



دانشگاه صنعتی شریف

نهمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران

دانشگاه صنعتی شریف

۱۳۸۲-۳۰ بهمن ماه

انجمن کامپیوتر ایران  
Computer Society of Iran

## الگوریتم‌های پویای کنترل پذیرش درخواست برای شبکه‌های سلولی سیار<sup>۱</sup>

محمد رضا میدی  
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

### چکیده

استفاده از مکانیزم‌های کنترل پذیرش درخواست روشنی متداول برای برقراری کیفیت سرویس در شبکه‌های سلولی بشمار می‌رود. در این مقاله دو الگوریتم پویای پذیرش درخواست پیشنهاد شده است. الگوریتم نخست مبتنی بر اتماتای یادگیر و الگوریتم دوم یک الگوریتم جستجوی تصادفی می‌باشد. هر دو الگوریتم پیشنهادی بدون نیاز به اطلاع از توزیع ترافیک شبکه عمل می‌کنند و بهمین علت می‌توان از آنها در موقعی که ترافیک متغیر است، نیز استفاده کرد. نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری نشان می‌دهد که با رعایت یک حداقل برای احتمال قطع درخواست‌های تحویل کانال، احتمال رد درخواست‌های جدید با استفاده از الگوریتم‌های پیشنهادی کمتر از دو الگوریتم گزارش شده کانال اختیاط و جمع وزنی است.

**کلمات کلیدی:** شبکه سلولی، کنترل پذیرش درخواست، کانال اختیاط، اتماتای یادگیر.

### ۱. مقدمه

با افزایش ترافیک شبکه‌های سلولی سیار و محدودیت پهنای باند فرکانسی اختصاص داده شده به این شبکه‌ها، استفاده از ساختارهای میکرو/پیکو سلولی بعنوان یکی از راههای افزایش ظرفیت این شبکه‌ها مطرح شده است. با کوچکتر شدن اندازه فیزیکی سلولهای شبکه، احتمال اینکه دستگاه سیاری طی برقراری یک ارتباط از محدوده تعداد بیشتری سلول عبور کند بیشتر می‌شود که در نتیجه تعداد درخواست‌های تحویل کانال افزایش می‌یابد. هنگامیکه درخواست‌های تحویل کانال افزایش می‌یابد، احتمال وجود منابع مورد نیاز در طول مدت برقراری ارتباط در تمام سلولهای مسیر حرکت دستگاه سیار کاهش یافته و در نتیجه احتمال قطع ارتباط که از پارامترهای مهم کیفیت سرویس می‌باشد، افزایش می‌یابد. به همین منظور روش‌های تخصیص منابع در شبکه‌های ریز سلولی باید بگونه‌ای طراحی شوند که با پذیرفتن یک درخواست در شبکه، کیفیت سرویس مورد نیاز آنرا در تمام مدت برقراری ارتباط تضمین کنند. همچنین روش‌های کنترل پذیرش درخواست باید نسبت به تغییرات پارامترهای ترافیک حساس باشند و بتوانند خود را با تغییرات بار ترافیکی تطبیق دهد.

احتمال رد درخواست‌های جدید<sup>۲</sup> ( $B_{II}$ ) و احتمال قطع درخواست‌های تحویل کانال<sup>۳</sup> ( $B_{III}$ ) دو شاخص ارزیابی کیفیت سرویس در شبکه‌های سلولی می‌باشند. این دو شاخص به یکدیگر وابسته هستند بطوریکه با افزایش پذیرش درخواست‌ها احتمال رد درخواست‌های جدید کاهش و احتمال قطع درخواست‌های تحویل کانال افزایش می‌یابد و بالعکس. استفاده از الگوریتم‌های پذیرش درخواست روشنی متداول برای

<sup>۱</sup> بخشی از کار نویسنده دوم توسط مرکز تحقیقات مخابرات ایران حمایت مالی شده است.

<sup>۲</sup> Blocking probability  
<sup>۳</sup> Force termination probability

توازن بین شاخص‌های فوق بشمار می‌رود. یکی از اهداف الگوریتم‌های پذیرش درخواست کمینه کردن احتمال رد درخواستهای جدید است بطوریکه کیفیت سرویس درخواستهای تحویل کانال برآورده شود.

یک راه حل برای برآورده شدن کیفیت سرویس درخواستهای تحویل کانال، دادن اولویت بالاتر به این درخواستها می‌باشد. برای دادن اولویت به درخواستهای تحویل کانال می‌توان از کانالهای احتیاط (Guard channel) استفاده کرد [4]. این روش با رزرو تعدادی کانال (کانال احتیاط) برای استفاده انحصاری درخواستهای تحویل کانال، احتمال قطع این درخواستها را کاهش می‌دهد. فرض کنید که به یک سلوول در شبکه،  $C$  کانال تخصیص داده شده باشد. در روش کانال احتیاط  $N_h$  کانال برای استفاده انحصاری درخواستهای تحویل کانال رزرو می‌شوند و بقیه  $C - N_h$  کانال بطور مشترک بین درخواستهای جدید و تحویل کانال مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این روش درخواستهای جدید در صورتی پذیرفته می‌شوند که تعداد کانالهای آزاد سلوول از  $N_h$  بیشتر باشد و در غیر اینصورت درخواستهای جدید رد می‌گردند. اما درخواستهای تحویل کانال تنها در صورتیکه همه کانالهای سلوول مشغول باشند، رد می‌شوند. در [3] نشان داده شده است که با رعایت یک حداکثر برای احتمال قطع درخواستهای کانال، می‌توان تعداد کانالهای احتیاط مورد نیاز  $N_h^*$  را تعیین نمود، بطوریکه احتمال رد درخواستهای جدید کمینه شود.

از مشکلات روش کانال احتیاط، اتلاف منابع (کانالها) است. از آنجاییکه معمولاً تعداد بهینه کانالهای احتیاط عدد صحیحی نمی‌باشد، بنابراین باید از  $\lceil N_h \rceil$  کانال احتیاط استفاده کرد. روش کانال احتیاط کسری<sup>1</sup> با در نظر گرفتن عددی غیر صحیح بعنوان تعداد کانال احتیاط روشنی بهینه، برای کمینه کردن احتمال رد درخواستهای جدید با توجه به محدودیت احتمال قطع درخواستهای تحویل کانال محسوب می‌گردد [11].

الگوریتم‌های مطرح شده در بالا، همگی ایستا بوده و نمی‌توانند خود را با تغییرات بار ترافیکی شبکه تطبیق دهند. تلاش‌هایی برای پیاده‌سازی کنترل پویا در روشهای فوق انجام شده است. مکانیزم خوش سایه (Shadow cluster) [6] علاوه بر اینکه وابستگی زیادی به صحت پیشینی حرکت آتی دستگاههای سیار دارد، با ارسال اطلاعات وضعیتی سلوولهای مجاور در زمان ورود هر درخواست، موجب اشغال پهنهای باند ارتباطی استگاههای پایه می‌شود. در [14] نیز الگوریتم پویا جهت تخصیص کانال ارائه شده است که تعداد کانالهای احتیاط در هر سلوول متناسب با درخواستهای در حال انجام در سلوولهای همسایه آن تعیین می‌گردد. در این الگوریتم هر سلوول همواره باید از جدیدترین اطلاعات وضعیتی سلوولهای همسایه خود آگاهی داشته باشد که ارسال این اطلاعات باعث اشغال پهنهای باند شبکه سیمی بین استگاههای پایه و در نتیجه اتلاف منابع می‌گردد. در مقابل، روش کنترل پذیرش درخواست توزیع شده نیازی به تبادل اطلاعات در زمان ورود هر درخواست ندارد، بلکه این اطلاعات در فواصل زمانی مورد نیاز ارسال می‌شوند [8]. اما بعلت وجود تقریب‌هایی که برای ساده سازی در این روش بکار برده شده است، این روش همیشه نمی‌تواند احتمال رد درخواستها را در سلوول مقصود تضمین کند [8]. همچنین این الگوریتم با فرض اینکه یک درخواست حداکثر یکبار تحویل کانال می‌شود، نسبت به بار شبکه بسیار حساس است.

در روش جمع وزنی<sup>2</sup> از مجموع وزنی تعداد کانالهای اشغال شده در سلوولهای همسایه برای تشخیص پذیرش یا رد درخواستهای جدید استفاده می‌شود [7]. اگر  $n_i$  میانگین تعداد کانالهای مشغول در سلوولهای با فاصله  $i$  و  $p_i$  وزن متناسب با این سلوولها باشد، بطوریکه

$$\text{برای تمامی مقادیر } i, 0 \leq p_i \leq 1 \quad \sum_{i=0}^{\infty} p_i = 1 \quad (\text{نحوه محاسبه } p_i \text{ هادر بخش ۵ شرح داده خواهد شد.}) \quad \text{یک درخواست جدید در صورتی}$$

پذیرفته می‌شود که شرط  $\sum_{i=0}^{\infty} p_i \cdot n_i < N - N_h$  برقرار باشد. در غیر اینصورت درخواست فوق رد می‌گردد. در [7] نشان داده شده است که احتمال رد درخواستهای جدید با استفاده از این روش از روش کنترل پذیرش درخواست توزیع شده [8] کمتر است. هرچند که این روش، روشنی ایستا است و در صورت تغییر شرایط و الگوی ترافیکی، نمی‌تواند خود را با تغییرات ترافیک تطبیق دهد.

اتوماتای یادگیر یکی از روشهای یادگیری تقویتی بشمار می‌رود که در کاربردهایی همچون مسیریابی در شبکه‌های داده و تلفن [10][12]، حل مسائل ذاتا مشکل<sup>3</sup> و تخصیص ظرفیت [5] مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در [2] یک الگوریتم بر پایه اوتوماتای یادگیر برای

Fractional Guard Channel<sup>1</sup>  
Weighted Sum Scheme<sup>2</sup>  
NP-Complete<sup>3</sup>

تعیین تعداد کانالهای احتیاط در یک شبکه سلولی ارائه گردیده است. این الگوریتم تعداد کانالهای احتیاط را بر اساس بار ترافیکی شبکه تعیین می‌کند اما توانایی حفظ کیفیت سرویس درخواستهای تحویل کanal را ندارد. برای اراضی کیفیت سرویس، الگوریتم دیگری در [1] ارائه شده است که در آن علاوه بر اراضی کیفیت سرویس، تعداد کانالهای احتیاط بصورت پویا و بر اساس بار ترافیک مشخص می‌گردد. در قسمت اول این مقاله یک الگوریتم پویا و توزیع شده کنترل پذیرش درخواست پیشنهاد می‌شود که از اتماتای یادگیر برای تعیین تعداد کانالهای احتیاط استفاده می‌کند. در قسمت دوم نیز الگوریتمی تصادفی برای کنترل پذیرش درخواست ارائه شده است. الگوریتم‌های پیشنهادی با استفاده از تعداد کانالهای اشغال شده سلول ۱ و تعداد کانالهای احتیاط سلولهای همسایه سلول ۱، تعداد کانال احتیاط سلول ۱ را تنظیم می‌کند. این الگوریتم‌ها سعی می‌کنند با برقراری کیفیت سرویس درخواستهای تحویل کanal، احتمال رد درخواستهای جدید را کمینه نمایند. هر دو الگوریتم پیشنهادی نیازی به دانستن اطلاعات ترافیکی شبکه ندارند و بهمین علت می‌توان از آنها در ترافیک‌های متغیر نیز استفاده کرد.

ادامه این مقاله بصورت زیر سازماندهی شده است. بخش ۲ به معرفی اتماتاهای یادگیر می‌پردازد. در بخش ۳ الگوریتمی مبتنی بر اتماتای یادگیر و در بخش ۴ یک الگوریتم جستجوی تصادفی برای کنترل پذیرش درخواست در شبکه‌های سلولی سیار ارائه می‌شوند. نتایج شیوه‌سازی‌های الگوریتم‌های پیشنهادی در بخش ۵ ارائه می‌گردد و در بخش ۶ نتیجه گیری آمده است.

## ۲. اتماتای یادگیر

اتماتای 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 اتماتا را ارزیابی کرده و نتیجه ارزیابی خود را توسط سیگنال تقویتی به اتماتای یادگیر اعلام می‌کند. سپس اتماتا با استفاده از اقدام انتخاب شده و سیگنال تقویتی وضعیت داخلی خود را تغییر داده و سپس اقدام بعدی خود را انتخاب می‌کند. شکل ۱-(i) ارتباط بین اتماتای یادگیر و محیط را نشان می‌دهد.

محیط را می‌توان توسط سه تایی  $E = \{\alpha, \beta, c\}$  نشان داد که در آن  $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}$  مجموعه ورودیها،  $\beta = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r\}$  مجموعه خروجیها و  $c = \{c_1, c_2, \dots, c_r\}$  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 عضوی باشد و در محیط از نوع S، مجموعه  $\beta$  دارای تعداد نامتناهی عضوی باشد.  $c$  نشان دهنده احتمال نامطلوب بودن نتیجه عمل  $\alpha$  است. در محیط ایستا مقادیر  $c_i$  ها ثابت هستند، حال آنکه در محیط غیر ایستا این مقادیر در طی زمان تغییر می‌کنند. اتماتاهای یادگیر به دو گروه با ساختار ثابت و با ساختار متغیر تقسیم‌بندی می‌گردند. در ادامه اتماتای یادگیر با ساختار متغیر معرفی می‌شود.

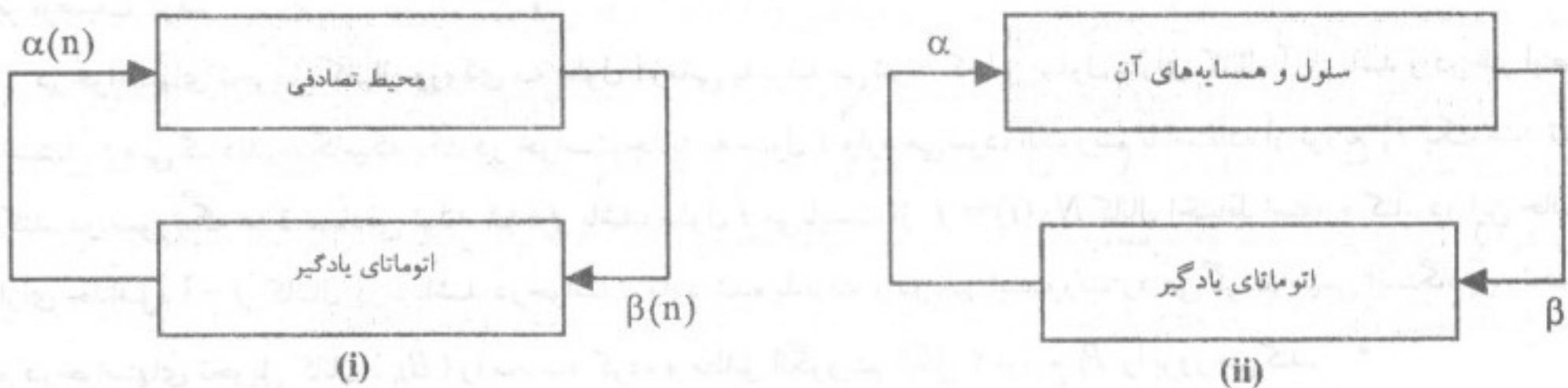
اتماتای یادگیر با ساختار متغیر توسط چهارتایی  $\{\alpha, \beta, p, T\}$  نشان داده می‌شود که در آن  $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}$  مجموعه اقدام‌های اتماتا،  $\beta = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r\}$  مجموعه ورودیها اتماتا،  $p = \{p_1, p_2, \dots, p_r\}$  بردار احتمال انتخاب هر یک از اقدام‌ها و  $T[\alpha(n), \beta(n), p(n)] = p(n+1)$  الگوریتم یادگیری می‌باشد. الگوریتم‌های یادگیری متنوعی برای اتماتای یادگیر ارائه شده است که در ادامه بطور خلاصه به یک نمونه از این الگوریتم‌ها برای اتماتای یادگیر مدل S اشاره می‌شود. در آغاز فعالیت اتماتا مقادیر  $p_i$  ها یکسان و برابر با  $\frac{1}{r}$  می‌باشند. فرض کنید اتماتای یادگیر در مرحله n ام اقدام  $\alpha_i$  خود را انتخاب نموده و محیط ارزیابی خود را توسط  $\beta(n)$  به اتماتا اعلام کند. پس از آن اتماتا بردار احتمال انتخاب اقدام‌های خود را مطابق رابطه (۱) تنظیم می‌کند [9].

$$p_j(n+1) = \begin{cases} p_i(n) + a(1 - \beta(n)).(1 - p_i(n)) - b.\beta(n).p_i(n) & \text{if } j = i \\ p_j(n) + a(1 - \beta(n)).p_j(n) + \frac{b.\beta(n)}{r-1} - b.\beta(n).p_j(n) & \text{if } j \neq i \end{cases} \quad (1)$$

## ۳. الگوریتم پذیرش درخواست مبتنی بر اتماتای یادگیر

در این بخش یک الگوریتم پویا و توزیع شده پذیرش درخواست مبتنی بر اتماتای یادگیر برای شبکه‌های سلولی سیار ارائه می‌گردد. این الگوریتم از اتماتای یادگیر برای تنظیم تعداد کانالهای احتیاط استفاده می‌کند و برای موقعی مناسب است که نرخ رسیدن

درخواستهای جدید یا تحویل کanal و یا میانگین مدت زمان مکالمه از قبل مشخص نبوده و یا متغیر باشند. الگوریتم ارائه شده با استفاده از اتوماتای یادگیر و بر اساس تخمین ترافیک شبکه، تعداد کانال‌های احتیاط یک سلول را تنظیم می‌کند. این الگوریتم با توجه به اینکه احتمال قطع درخواستهای تحویل کانال از  $\hat{p}_h$  بیشتر نگردد، سعی در کمینه نمودن احتمال رد درخواستهای جدید دارد. در این الگوریتم هر سلول از این شبکه را می‌توان بصورت شکل ۱-(ii) مدل کرد.



شکل ۱. (i) ارتباط بین اتوماتای یادگیر و محیط، (ii) مدل یک سلول در الگوریتم پذیرش درخواست مبتنی بر اتوماتای یادگیر

فرض کنید که  $C_i$  تعداد کانال‌های اختصاص داده شده به سلول  $i$ ،  $N_h(i)$  تعداد کانال‌های احتیاط آن و  $c_i(t)$  تعداد کانال‌های اشغال شده آن در زمان  $t$  باشد. همچنین فرض کنید که تعداد کانال‌های احتیاط سلول  $i$  در فاصله  $[N_{\min}(i), N_{\max}(i)]$  با مجموعه اقدام‌های  $S$  مدل  $S$  باشد. در الگوریتم ارائه شده به هر سلول یک اتوماتای یادگیر از  $C_i$  انتساب داده می‌شود. بطوریکه انتخاب اقدام  $r$  این اتوماتا معنی انتخاب  $j$  کانال  $N_h(i) = N_{\min}(i) + \alpha_r - N_{\max}(i)$  احتیاط برای سلول  $i$  می‌باشد. عملکرد این الگوریتم را می‌توان بصورت زیر تشریح نمود.

درخواستهای تحویل کانال زمانی پذیرفته می‌شوند که سلول دارای کانال آزاد باشد و در غیر اینصورت این درخواستها رد می‌گردد. هنگامیکه یک درخواست جدید به سلول  $i$  وارد می‌شود، اتوماتای یادگیر این سلول یکی از اقدام‌های خود را انتخاب می‌کند. فرض کنید که این اتوماتا اقدام  $r$  خود را انتخاب کند. اگر سلول  $i$  دارای حداقل  $N_{\min}(i) + \alpha_r - 1$  کانال آزاد باشد درخواست وارد شده پذیرفته و در غیر اینصورت رد می‌گردد. سپس در زمان رسیدن درخواست جدید، ایستگاه پایه تخمینی از احتمال قطع درخواستهای تحویل کانال ( $\hat{B}_h$ ) را محاسبه کرده<sup>۱</sup> و سیگنال تقویتی  $\beta$  را تولید می‌کند. آنگاه اتوماتای سلول  $i$  با استفاده از سیگنال تقویتی تولید شده ( $\beta$ )، بردار احتمال اقدام‌های خود را مطابق رابطه (۱) بروز می‌کند. بعنوان مثال نحوه تولید سیگنال تقویتی در یک شبکه سلولی خطی (مناسب برای بزرگراه‌ها و خیابان‌های طولانی) در رابطه (۲) نشان داده شده است. در این شبکه دو سلول فرضی با صفر کانال احتیاط در ابتداء و انتهای شبکه در نظر گرفته شده است.

$$\beta_i = \begin{cases} 1 & \text{otherwise} \\ 1 - \frac{\left| \frac{N_h(i-1) + N_h(i+1)}{2} - N_h(i) \right|}{C} & \text{if (new call is accepted AND } (\hat{B}_h < \hat{p}_h)) \\ & \text{OR} \\ & (\text{new call is rejected AND } (\hat{B}_h > \hat{p}_h)) \end{cases} \quad (2)$$

#### ۴. الگوریتم کنترل پذیرش درخواست با استفاده از جستجوی تصادفی

این الگوریتم با استفاده جستجوی تصادفی تعداد کانال‌های احتیاط بهینه برای هر سلول در یک شبکه سلولی را تنظیم می‌کند و همانند الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر اتوماتای یادگیر، برای موقعی مناسب است که نرخ رسیدن درخواستهای جدید یا تحویل کانال و یا میانگین مدت زمان مکالمه از قبل مشخص نبوده و یا متغیر باشند. هدف این الگوریتم کمینه کردن احتمال رد درخواستهای جدید، با رعایت محدودیت احتمال قطع درخواستهای تحویل کانال ( $\hat{p}_h$ ) است.

<sup>۱</sup> نسبت درخواستهای تحویل کانال قطع شده در این سلول به درخواستهای تحویل کانال ورودی به این سلول (تا لحظه محاسبه).

فرض کنید که  $C_i$  تعداد کانال‌های اختصاص داده شده به سلول  $i$ ،  $(i)$  تعداد کانال‌های احتیاط آن و  $c_i(t)$  تعداد کانال‌های اشغال شده آن در زمان  $t$  باشد. این الگوریتم با استفاده از توزیع  $P_i = \{p_i^0, p_i^1, p_i^2, \dots, p_i^{C_i}\}$  تعداد کانال‌های احتیاط سلول  $i$  را تنظیم می‌کند. در آغاز فعالیت شبکه مقادیر اولیه  $p_i^j$  ها برابر  $\frac{1}{C_i}$  در نظر گرفته شده است. نحوه عملکرد این الگوریتم را می‌توان بصورت زیر توصیف کرد.

در خواستهای تحویل کانال ورودی به سلول  $i$  زمانی پذیرفته می‌شوند که این سلول دارای کانال آزاد باشد و در غیر اینصورت این در خواستها رد می‌گردد. هنگامیکه یک در خواست جدید به سلول  $i$  وارد می‌شود، الگوریتم با استفاده از توزیع  $P_i$  یک عدد تصادفی تولید می‌کند. در صورتیکه عدد تصادفی تولید شده  $j$  باشد، سلول  $i$  می‌بایست از  $j = N_h(i)$  کانال احتیاط استفاده کند. در این حالت اگر سلول  $i$  دارای حداقل  $1 - j$  کانال آزاد باشد در خواست وارد شده پذیرفته و در غیر اینصورت رد می‌گردد. سپس استگاه پایه تخمینی از احتمال قطع در خواستهای تحویل کانال ( $\hat{B}_h$ ) را محاسبه کرده و مطابق الگوریتم شکل ۲ توزیع  $P_i$  را بروز می‌کند.

از آنجاییکه در این روش سلوهای شبکه همگن فرض می‌شوند، میانگین کانالهای احتیاط در سلوهای همسایه سلول  $i$  ( $\bar{N}_h(i)$ ، تقریباً با تعداد کانال احتیاط مورد نیاز در سلول  $i$  برابر است. بنابراین هنگامیکه به تعداد بیشتری کانال احتیاط نسبت به میزان انتخاب شده فعلی ( $N_h(i)$ ) نیاز باشد و میانگین کانالهای احتیاط سلوهای همسایه ( $\bar{N}_h(i)$ ) بیشتر از تعداد کانال احتیاط انتخاب شده در سلول  $i$  باشد، مقدار  $p_i^{\bar{N}_h(i)}$  افزایش می‌یابد. بهمین صورت هنگامیکه در سلول  $i$  نیاز به تعداد کانال احتیاط کمتری باشد و میانگین کانالهای احتیاط انتخاب شده در سلوهای همسایه آن نیز از کانال انتخاب شده در آن کمتر باشد، مقدار  $p_i^{\bar{N}_h(i)}$  افزایش می‌یابد.

$$p_i^\alpha(n+1) = \begin{cases} p_i^j(n) + a(1 - p_i^j(n)) & \text{if } \alpha = j \\ (1 - a)p_i^\alpha(n) & \text{if } \alpha \neq j \end{cases} \quad (3)$$

$$p_i^\alpha(n+1) = \begin{cases} (1 - b)p_i^j(n) & \text{if } \alpha = j \\ \frac{b}{C_i} + (1 - b)p_i^\alpha(n) & \text{if } \alpha \neq j \end{cases} \quad (4)$$

```

if (new call) then
  set  $N_h(i) = j$  = Generate a random number
    between  $[0, C_i]$  according to distribution  $P_i$ ;
  set  $\bar{N}_h(i)$  = average number of guard channels
    in neighboring cells of cell  $i$ ;
  if ( $c_i(t) < C_i - N_h(i)$ )
    accept the new call;
  if ( $\hat{B}_h < \hat{p}_h$ ) then
    increase  $p_i^j$  according to (3);
  else
    decrease  $p_i^j$  according to (4);
  if ( $\bar{N}_h(i) > j$ ) then
    increase  $p_i^{\bar{N}_h(i)}$  according to (3);
  else
    decrease  $p_i^{\bar{N}_h(i)}$  according to (4);
  endif
endif

```

```

else
  reject the new call;
  if ( $\hat{B}_h < \hat{p}_h$ ) then
    decrease  $p_i^j$  according to (4);
    if ( $\bar{N}_h(i) < j$ ) then
      increase  $p_i^{\bar{N}_h(i)}$  according to (3);
    else
      decrease  $p_i^{\bar{N}_h(i)}$  according to (4);
    endif
  else
    increase  $p_i^j$  according to (3);
    if ( $\bar{N}_h(i) > j$ ) then
      increase  $p_i^{\bar{N}_h(i)}$  according to (3);
    else
      decrease  $p_i^{\bar{N}_h(i)}$  according to (4);
    endif
  endif

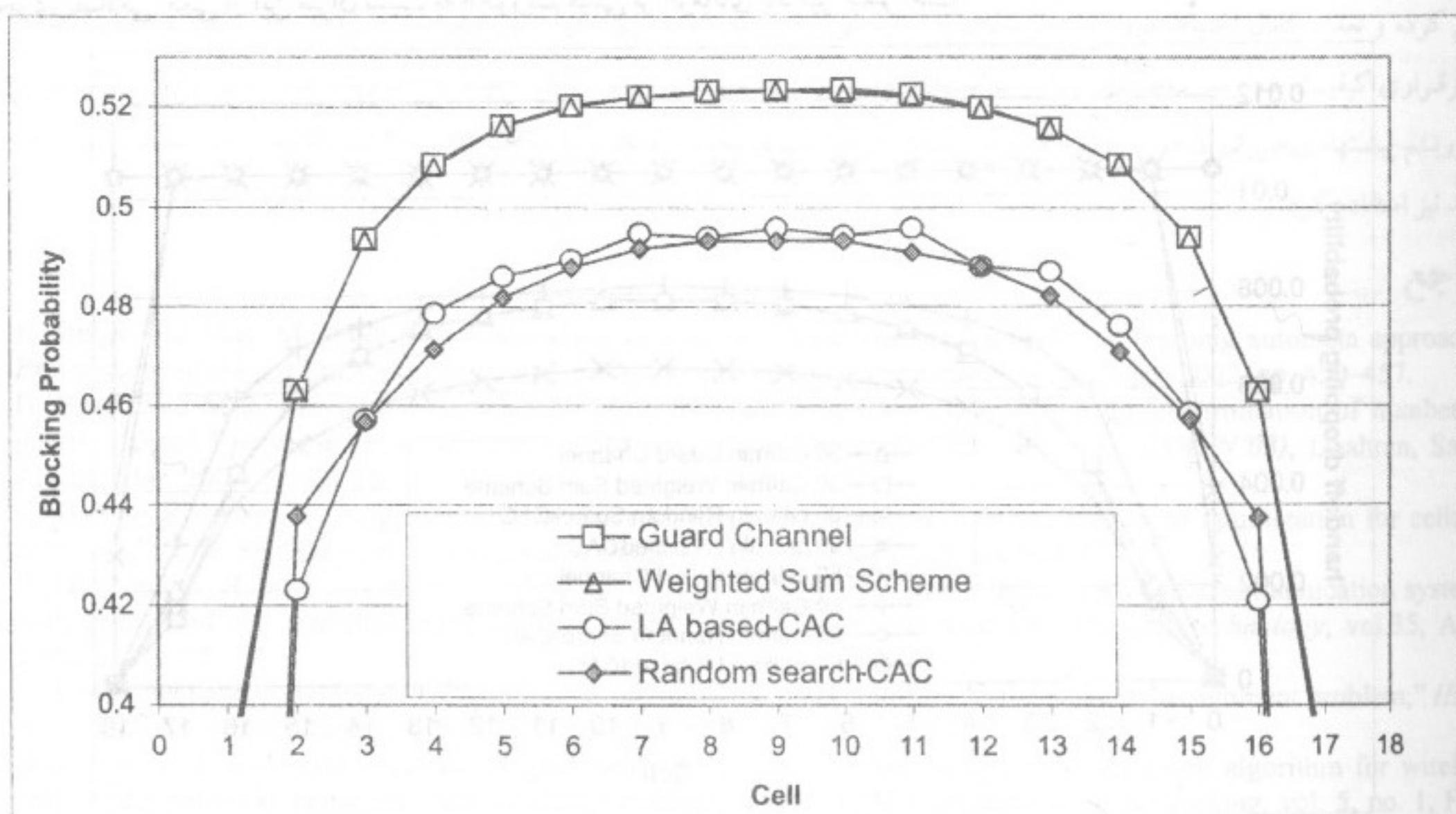
```

شکل ۲. الگوریتم کنترل پذیرش با استفاده از جستجوی تصادفی

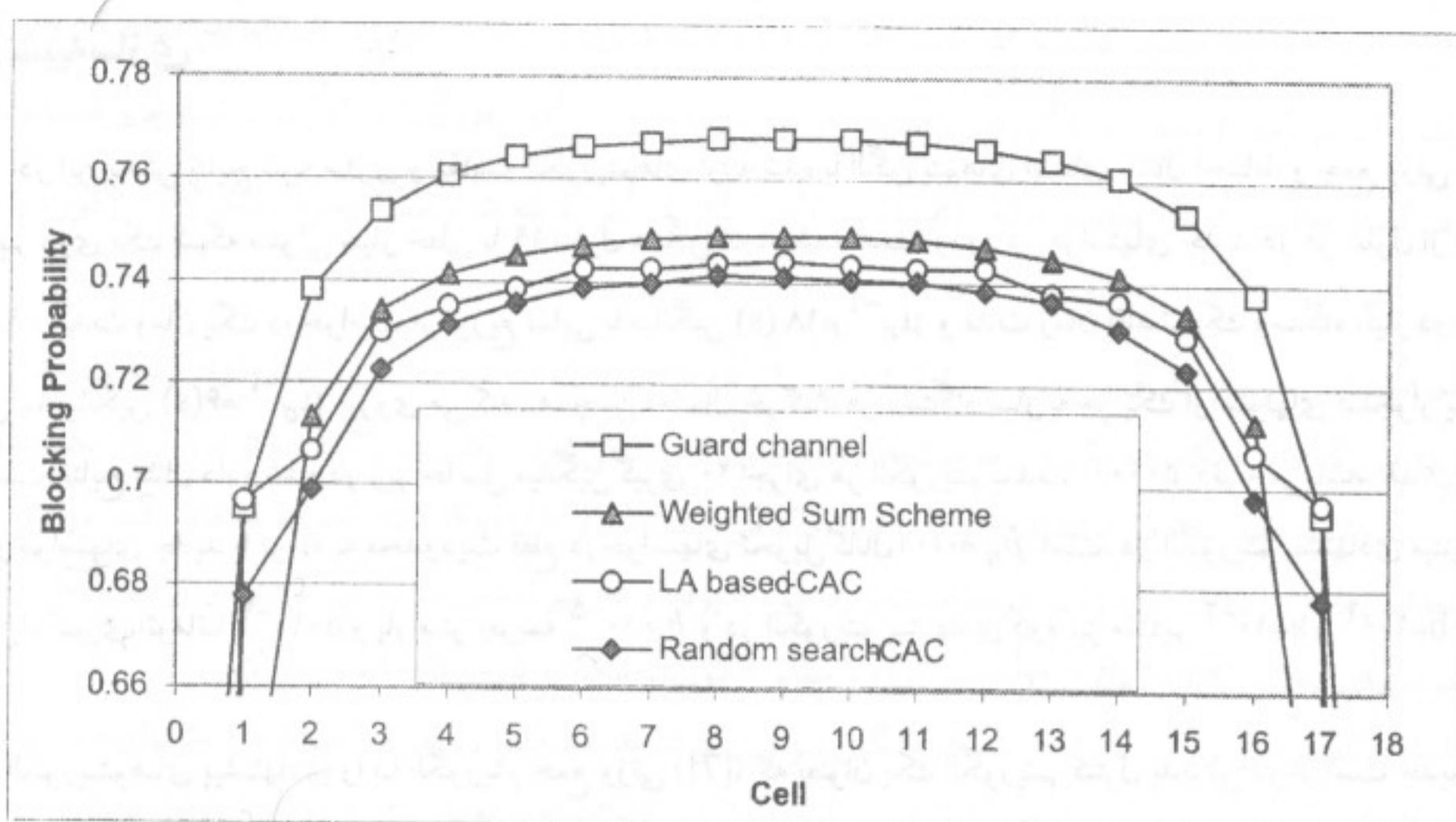
## ۵. نتایج شبیه‌سازی

در این بخش نتایج شبیه‌سازی و مقایسه الگوریتم‌های ارائه شده با الگوریتم‌های ایستای کanal احتیاط و جمع وزنی ارائه می‌شود. شبیه‌سازی بر روی یک شبکه سلولی سیار خطی با ۱۹ سلول همگن انجام شده است. ورود درخواستهای جدید در هر سلول از توزیع پواسن با میانگین  $\lambda$ ، مدت زمان یک درخواست از توزیع نمایی با میانگین  $(s) = 18^{-1}$  می‌باشد. مدت زمان اقامت یک دستگاه سیار در یک سلول از توزیع نمایی با میانگین  $(s) = 6^{-1}$  می‌پریم. همچنین احتمال حرکت هر دستگاه سیار به هر یک از سلولهای هم‌جوار یکسان در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داده شده در زیر حاصل میانگین گیری ۲۰ اجرای هر الگوریتم بعد از ۵۰۰۰۰ دقیقه می‌باشد. هدف، کمینه کردن احتمال رد درخواستهای جدید با توجه به محدودیت قطع درخواستهای تحويل کانال  $p_h = 0.01$  است. در الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر اتماتی یادگیر نرخ یادگیری اتوماتا  $a = 10^{-3}$  و پارامتر جریمه  $b = 10^{-5}$  و در الگوریتم پیشنهادی دوم نیز مقادیر  $a = 10^{-2}$  و  $b = 10^{-4}$  در نظر گرفته شده‌اند.

الگوریتم‌های پیشنهادی را با الگوریتم جمع وزنی ([7]) که عنوان یک الگوریتم کنترل پذیرش درخواست جدید معرفی شده است، مقایسه می‌کیم. برای شبیه‌سازی الگوریتم جمع وزنی، همانند [7] فاصله آگاهی ۱ و بردار  $P = \{p_0, p_1, \dots\}$  بصورت  $p_i = \begin{cases} p & i=0 \\ 1-p & i=1 \\ 0 & i>1 \end{cases}$  در نظر گرفته‌ایم. مقدار  $p$  بصورت تجربی و به روش جستجوی ترتیبی با فواصل ۰/۱ در بازه [۰, ۱] برای هر ترافیک محاسبه شده است.

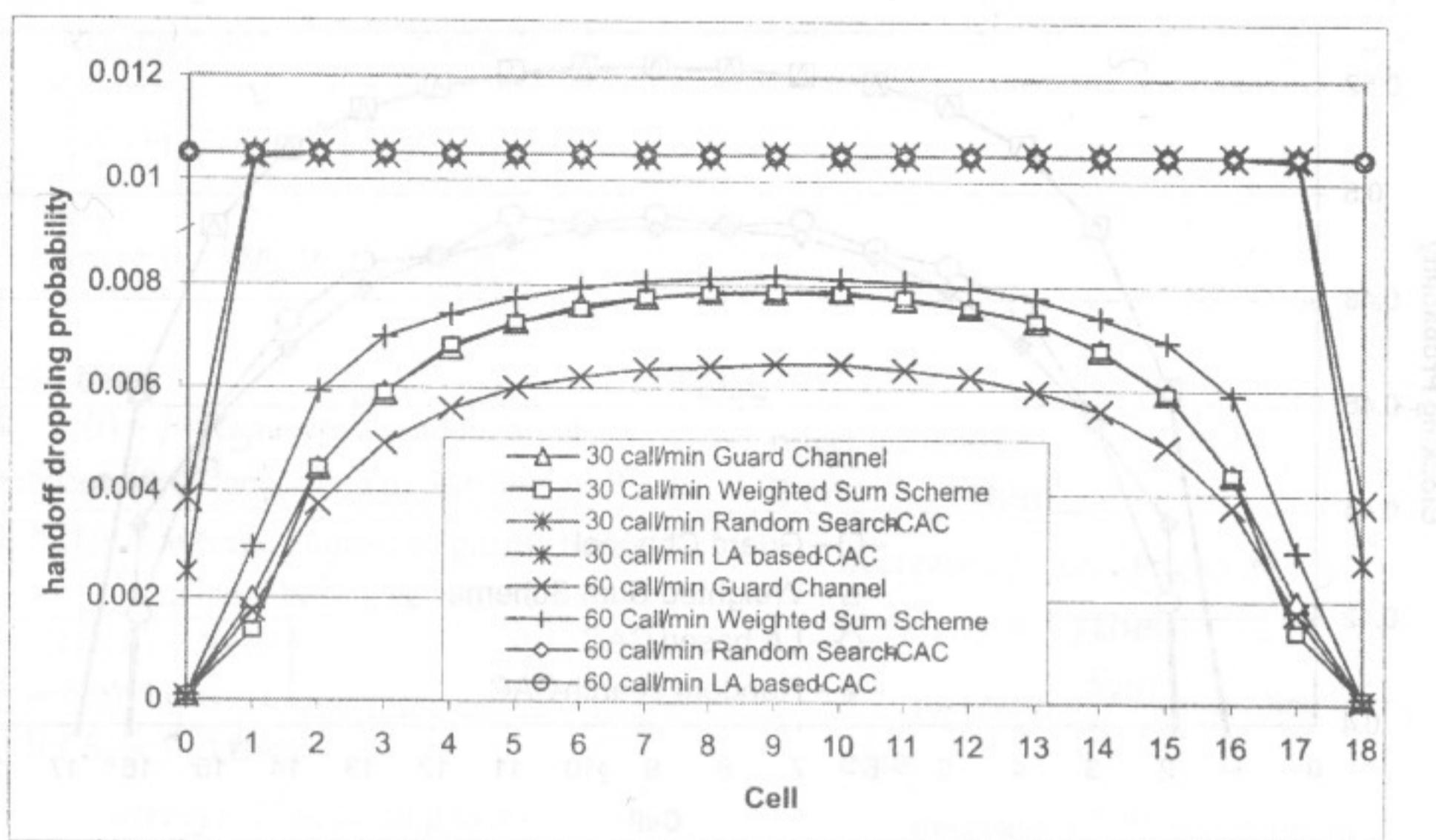


شکل ۳. احتمال رد درخواستهای جدید ( $\lambda = 30 \text{ calls/min}$ )



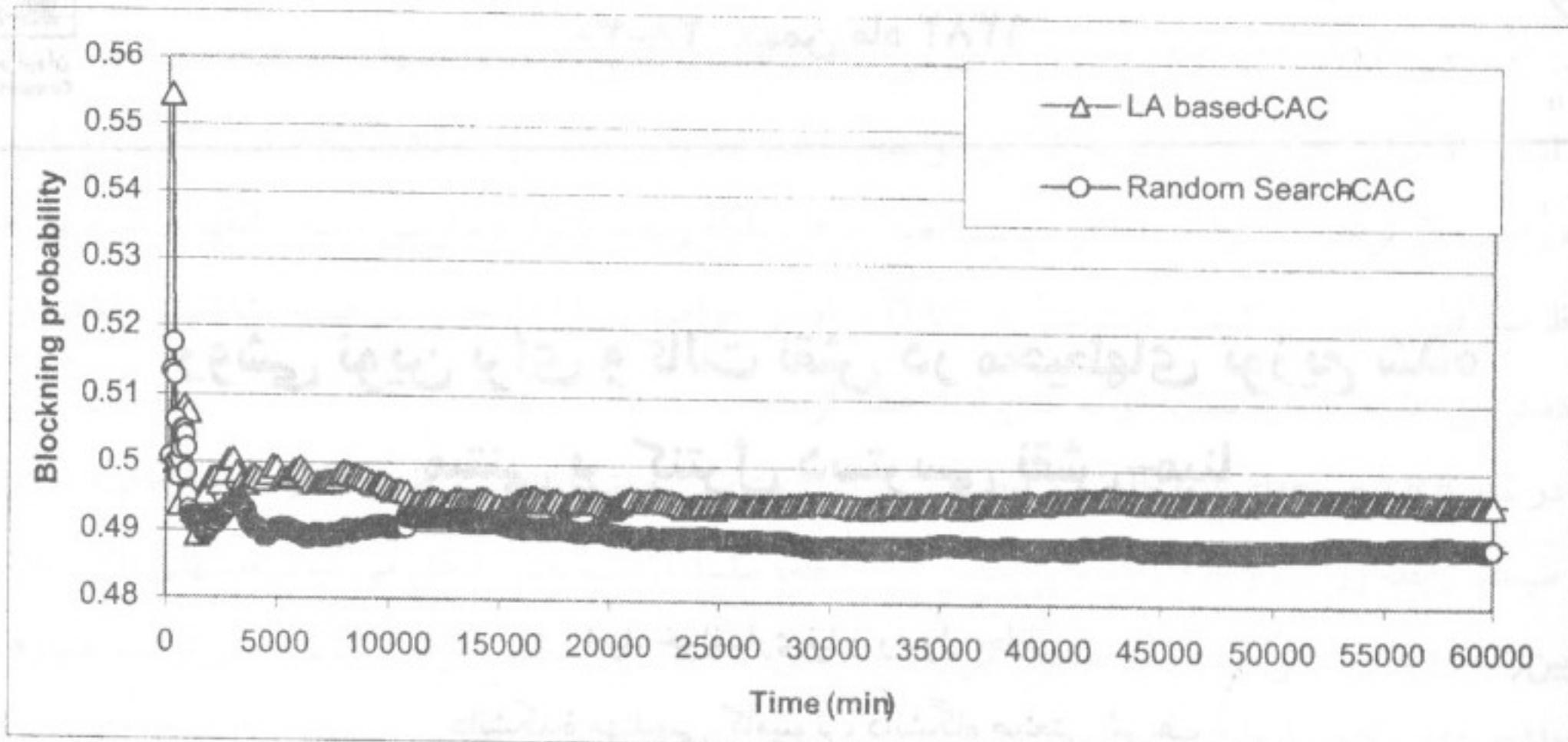
شکل ۴. احتمال رد درخواستهای جدید ( $\lambda = 60 \text{ calls/min}$ )

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، دو الگوریتم پیشنهادی بخوبی کیفیت سرویس مورد نظر درخواستهای تحویل کانال را برآورده می‌کنند. در عین حال احتمال رد درخواستهای جدید با استفاده از دو الگوریتم پیشنهاد شده نسبت به الگوریتمهای کانال احتیاط و جمع وزنی کمتر می‌باشد(شکل ۳ و شکل ۴). علاوه بر این احتمال رد درخواستهای جدید با استفاده از الگوریتم پذیرش درخواست مبتنی بر جستجوی تصادفی کمی از این میزان نسبت به الگوریتم مبتنی بر اتوماتای یادگیر کمتر است.



شکل ۵. احتمال قطع درخواستهای تحویل کانال در سلوی های یک شبکه سلوی سیار خطی با ۱۹ سلوی

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که هر دو الگوریتم پیشنهادی در زمانیکه نرخ ورود  $30 \text{ calls/min}$  در دقيقه است، در مدت زمان کمتر از  $400$  دقیقه به حالت پایدار خود می‌رسند. تغییرات احتمال رد درخواستهای جدید سلوی میانی شبکه (سلول شماره ۹) با گذشت زمان در شکل ۶ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، علاوه بر اینکه الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر جستجوی تصادفی نسبت به الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر اتوماتای یادگیر سریعتر به حالت پایدار می‌رسد، احتمال رد درخواستهای جدید آن نیز کمتر می‌باشد.



(λ = 30 calls/min) شکل ۶. تغییرات احتمال رد درخواستهای جدید در سلوول میانی شبکه سلوولی

## ۶. نتیجه‌گیری

در این مقاله دو الگوریتم پذیرش درخواست برای شبکه‌های سلوولی سیار پیشنهاد شده است. هر دو الگوریتم پیشنهادی با برقراری شرط کیفیت سرویس سعی در کمینه کردن احتمال رد درخواستهای جدید دارند. برای این منظور در الگوریتم نخست، هر سلوول از یک اتوماتای یادگیر و اطلاعات آن سلوول و سلوولهای همسایه آن برای تنظیم تعداد کانالهای احتیاط خود استفاده می‌کند. الگوریتم دوم نیز بر مبنای جستجوی تصادفی عمل کرده و تعداد کانال احتیاط مورد نیاز هر سلوول را تنظیم می‌کند. نتایج شبیه‌سازی‌های کامپیوتری نشان می‌دهد که الگوریتم‌های پیشنهادی علاوه بر برقراری کیفیت سرویس، احتمال رد درخواستهای جدید کمتری نسبت به روش کانال احتیاط و الگوریتم جمع وزنی دارند. علاوه بر این از دو الگوریتم پیشنهادی می‌توان در موقعی که نرخ رسیدن درخواستهای تحويل کانال و یا میانگین مدت زمان مکالمه از قبل مشخص نبوده و یا متغیر باشد نیز استفاده کرد.

## مراجع

- [1] H. Beigy and M.R. Meybodi, "Call admission control in cellular mobile networks: A learning automata approach," *Proceedings of the 1st EurAsian conference on information and communication technology*, 2002, pp. 450–457.
- [2] H. Beigy and M.R. Meybodi, "An adaptive algorithm based on learning automata for determination of number of guard channel," *proceedings of the 9th symposium on wireless system and networks (ISWSN'03)*, Dhahran, Saudi Arabia, Mar. 2003, pp. 24-26.
- [3] G. Haring, R. Marie, R. Puigjaner, and K. Trivedi, "Loss formulas and their application to optimization for cellular networks," *IEEE Transactions on vehicular technology*, vol. 50, May 2001, pp. 664–673.
- [4] D. Hong and S. Rapport, "Traffic modeling and performance analysis for cellular mobile telecommunication systems with prioritized and non-prioritized handoff procedure," *IEEE transactions on vehicular technology*, vol.35, Aug. 1986, pp. 77-92.
- [5] B. J. Oommen and T. D. Roberts, "Continuous learning automata solutions to the capacity assignment problem," *IEEE Transactions on computers*, vol. 49, Jun. 2000, pp. 608–620.
- [6] D.A. Levine, I. E Akyildiz and M. Naghshineh, "A resource estimation and call admission algorithm for wireless multimedia networks using the shadow cluster concept," *IEEE/ACM Transactions on networking*, vol. 5, no. 1, Feb. 1997, pp. 1-12.
- [7] J. M. Peha and A. Sutivong, "Admission control algorithms for cellular systems," *ACM Wireless networks*, vol. 7, no. 2, 2001, pp. 117-125.
- [8] M. Naghshineh and M. Schwartz, "Distributed call admission control in mobile/wireless networks," *Journal of selected areas in communication*, vol. 14, May 1996, pp. 711-717.
- [9] K.S. Narendra and K.S. Thathachar, *Learning automata: An introduction*, Prentice Hall, 1989.
- [10] P. R. Srikantakumar and K. S. Narendra, "A learning model for routing in telephone networks," *SIAM Journal of control and optimization*, vol. 20, Jan. 1982, pp. 34–57.
- [11] R. Ramjee, D. Towsley and R. Nagarajan, "On optimal call admission control in cellular networks," *Wireless networks*, vol. 3, no. 1, Mar. 1997, pp. 29–41.
- [12] O. V. Nedzelnitsky and K. S. Narendra, "Non-stationary models of learning automata routing in data communication networks," *IEEE Transactions on systems, man and cybernetics*, vol. 6, Nov. 1987, pp. 1004–1015.
- [13] Si Wu, K. Y. Michael Wong, and Bo Li, "A dynamic call admission policy with precision QoS guarantee using stochastic control for mobile wireless network," *IEEE/ACM Transactions on networking*, vol. 10, Apr. 2002, no. 2.
- [14] O. Yu and V. Leung, "Self-Tuning prioritized call handling mechanism with dynamic guard channel for mobile cellular system," *Proceeding of IEEE vehicular technology conference*, Apr. 1996, pp.1520-1524.