی، هزینه سربار پایین پیغامهای کنترلی تبادل شده است که به شبکه تحمیل می‌کند. همچنین الگوریتم پیشنهادی با ایجاد یک الگوی کانال مناسب برای سلولهای شبکه، انتخاب کانالها را با انجام محاسبات کمتری انجام می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** شبکه سلولی، تخصیص کانال پویا، اتماتاتی یادگیر.

## ۱. مقدمه

یکی از مسائل بنیادی شبکه‌های سلولی سیار تخصیص کانالهای شبکه به درخواستها می‌باشد. با گسترش استفاده از این شبکه‌ها و افزایش درخواستها، از آنجاییکه تعداد کانالهای تخصیص

\* بخشی از این کار توسط مرکز تحقیقات مخابرات ایران حمایت مالی شده است.

<sup>۱</sup> Channel reuse

<sup>۲</sup> Co-channel interference

<sup>۳</sup> Minimum reuse distance

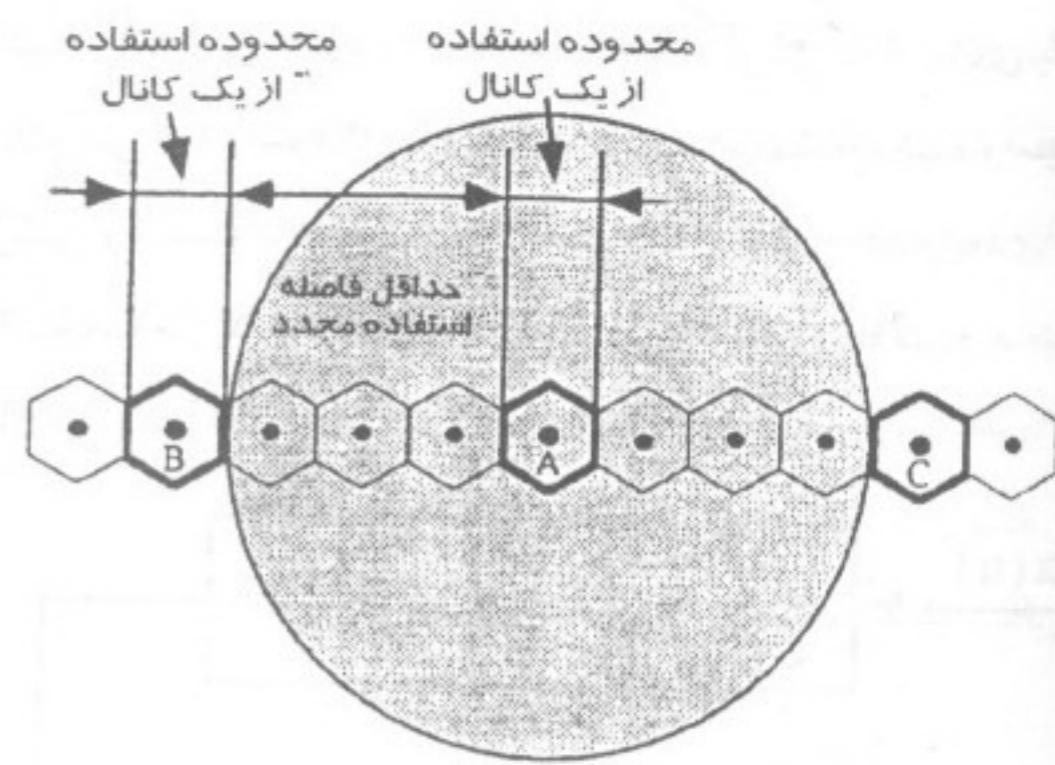
<sup>۴</sup> Blocking probability

ساده‌ترین روش تخصیص کانال پویا، روش نخستین کانال آزاد<sup>۴</sup> است. در این روش برای تخصیص کانال به هر درخواست، با انجام یک جستجوی ترتیبی بر کانالهای شبکه، نخستین کانال آزاد قابل استفاده در سلول (با در نظر داشتن شرط تداخل) به درخواست ورودی تخصیص داده می‌شود[7]. این روش بار محاسباتی تحمیل شده به ایستگاههای پایه را به کمترین مقدار کاهش می‌دهد. در [3] نشان داده شده است که این روش در یک شبکه سلولی خطی و در ترافیکهای سبک و متوسط، نسبت به تخصیص کانال ثابت بهتر عمل می‌کند.

#### روش تفکیک کانال<sup>۵</sup>، روشی خود سازمانده<sup>۶</sup> برای

تخصیص کانال پویا می‌باشد. در این روش ایستگاه پایه هر سلول با پیمایش کلیه کانالهای شبکه، یک کانال را با رعایت شرط تداخل انتخاب می‌کند. ترتیب پیمایش در هر سلول مستقل از سلولهای دیگر و بر اساس بردار احتمال انتخاب کانال ( $i$ )  $P(i)$  مشخص می‌گردد. هر سلول برای هر کانال شبکه مانند  $i$ ، یک مقدار ( $i$ )  $P$  کانالی که بیشترین مقدار ( $i$ )  $P$  را دارد، انتخاب می‌شود. سپس شرط تداخل برای کانال انتخاب شده بررسی می‌گردد. در صورت برقرار بودن شرط تداخل، کانال انتخاب شده به درخواست ورودی تخصیص داده شده و احتمال انتخاب آن افزایش می‌یابد. اما اگر شرط تداخل کانال مذکور در این سلول برقرار نبود، احتمال انتخاب آن کاهش یافته و کانال با اولویت بعدی بررسی می‌گردد. در صورتیکه نتوان از هیچ یک از کانالهای شبکه در این سلول استفاده کرد، درخواست ورودی رد می‌گردد. نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری نشان می‌دهد که این روش بسرعت به یک تخصیص کانال زیربهینه<sup>۷</sup> می‌رسد، اما از آنجاییکه تخصیص‌های زیربهینه زیادی برای هر سلول وجود دارند، دست یافتن به تخصیص بهینه کلی مستلزم صرف مدت زمان نسبتاً طولانی است [6].

در [14]، مسأله تخصیص کانال بصورت یک مسأله برنامه نویسی پویا مطرح و از یک روش یادگیری تقویتی برای حل آن استفاده شده است. در این روش گذار وضعیت<sup>۸</sup> در زمانهای ورود یک درخواست، پایان یک ارتباط یا در زمان تحویل کانال (که می‌توان آنرا بصورت پایان یک ارتباط در سلول مبدأ و ایجاد یک



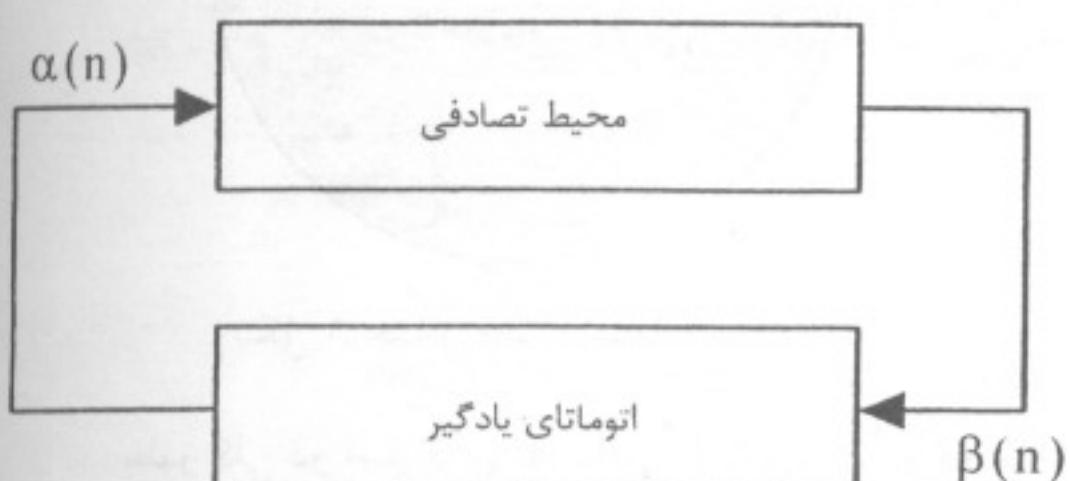
شکل ۱: حداقل فاصله استفاده مجدد

بطور کلی دو استراتژی تخصیص کانال ثابت<sup>۹</sup> و تخصیص کانال پویا<sup>۱۰</sup> برای تخصیص کانال در شبکه‌های سلولی وجود دارد [10][16]. در روش تخصیص کانال ثابت، در زمان طراحی شبکه و بر اساس میزان ترافیک پیش‌بینی شده برای هر سلول، کانالهایی بصورت ثابت به آن سلول تخصیص داده می‌شوند. در این روش (عمولاً) در هنگام فعالیت شبکه تخصیص کانال توسط یک سوئیچ مرکزی انجام می‌گیرد. بالعکس در روش‌های تخصیص کانال پویا، همه کانال‌ها در کلیه سلول‌ها قابل استفاده هستند (با رعایت شرط حداقل فاصله استفاده مجدد) و فقط در زمانیکه به کانالی نیاز باشد، ایستگاه پایه هر سلول عملیات تخصیص را انجام می‌دهد (عموماً بصورت توزیع شده). الگوریتمهای مختلفی برای تخصیص کانال ثابت ارائه شده است که از روش‌هایی مانند شبکه‌های عصبی، الگوریتمهای ژنتیک و سردکردن مصنوعی<sup>۱۱</sup> استفاده می‌کنند [5][8][16]. همچنین الگوریتمهای برای تخصیص کانال پویا گزارش شده است که در آنها از روش‌هایی مانند شبکه‌های عصبی و یادگیری تقویتی استفاده شده است [2][4][14][15][1][18]. در [7] نشان داده شده است که احتمال رد درخواستها در ترافیکهای غیر یکنواخت و در بارهای ترافیکی سبک و متوسط، در تخصیص کانال پویا نسبت به تخصیص کانال ثابت کمتر می‌باشد. هر چند استفاده از روش‌های تخصیص کانال پویا موجب افزایش بار محاسباتی در ایستگاههای پایه هر سلول می‌شود. در ادامه سه الگوریتم تخصیص کانال پویا که الگوریتم پیشنهادی این مقاله با آنها مقایسه شده است معرفی می‌گردد.

First available<sup>۴</sup>  
Channel segregation<sup>۵</sup>  
Self organized<sup>۶</sup>  
Suboptimal<sup>۷</sup>  
State transition<sup>۸</sup>

Fixed channel assignment (FCA)<sup>۹</sup>  
Dynamic channel assignment (DCA)<sup>۱۰</sup>  
Simulated annealing<sup>۱۱</sup>

و نتیجه ارزیابی خود را توسط سیگنال تقویتی به اتوماتای یادگیر اعلام می‌کند. اتوماتا با استفاده از اقدام انتخاب شده و سیگنال تقویتی وضعیت داخلی خود را تغییر داده و سپس اقدام بعدی خود را انتخاب می‌کند. شکل ۲ ارتباط بین اتوماتای یادگیر و محیط را نشان می‌دهد [11].



شکل ۲: ارتباط اتوماتای یادگیر با محیط

محیط را می‌توان توسط سه تایی  $\{E = \{\alpha, \beta, c\}, \alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}, \beta = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r\}, c = \{c_1, c_2, \dots, c_r\}\}$  در آن داد که مجموعه خروجیها و مجموعه احتمالهای جریمه می‌باشد. هرگاه  $\beta$  مجموعه دو 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 از نوع Q، مجموعه  $\beta$  دارای تعداد متناهی عضو می‌باشد و در محیط از نوع S، مجموعه  $\beta$  دارای تعداد نامتناهی عضو می‌باشد. احتمال جریمه شدن اقدام  $\alpha$  است. اتوماتاهای یادگیر به دو گروه با ساختار ثابت و با ساختار متغیر تقسیم‌بندی می‌گردند. در ادامه اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر معرفی می‌شود.

اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر<sup>۱</sup> توسط چهارتایی  $\{\alpha, \beta, p, T\}$  نشان داده می‌شود که در آن  $\{\alpha, \beta, p, T\} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r, p_1, p_2, \dots, p_r, T\}$  بردار احتمال انتخاب هر یک از اقدام‌ها و  $p(n+1) = T[\alpha(n), \beta(n), p(n)]$  اتوماتاهای یادگیر دارای تعداد اقدام ثابتی می‌باشند اما در بعضی از کاربردها نیاز به اتوماتایی با تعداد اقدام متغیر<sup>۲</sup> می‌باشد [17]. این اتوماتا در لحظه  $n$ ، اقدام خود را از یک زیر مجموعه غیر تهی ( $V(n)$ ) از اقدامها که اقدام‌های فعال نامیده می‌شوند انتخاب می‌کند. انتخاب مجموعه  $V(n)$  توسط یک عامل خارجی و بصورت تصادفی انجام می‌شود. نحوه فعالیت این اتوماتا بصورت زیر است. برای انتخاب یک اقدام در زمان  $n$ ، ابتدا مجموع احتمال اقدام‌های

درخواست جدید در سلول مقصد در نظر گرفت) انجام می‌شود. با ورود یک درخواست، ترکیب بعدی برای هر یک از کانالهای قابل استفاده در آن سلول ارزیابی شده و کانالی که بزرگترین مقدار تخمینی را داشته باشد به درخواست ورودی تخصیص داده می‌شود. در صورتیکه هیچ کانال آزادی در سلول وجود نداشته باشد، درخواست مذکور رد می‌گردد. هنگامیکه یک درخواست پایان می‌یابد، هر یک از درخواستهای در حال انجام در آن سلول بعنوان یک درخواست مناسب برای تخصیص مجدد کانال<sup>۳</sup> (تعویض کانال آن درخواست با کانال درخواستی که خاتمه یافته است) فرض می‌گردد و نتیجه پیکربندی هر یک ارزیابی شده، با حالتی که عمل تخصیص مجدد کانال انجام نگیرد مقایسه می‌شود. سپس پیکربندی که بیشترین مقدار ارزیابی شده را دارد، انتخاب و عمل تخصیص مجدد کانال با هدف ایجاد یک الگوی کانال مطلوب‌تر، انجام می‌شود. هر چند این روش نسبت به روش‌های گزارش شده تخصیص کانال پویا بهتر عمل می‌کند [14]، اما بعلت وجود مکانیزم تخصیص مجدد کانال باعث افزایش بار محاسباتی و بار ترافیک کنترلی شبکه می‌گردد.

در این مقاله یک الگوریتم پویا پیشنهاد شده است که در آن هر ایستگاه پایه با استفاده از یک اتوماتای یادگیر تخصیص کانال را انجام می‌دهد. در الگوریتم پیشنهادی، ایستگاه پایه هر سلول با در نظر گرفتن شرط تداخل، به درخواستهای ورودی کانال مناسب را تخصیص می‌دهد. بنحوی که پس از گذشت مدتی از فعالیت شبکه با ایجاد یک الگوی مناسب برای استفاده از کانالهای در سلولهای شبکه، انتخاب کانالها با انجام محاسبات کمتری انجام می‌شود. الگوریتم پیشنهادی نیازی به دانستن اطلاعات ترافیکی شبکه ندارد و بهمین علت می‌توان از آن در ترافیکهای متغیر نیز استفاده کرد.

ادامه این مقاله بصورت زیر سازماندهی شده است. در بخش دوم اتوماتای یادگیر معرفی می‌شود. در بخش سوم الگوریتم پیشنهادی تخصیص کانال مبتنی بر اتوماتای یادگیر ارائه می‌گردد و بدنبال آن بترتیب در بخش‌های چهارم و پنجم نتایج شبیه‌سازی‌های کامپیوتری و نتیجه‌گیری مقاله بیان می‌شود.

## ۲. اتوماتای یادگیر

اتوماتای یادگیر یک مدل انتزاعی است که بطور تصادفی یک اقدام از مجموعه متناهی اقدام‌های خود را انتخاب کرده و بر محیط اعمال می‌کند. محیط اقدام انتخاب شده اتوماتا را ارزیابی کرده

آنچاییکه قطع ناخواسته ارتباطات ناخوشایندتر از رد درخواستها است، معمولا شبکه‌های سیار با استفاده از روش‌های پذیرش درخواست (و نپذیرفتن درخواستها در هر زمانی که کانال آزاد موجود بود)، سعی در کاهش احتمال قطع درخواستهای تحويل کانال دارند. در این مقاله فرض بر این است که در صورت وجود کانال آزاد، درخواست ورودی پذیرفته می‌شود. همچنین درخواستهای تحويل کانال بصورت پایان یک ارتباط در سلول مبدأ و ایجاد یک درخواست جدید در سلول مقصد در نظر گرفته می‌شوند. الگوریتم پیشنهادی بدون اطلاع اولیه از پارامترهای ترافیکی شبکه (مانند نرخ ورود درخواستهای جدید و میانگین مدت زمان مکالمه) سعی در کمینه کردن احتمال رد درخواستهای جدید دارد. عملکرد این الگوریتم در ادامه توصیف شده است.

فرض کنید که  $C$  تعداد کانال‌های اختصاص داده شده به شبکه سلولی باشد. در این الگوریتم ایستگاه پایه هر سلول شبکه از یک اتوماتای یادگیر  $L_{REP}$  با اقدام‌های متغیر که دارای  $C$  اقدام  $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_C\}$  است، استفاده می‌کند. انتخاب اقدام  $\alpha_i$  این اتوماتا بیانگر انتخاب کانال  $i$  برای تخصیص به یک درخواست ورودی است.

با ورود یک درخواست به سلول  $j$ ، اقدام متناظر با هر کانال  $i$  که در این سلول در حال استفاده است ( $\alpha_i$ )، غیر فعال می‌شود. در صورتیکه کلیه کانال‌های شبکه در این سلول مشغول باشند، درخواست مذکور رد می‌گردد. در غیر اینصورت اتوماتا یک اقدام از مجموعه اقدام‌های فعل خود را انتخاب می‌کند. اگر اتوماتا اقدام  $\alpha$  خود را انتخاب کرده باشد، در صورت برقرار بودن شرط تداخل کانال  $i$  در این سلول، این کانال به درخواست ورودی تخصیص داده شده و اتوماتا نیز به اقدام  $\alpha$  خود مطابق رابطه (۲) پاداش می‌دهد. سپس اقدام  $\alpha$  اتوماتا غیرفعال می‌گردد. اما اگر پاداش می‌دهد. سپس اقدام  $\alpha$  اتوماتا غیرفعال می‌گردد. اما اگر بعلت عدم رعایت شرط تداخل، نتوان از کانال  $i$  در این سلول استفاده کرد، اقدام  $\alpha$  مطابق رابطه (۳) جریمه شده و از مجموعه اقدام‌های فعل اتوماتا نیز حذف می‌گردد. در صورتیکه مجموعه اقدام‌های فعل اتوماتا تهی نشده باشد، اتوماتا مجدداً یک اقدام خود را انتخاب می‌کند و مراحل فوق تا زمانیکه کانالی به درخواست ورودی تخصیص داده شود یا تمام اقدام‌های اتوماتا غیر فعل شود، ادامه دارد. شبه کد این الگوریتم در شکل ۳ نشان داده شده است.

فعال خود ( $K(n)$ ) را محاسبه می‌کند و سپس بردار ( $\hat{p}(n)$ ) را مطابق رابطه (۱) ایجاد می‌کند. آنگاه اتوماتا یک اقدام از مجموعه اقدام‌های فعل خود را بصورت تصادفی و مطابق بردار احتمال ( $\hat{p}(n)$ ) انتخاب کرده و بر محیط اعمال می‌کند. اگر اقدام انتخاب شده  $\alpha$  باشد، پس از دریافت پاسخ محیط، اتوماتا بردار احتمال ( $\hat{p}(n)$ ) اقدام‌های خود در صورت دریافت پاسخ مطلوب بر اساس رابطه (۲) و در صورت دریافت پاسخ نامطلوب طبق رابطه (۳) بروز می‌کند.

$$\hat{p}_i(n) = \text{prob}[\alpha(n) = \alpha_i | \alpha_i \in V(n)] = \frac{p_i(n)}{K(n)} \quad (1)$$

$V(n)$  is set of active actions

$$\begin{aligned} \hat{p}_i(n+1) &= \hat{p}_i(n) + a.(1 - \hat{p}_i(n)) \\ \hat{p}_j(n+1) &= \hat{p}_j(n) + a.\hat{p}_i(n) \end{aligned} \quad \forall j \neq i \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \hat{p}_i(n+1) &= (1 - b).\hat{p}_i(n) \\ \hat{p}_j(n+1) &= \frac{b}{r-1} + (1-b)\hat{p}_j(n) \end{aligned} \quad \forall j \neq i \quad (3)$$

سپس اتوماتا بردار احتمال اقدامها ( $p(n)$ ) را با استفاده از بردار ( $\hat{p}(n+1)$  و طبق رابطه (۴) بروز می‌کند.

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= \hat{p}_i(n+1).K(n) && \text{for all } i, \alpha_i \in V(n) \\ p_j(n+1) &= p_j(n) && \text{for all } j, \alpha_j \notin V(n) \end{aligned} \quad (4)$$

در روابط (۲) و (۳)،  $a$  پارامتر پاداش و  $b$  پارامتر جریمه می‌باشد. اگر  $a$  و  $b$  با هم برابر باشند، الگوریتم  $L_{R-P}$ <sup>۱</sup>، و اگر  $b$  از  $a$  خیلی کوچکتر باشد، الگوریتم  $L_{REP}$ <sup>۲</sup> و اگر  $b$  مساوی صفر باشد، الگوریتم  $L_{R-I}$ <sup>۳</sup> نام دارد. اتوماتای یادگیر در کاربردهایی همچون مسیریابی در شبکه‌های داده و تلفن [۱۲]، حل مسائل ذاتی مشکل<sup>۴</sup> و تخصیص ظرفیت [۱۳] مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

### ۳. تخصیص کانال پویا با استفاده از اتوماتای یادگیر

در این بخش یک الگوریتم پویا و توزیع شده برای تخصیص کانال در شبکه‌های سلولی سیار ارائه می‌گردد. در این الگوریتم ایستگاه پایه هر سلول با استفاده از یک اتوماتای یادگیر بصورت پویا به درخواستهای ورودی کانال تخصیص می‌دهد. از

Linear Reward-Penalty<sup>۱</sup>

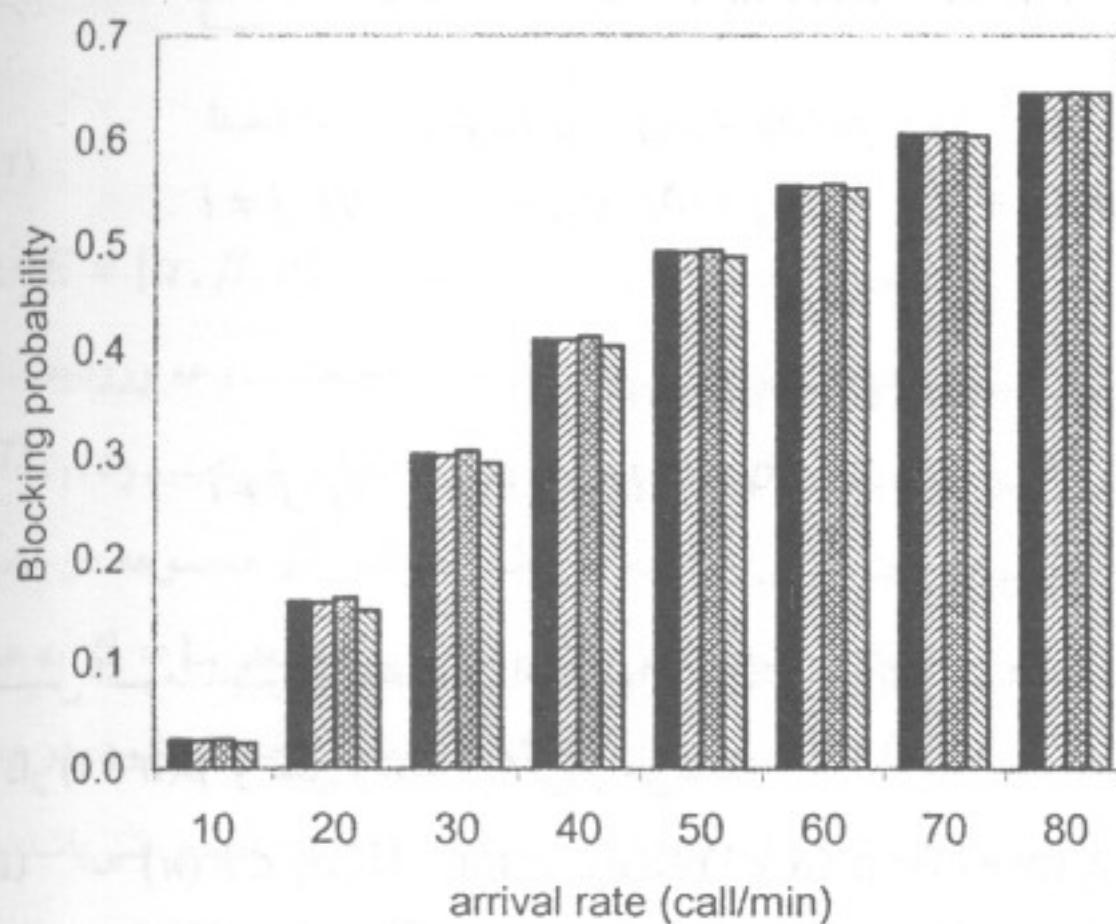
Linear Reward epsilon Penalty<sup>۲</sup>

Linear Reward Inaction<sup>۳</sup>

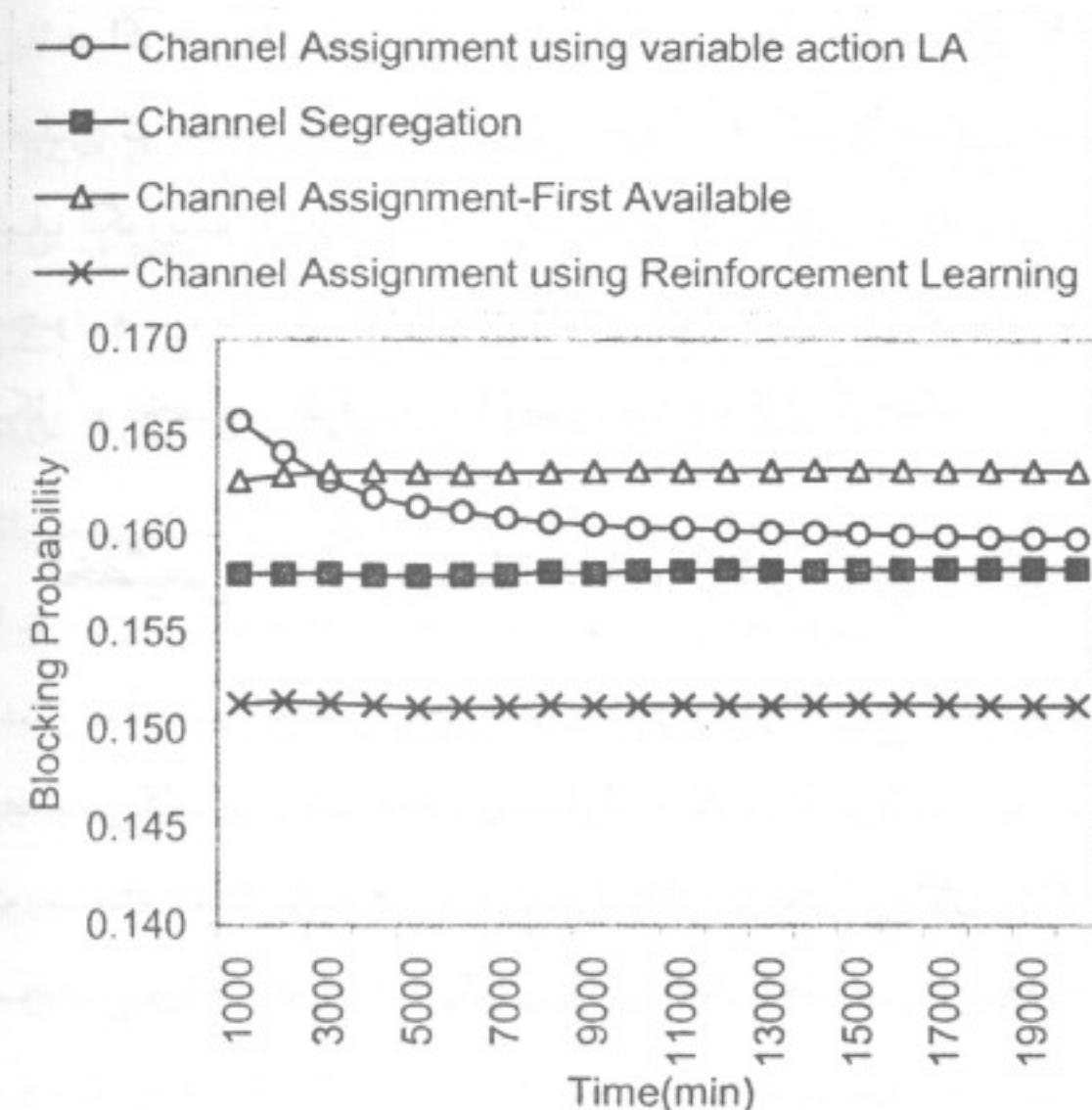
NP-Complete<sup>۴</sup>

انتخاب کانالها را با انجام محاسبات کمتری انجام می‌دهد. در جدول ۱ یک نمونه از الگوی کانال تخصیص داده شده به سلوهای شبکه که توسط الگوریتم پیشنهادی بدست آمده است، نشان داده شده است. بعنوان مثال در این الگو، ایستگاه پایه سلول ۲ با احتمال ۰/۴۷ کانال ۱ را به درخواستهای این سلول اختصاص می‌دهد و در سلوهای ۱، ۳ و ۴ (که در فاصله کمتر از فاصله استفاده مجدد قرار دارند) از کانال ۱ استفاده چندانی نمی‌شود.

- Channel Assignment using variable action LA
- ▨ Channel Segregation
- ▢ Channel Assignment-First Available
- ▩ Channel Assignment using Reinforcement Learning



شکل ۴: احتمال رد درخواستها در بارهای ترافیکی متفاوت



شکل ۵: احتمال رد درخواستها با گذشت زمان ( $\lambda = 20 \text{ call/min}$ )

## Procedure Channel assignment using variable action LA

### Variables:

```

C: Number of channels;
Channel [1...C]: List of channels;
LA : A variable action LA with C actions ;
begin
  for i=1 to C do
    if LA has any enabled action then
      set candid_channel = LA.SelectAction();
      if Channel[candid_channel] has no conflict in this cell then
        assign candid_channel to the call;
        reward action candid_channel of LA according to eq. (۲);
        disable action candid_channel of LA;
      return Channel[candid_channel];
    else
      penalize action candid_channel of LA according to eq. (۳);
      disable action candid_channel of LA;
    end if
  end if
end for
end

```

شکل ۳: شبه کد الگوریتم تخصیص کانال پیشنهادی

## ۴. نتایج شبیه سازی

در این بخش نتایج شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی را با الگوریتم های نخستین کانال آزاد [7]، تفکیک کانال [6] و تخصیص کانال پویا با استفاده از یادگیری تقویتی [14] مقایسه می کنیم.

شبیه سازی در یک شبکه سلولی خطی با ۷ سلول همگن و ۵ کانال انجام شده است. ورود درخواستهای جدید از توزیع پواسن با میانگین  $\lambda$  و مدت زمان یک درخواست از توزیع نمایی با میانگین ۱ دقیقه ( $\mu_h^{-1} = 10$ ) پیروی می کند. در این شبکه حداقل فاصله استفاده مجدد، ۲ سلول در نظر گرفته شده است. بعنوان مثال در صورتیکه کانال ۱ در سلول شماره ۴ در حال استفاده باشد، همزمان نمی توان در سلوهای شماره ۵، ۳، ۲ و ۶ از کانال ۱ استفاده نمود.

نتایج بدست آمده حاصل میانگین گیری ۱۰ اجرای هر الگوریتم بمدت ۱۰،۰۰۰ دقیقه است. هدف، تخصیص کانال به درخواستهای ورودی بصورتی است که احتمال رد درخواستها کمینه شود. در الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر اتوماتی یادگیر پارامتر پاداش اتوماتا  $a = 10^{-3}$  و پارامتر جریمه  $b = 0$  در نظر گرفته شده اند.

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می شود، احتمال رد درخواستها با استفاده از الگوریتم پیشنهادی بیشتر از احتمال رد درخواستها در الگوریتم مبتنی بر یادگیری تقویتی و روش تفکیک کانال است. در شکل ۵ نیز سرعت همگرایی الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با روش های نخستین کانال آزاد، تفکیک کانال و تخصیص کانال با استفاده از یادگیری تقویتی نشان داده شده است. الگوریتم پیشنهادی با ایجاد یک الگوی کانال مناسب برای سلوهای شبکه،

- [5] Duque-Anton M., Kunz D. and Ruber B., "Channel assignment for cellular radio using simulated annealing," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 42, pp. 14–21, 1993.
- [6] Furuya Yukitsuna and Akaiwa Yoshihiko, "Channel segregation, a distributed adaptive channel allocation scheme for mobile communication systems," *IEICE Transactions*, Vol. E74, No. 6, pp. 1531-1537, June 1991.
- [7] Katzela I. and Naghshineh M., "Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication systems: a comprehensive survey," *IEEE Personal Communications*, vol. 3, no. 3, pp. 10-31, June 1996.
- [8] Kunz D., "Channel assignment for cellular radio using neural networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 40, pp. 188–193, 1991.
- [9] Lee W.C.Y., *Mobile Cellular Telecommunications*, McGraw-Hill, 1995.
- [10] Macdonald V. H., "The cellular concept," *Bell System Technical Journal*, vol. 58, pp. 15–41, 1979.
- [11] Narendra K.S. and Thathachar M.A.L., *Learning automata: An introduction*, Prentice Hall, 1989.
- [12] Nedzelnitsky O. V. and Narendra K. S., "Non-stationary models of learning automata routing in data communication networks," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 6, pp. 1004–1015, November 1987.
- [13] Oommen B. J. and Roberts T. D., "Continuous learning automata solutions to the capacity assignment problem," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 49, pp. 608–620, June 2000.
- [14] Singh Satinder P., Bertsekas Dimitri, "Reinforcement learning for dynamic channel allocation in cellular telephone systems," *Proceedings Neural Information Processing Systems*, pp. 974-980, Denver, USA, December 1996.
- [15] Sivarajan K. N., McEliece R. J., and Ketchum J. W., "Dynamic channel assignment in cellular radio," *Proceedings 40th Vehicular Technology Conference*, pp. 631–637, 1990.
- [16] Tekinay S. and Jabbari B., "Handover and channel assignment in mobile cellular networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 29, 1991.
- [17] Thathachar M.A.L. and Bhaskar R. Harita, "Learning automata with changing number of actions," *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics*, vol. 17, no. 6, November 1987.
- [18] Zhang M. and Yum T.P., "The non-uniform compact pattern allocation algorithm for cellular mobile systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 40, pp. 387–91, 1991.

سلول	احتمال تخصیص				
	کanal ۱	کanal ۲	کanal ۳	کanal ۴	کanal ۵
۱	۰,۰۸	۰,۲۶	۰,۰۷	۰,۱۲	۰,۴۷
۲	۰,۴۷	۰,۱۱	۰,۱۶	۰,۲۲	۰,۰۴
۳	۰,۰۹	۰,۱۷	۰,۴۶	۰,۲۱	۰,۰۷
۴	۰,۰۶	۰,۲۴	۰,۰۶	۰,۱۳	۰,۰۱
۵	۰,۴۰	۰,۱۷	۰,۰۹	۰,۲۳	۰,۰۷
۶	۰,۱۰	۰,۱۲	۰,۴۸	۰,۲۱	۰,۰۵
۷	۰,۰۹	۰,۲۴	۰,۰۷	۰,۱۲	۰,۴۸

جدول ۱: الگوی تخصیص کanal در الگوریتم پیشنهادی

## ۵. نتیجه‌گیری

تخصیص کanal پویا عموماً بصورت یک مساله کنترل بهینه یا برنامه‌نویسی پویا (با فضای حالت بسیار بزرگ) مطرح می‌شود. بهمین علت تلاش‌هایی برای استفاده از روش‌های یادگیری برای حل این مساله انجام شده است. در این مقاله یک الگوریتم پویای تخصیص کanal مبتنی بر اتماتای یادگیر پیشنهاد شده است. احتمال رد درخواست‌ها در الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم ارائه شده نزدیک به احتمال رد درخواست‌ها در الگوریتم‌های نخستین کanal آزاد تفکیک کanal و تخصیص کanal پویا با استفاده از یادگیری تقویتی است. همچنین الگوریتم پیشنهادی با ایجاد یک الگوی کanal مناسب برای سلولهای شبکه، انتخاب کانالها را با انجام محاسبات کمتری انجام می‌دهد.

## مراجع

- [1] Chen P. T., Palaniswami M., and Everitt D., "Neural network-based dynamic channel assignment for cellular mobile communication systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 43, pp. 279–288, 1994.
- [2] Chuang J., "Performance issues and algorithms for dynamic channel assignments," *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, vol. 11, pp. 955–963, 1993.
- [3] Cox D. C. and Reudink D. O., "Dynamic channel assignment in two dimension large-scale mobile radio systems," *Bell System Technical Journal*, vol. 51, pp. 1611–28, 1972.
- [4] Del Re E., Fantacci R., and Ronga L., "A dynamic channel allocation technique-based on Hopfield neural networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 45, pp. 26–32, 1996.