*فصلنامه فناوری و آموزش*
سال اول، شماره ویژه، پاییز ۱۳۸۵

# اولویت بندی ترافیکی در سیستمهای مخابرات سیار سلولی

**شهریار شیروانی مقدم**
دانشکده فنی و مهندسی برق- دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران
*sh_shirvani@srttu.edu*
***حمید نورعلیزاده***
دانشکده فنی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب
*h_n_alizdeh@yahoo.com*
**امیرحسین خدادادی**
دانشکده تحصیلات تکمیلی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب
*khodadadi@yahoo.com*

چکیده

**از نظر کاربران مخابرات سیار سلولی، قطع اجباری یک مکالمه در حال انجام نامطلوبتر از انسداد و رد درخواستهای آغازین ارتباط می باشد. طرحهای مختلف اولویت بندی ترافیکی به دنبال کاهش قطع اجباری مکالمات نیازمند تعویض کانال می باشند. در این مقاله ضمن بررسی و ارائه روشهای مرسوم بدون اولویت بندی، با صف بندی *FIFO*[1] و *MBPS*[2]، با کانال رزرو شده و ترکیبی با صف بندی و کانال رزرو شده، یک سیستم مخابرات سیار سلولی با در نظر گرفتن دو نوع درخواست آغازین ارتباط و در حال ارتباط نیازمند تعویض کانال، شبیه سازی شده و نتایج حاصل از شبیه سازی روشهای مختلف با توجه به معیارهای ارزیابی مرسوم "احتمال قطع اجباری" و "احتمال راه بندان" استخراج گردیده و مقایسه ای بین این روشها صورت گرفته است. نتایج حاصل از شبیه‌سازیهای ارائه شده در این تحقیق نشان می دهند که روش صف بندی *MBPS* بهتر از *FIFO* و این دو روش در عین داشتن احتمال راه بندان مطلوب، به مراتب احتمال قطع اجباری کمتری نسبت به روش بدون اولویت بندی دارند. روش ترکیبی نیز بهتر از روش کانال رزرو شده عمل می نماید زیرا هم مزایای روش کانال رزرو شده را دارد و هم دارای صفهای طولانی نیست. نتایج این تحقیق در انتخاب روش مناسب و در نظر گرفتن پارامترهای کلیدی هر روش نظیر طول صف در روشهای صف بندی و تعداد کانالهای رزرو شده در روشهای مبتنی بر کانال رزرو شده، مفید خواهند بود.**

کلید واژه ها
مخابرات سیار سلولی، ارلانگ، پواسن، نمایی منفی، تعویض کانال، راه بندان، قطع اجباری، اولویت بندی، صف بندی، کانال رزرو شده، *FIFO*، *MBPS*

---

[1]. First In First Out

[2]. Measurement Based Prioritization Scheme

## ۱– مقدمه

با پیشرفتهای چشمگیر سیستمهای مخابراتی در سالهای اخیر، افراد در هر زمان و مکان می توانند با یکدیگر ارتباط صوتی، تصویری و داده داشته باشند و دریچه هایی به مخابرات سیار نسل ۳، ۴ و ۵ گشوده شده است. لازمه چنین امکانی قابلیت تحرک است که با ارتباط بی‌سیم میسر می شود و به وسیله های سیستم‌های مخابرات سیار قابل تحقق است. ارائه سرویس‌های متنوع و استقبال رو به رشد مشترکین از اینگونه سیستم‌ها، باعث افزایش ترافیک شده و لزوم پردازشهای مناسب تر، استفاده بهینه از منابع در دسترس و بهبود عملکرد را، هم از دید مشترکین و هم از نظر شبکه، نشان می دهد.

در ساختارهای سلولی، مناطق تحت پوشش به نواحی کوچکتری به نام سلول تقسیم می‌گردند و هر سلول به وسیله ی ایستگاه ویژه ای پوشش رادیویی داده می‌شود. مشترکین این سیستمها به صورت رادیویی بی‌سیم به ایستگاههای پایه متصل می‌شوند. به هر ایستگاه پایه[1] تعدادی کانال تخصیص می‌یابد و این کانالها در سلولهایی که به فاصله معینی از هم قرار دارند دوباره مورد استفاده قرار می گیرند. بر اساس شرایط انتشاری و ترافیکی، روشهای تخصیص کانال متفاوتی با مصالحه بین پارامترهایی مانند سادگی روش، راندمان طیفی، پیچیدگی تجهیزاتی و زمان اجرای عملیات و پایداری ترافیکی، پیشنهاد شده است [۱].

در سیستم‌های مخابرات سیار سلولی، به واسطه ی شرایط نامناسب انتشاری یا تمهیدات مدیریتی، تعویض کانال (دست به دست شدن) صورت می پذیرد. شرایط نامناسب انتشاری، به خاطر افت کیفیت سیگنال دریافتی، می تواند باعث تعویض درون سلولی یا بین سلولی (بین دو ایستگاه پایه مجاور) شود که در این تحقیق تمرکز روی تعویض کانال بین سلولی به واسطه ی افت کیفیت می باشد. زمانی که یک کاربر در حال ارتباط و تحت پوشش یک ایستگاه پایه، از مرز سلول عبور کرده و وارد سلول دیگری می‌شود باید قبل از قطع شدن ارتباط، که به خاطر نزول توان به سطح آستانه گیرنده است، بتواند بدون نیاز به شماره‌گیری مجدد، ضمن تعویض کانال رادیویی فعلی به کانال رادیویی جدید، ارتباطش را در سلول جدید نیز با کیفیت مطلوبی ادامه دهد. اگر در سلول جدید کانال آزادی موجود نباشد و مکالمه نیازمند کانال خاتمه پیدا نکرده باشد و یا واحد سیار به سلول اولیه و قدیمی مراجعت نکند و نیز سطح توانش افت کند ارتباطش به اجبار قطع خواهد شد.

در سیستم‌های مخابرات سیار سلولی اساسا دو نوع مکالمه تعریف می‌گردد که عبارت اند از:

- مکالمات در حال انجام (یا درخواست تعویض کانال)
- مکالمات آغازین (یا درخواست آغاز ارتباط)

مکالمات آغازین همواره در داخل سلول تولید می‌شوند اما مکالمات نیازمند تعویض کانال (مورد بحث در این مقاله) از سلولهای همسایه وارد سلول مقصد می‌شوند [۲ و ۳].

در روشهای بدون اولویت بندی با مکالمات نیازمند تعویض کانال مشابه مکالمات آغازین برخورد می‌شود. بنابراین، احتمال عدم موفقیت درخواست تعویض کانال در دستیابی به کانال آزاد از ایستگاه هدف (احتمال قطع اجباری) با احتمال انسداد مکالمات آغازین برابر خواهد بود. به علت اینکه قطع یک مکالمه در حال انجام نامطلوبتر از عدم موفقیت درخواست جدید است، در روش بدون اولویت بندی کیفیت سرویس دهی سیستم پایین است و عدم رضایت مشترکین را به واسطه ی قطع اجباری مکالمات نیازمند تعویض کانال در بردارد. از اواسط دهه ۱۹۸۰ میلادی تاکنون طرحهای متفاوت اولویت‌بندی مکالمات نیازمند تعویض کانال جهت کاهش احتمال قطع اجباری پیشنهاد شده است. این طرحها سبب کاهش قطع اجباری مکالمات در حال انجام به بهای افزایش انسداد درخواستهای آغازین می شوند. در روشهای اولویت‌بندی به مکالمات نیازمند تعویض کانال نسبت به درخواستهای آغازین اولویت داده می‌شود. در این راستا طرح‌های متفاوتی معرفی شده است که به دو دسته، روشهای "با صف بندی" و "با کانال رزرو شده" تقسیم می‌شوند [۴، ۵ و ۶].

در روشهای صف بندی، مکالمات نیازمند تعویض کانال در صورت عدم وجود کانال آزاد در سلول جدید، در صف قرار می‌گیرند و حذف این مکالمات از صف زمانی رخ می‌دهد که کانال آزادی از طرف ایستگاه جدید به آنها تخصیص داده شود و یا به علت شرایط انتشاری نامناسب ارتباط قطع شود. در این روشها با درخواستهای آغازین

[1]. Base Station

ارتباط، مشابه روش بدون اولویت بندی رفتار می‌شود. در روش کانال رزرو شده، تعدادی کانال منحصرا برای درخواستهای تعویض کانال در نظر گرفته می‌شود و مکالمات آغازین اجازه استفاده از این کانالها را ندارند. این در حالی است که مکالمات نیازمند تعویض کانال مجاز به استفاده از تمامی کانالهای سلول هستند. روش ترکیبی کانال رزرو شده و صف بندی، از لحاظ کاهش احتمال قطع اجباری، بهبود بیشتری را می دهد.

در این مقاله ضمن مرور روشهای اولویت بندی، نتیجه های حاصل از شبیه سازی در ساختار ماکروسلولی، ارایه شده است. در این روشها هدف کاهش احتمال قطع اجباری است به گونه‌ای که احتمال انسداد درخواستهای آغازین افزایش چشمگیری نداشته باشد. نتیجه های این تحقیق نشان می دهند که در ساختارهای ماکروسلولی، طرح‌های با صف بندی دارای عملکرد بهتری نسبت به روشهای بدون اولویت بندی و کانال رزرو شده هستند.

در بخش دوم به مدلهای ترافیکی مطرح در مخابرات سیار سلولی اشاره شده است. در این بخش ضمن معرفی مدل ارلانگ B، توزیع های پواسن و نمایی منفی که به ترتیب در مدلسازی درخواستهای آغازین و نیازمند تعویض کانال و مدت زمان مکالمه مناسب اند اشاره شده است.

بخش سوم به لزوم اولویت بندی در سیستم‌های مخابرات سیار سلولی، روشهای با اولویت‌بندی مبتنی بر صف بندی و کانال رزرو شده و حالتهای ترکیبی، اختصاص دارد. در این بخش افزون بر تشریح هر یک از روشها و ارایه فلوچارت نمایش دهنده روند اولویت بندی در آنها، مدلهای تحلیلی و فرمول بندی مربوط آورده شده است. همچنین نتیجه های حاصل از شبیه سازی روشهای با و بدون اولویت‌بندی ترافیکی ارایه شده است. در انتهای این بخش با توجه به پارامترهای ارزیابی، احتمال راه‌بندان و احتمال قطع اجباری، عملکرد روشهای متفاوت با یکدیگر مقایسه شده است.

در نهایت در بخش چهارم، نتیجه‌گیری نهایی حاصل از این تحقیق و کار جدید (در دست انجام توسط نویسندگان این مقاله) آورده شده است.

## ۲ـ مدل‌های ترافیکی

در شبکه‌های مخابراتی، ترافیک به تعداد درخواست‌های ارتباط و نیز مدت زمان مکالمه بستگی دارد و لذا فرایندی تصادفی است. بنابراین، طراحی یک شبکه به طور دقیق امکان‌پذیر نبوده اما استفاده از معیارهای مناسب به طوری که افزون بر سادگی سخت افزاری و نرم افزاری به خوبی جوابگوی بار شبکه باشد و حداکثر رضایت ممکن مشترکین نیز فراهم شود، امکان‌پذیر است. در سیستم‌های مخابراتی اگر تقاضایی برای برقراری ارتباط برسد و کانال آزاد موجود نباشد با درخواست بالا می‌توان به روش های متفاوت برخورد کرد. با توجه به عادات مشترکین و روشهای معمول مورد استفاده در مخابرات سیار سلولی، مشترک درخواست کننده ارتباط در صورت عدم دستیابی به کانال آزاد، از شبکه حذف می‌گردد. به این روش، حذف مکالمات مسدود شده[1] گفته می‌شود. احتمال انسداد در چنین سیستمی از فرمول ارلانگ B قابل محاسبه است. از این فرمول می‌توان برای محاسبه تعداد کانالهای لازم برای هر سلول استفاده کرد. به کمک جداول و منحنی‌های حاصل از این فرمول، با توجه به تعداد کانال های هر سلول و مقدار بار ترافیکی ورودی سلول، می‌توان میزان احتمال انسداد مکالمات را تعیین کرد.

احتمال انسداد حاصل از فرمول ارلانگ B برابر است با احتمال اینکه در لحظه درخواست ارتباط از سیستم (چه درخواست آغازین و چه نیازمند تعویض کانال) ظرفیت سیستم تکمیل باشد و برابر است با:

$$P_b = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \Big/ n!}{\left[\sum_{i=0}^{c}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i \frac{1}{i!}\right]} \qquad (۱)$$

که در آن $P_b$ احتمال انسداد، $n$ تعداد کانال ها در سلول، $C$ ظرفیت سیستم، $\lambda$ میانگین نرخ ورود به سلول، $\mu^{-1}$ میانگین مدت زمان اقامت در سلول، و $\lambda/\mu$ بار ترافیکی ورودی سیستم برحسب ارلانگ است [۷].

از میان توزیع‌های آماری مورد استفاده در مخابرات سیار سلولی، توزیع پواسن و توزیع نمایی منفی به طور مستقیم در شبیه‌سازی‌های ترافیکی مقاله، جهت مدل کردن درخواستهای ارتباط و نیز مدت زمان مکالمه، به کار رفته است که در ذیل به آنها اشاره می شود.

1. Blocked Calls Cleared

### ۲-۱ توزیع پواسن

در سیستم‌های مخابراتی فرض بر این است که تابع توزیع احتمال ورود به سیستم، پواسن است که دارای مشخصه زیر است:

(۲)

$$f_X(x_i) = P(X = x_i) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x_i}}{x_i\,!}, x_i = 0,1,2,\ldots$$

$$\mu_X = E(X) = \lambda \qquad \sigma_X{}^2 = \mathrm{var}(x) = \lambda \quad (۳)$$

در مطالعات و تحقیقات انجام شده از توزیع پواسن برای مدل کردن نرخ ورود مکالمات آغازین و مکالمات تعویض کانال استفاده شده است. البته نرخ تولید مکالمات تعویض کانال دارای نوسانات زیادی بوده و توزیع پواسن توانائی انعکاس ویژگی های لحظه‌ای و آنی مکالمات مذکور را ندارد. درمرجع [۸] برای تولید این مکالمات، فرایند جدیدی تحت عنوان MMPP[1] معرفی شده است که تاثیر آن در شبیه سازی‌ها اندکی افزایش در احتمال قطع اجباری است. اما بنابر نتیجه های مرجع [۹] در صورت استفاده از ساختار ماکروسلولی می‌توان توزیع پواسن را برای مدل کردن مکالمات نیازمند تعویض کانال بکار برد. در این مقاله نرخ ورود مکالمات آغازین و نیازمند تعویض کانال را به ترتیب با $\lambda_c$ و $\lambda_h$ بیان و هر دو با توزیع پواسن شبیه سازی شده است.

### ۲-۲ توزیع نمایی منفی

در سیستم‌های مخابراتی فرض بر این است که مدت زمان هر مکالمه دارای تابع توزیع نمایی منفی است که به صورت زیر بیان می شود:

$$f_X(x_i) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x_i} & 0 < x_i < \infty \\ 0 & elsewhere \end{cases} \quad (۴)$$

$$E(X) = \frac{1}{\lambda} \qquad \sigma_X^2 = \mathrm{var}(X) = \frac{1}{\lambda^2} \quad (۵)$$

توزیع نمایی برای تعیین مدت زمان یک مکالمه و مدت زمان اشغال کانال استفاده می‌شود. زمان اشغال کانال به پارامترهایی مانند سرعت، موقعیت و جهت حرکت واحد سیار در حین مکالمه بستگی دارد. در شبیه سازی‌های انجام شده، مدت زمان اشغال کانال (چه در مکالمات آغازین و چه مکالمات نیازمند تعویض کانال) مشابه مراجع [۱۰ و ۱۱] برابر با ۶۰ ثانیه در نظر شده است.

## ۳- اولویت‌بندی ترافیکی در سیستم‌های مخابرات سیار سلولی

در روش بدون اولویت‌بندی با مکالمات آغازین و مکالمات نیازمند تعویض کانال بدون هیچ ارجحیتی برخورد می‌شود، لذا احتمال انسداد مکالمات آغازین با احتمال قطع اجباری یکسان خواهد بود. روشهای اولویت‌بندی شامل طرحهای با صف‌بندی FIFO و MBPS، طرح با کانال رزرو شده (بدون صف‌بندی و با صف‌بندی) هستند که در این مقاله مدل‌های مربوطه معرفی و نتیجه های شبیه سازی آنها ارایه شده است. در تمامی شبیه‌سازی‌ها، ساختار ماکروسلولی مد نظر بوده، روش تخصیص کانال ثابت[2] استفاده شده و تنها یک سلول دارای ۵۰ کانال مورد بررسی قرار گرفته است. مدت زمان اقامت درخواست نیازمند تعویض کانال در صف (در صورت لزوم) با توزیع گوسی دارای زمان متوسط ۱۰ ثانیه و انحراف استاندارد ۲ ثانیه شبیه سازی شده است.

اگر $\lambda_c$ متوسط نرخ تولید مکالمات آغازین هر سلول، $\lambda_h$ متوسط نرخ تولید و ورود مکالمات نیازمند تعویض کانال به سلول و $\mu^{-1}$ برابر با متوسط زمان اشغال کانال باشند، بار ترافیکی کل برحسب ارلانگ برابر است با:

$$A = \frac{\lambda_c}{\mu} + \frac{\lambda_h}{\mu} \quad (۶)$$

نسبت بار ترافیکی مکالمات نیازمند تعویض کانال به کل بار ترافیکی ورودی برابر است با:

$$\rho = \frac{\lambda_h}{\lambda_c + \lambda_h} \quad (۷)$$

### ۳-۱ تجزیه و تحلیل و مدل سازی طرح بدون اولویت‌بندی

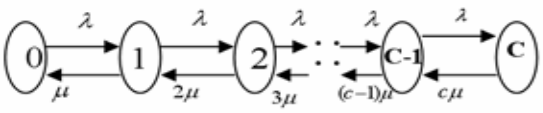
مطابق فلوچارت پیوست (۱)، در طرح بدون اولویت بندی، سیستم ارجحیت خاصی میان دو نوع درخواست آغازین و نیازمند تعویض کانال قائل نیست. به عبارت واضحتر در صورت وجود کانال آزاد، هر یک از این دو نوع

[1]. Markov Modulated Poisson Process

[2]. Fixed Channel Assignment

مکالمه که زودتر وارد سیستم شود و درخواست کانال کند، کانال دریافت می کند و در غیر این صورت، درخواست از نوع آغازین مسدود شده و درخواست از نوع نیازمند تعویض کانال، قطع می شود.

شکل ۱ دیاگرام حالت طرح بدون اولویت بندی را که متناظر با یک فرایند تولد- مرگ[1] است نشان مید هد.




**شکل ۱ نمودار حالت طرح بدون اولویت بندی**

با استفاده از این نمودار می توان احتمال وجود تعداد $n$ نفر در درون سیستم ($P_n$) را محاسبه کرد [۱۲]. نتیجه حاصله به صورت زیر خواهد بود:

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \frac{1}{n!} P_0 \qquad (۸)$$

$$P_0 = \left[\sum_{i=0}^{c} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i \frac{1}{i!}\right]^{-1} \qquad (۹)$$

احتمال انسداد مکالمات آغازین (احتمال اشغال بودن تمام کانالها) به صورت زیر بیان می شود:

$$P_b = P(n \geq c) \qquad (۱۰)$$

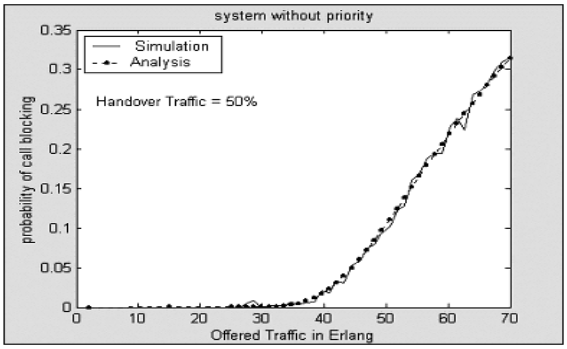
از طرف دیگر، با توجه به یکسان بودن دو نوع مکالمه در طرح بدون اولویت بندی می توان نوشت:

$$P_f = P_b = \sum_{n=c}^{\infty} P_n \qquad (۱۱)$$

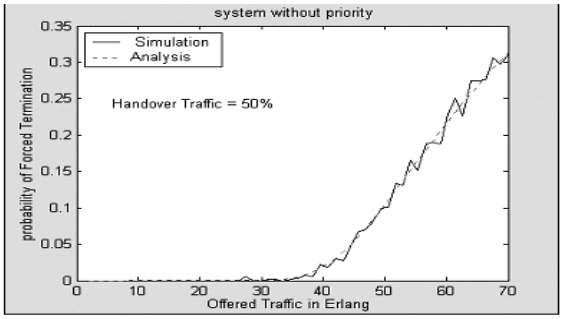
$$P_f = P_b = P(n=c) = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c / c!}{\left[\sum_{i=0}^{c} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i \frac{1}{i!}\right]} \qquad (۱۲)$$

در این تحقیق، شبیه سازی طرح بدون اولویت بندی مطابق فلوچارت پیوست (۱) صورت گرفته و نتیجه های حاصل از شبیه سازی به همراه نتیجه های مدل تحلیلی در شکل‌های (۲) و (۳) نمایش داده شده است. مشاهده می شود که نتایج احتمالهای قطع اجباری و انسداد حاصل از شبیه سازی و مدل تحلیلی به تقریب برابرند.

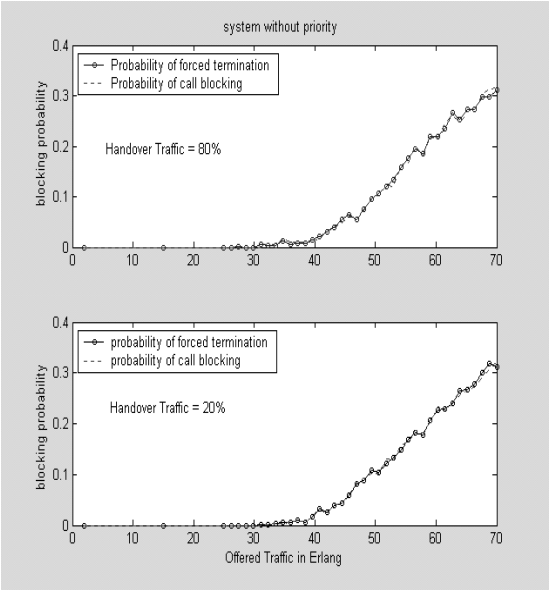
[1]. Birth – Death process




**شکل ۲ احتمال انسداد درخواستهای آغازین بر حسب بار ترافیکی وارده به سلول در طرح بدون اولویت بندی** *(ρ=50%)*




**شکل ۳ احتمال قطع اجباری مکالمات بر حسب بار ترافیکی وارده به سلول در طرح بدون اولویت بندی** (ρ=50%)




**شکل ۴ احتمالهای انسداد و قطع اجباری بر حسب**

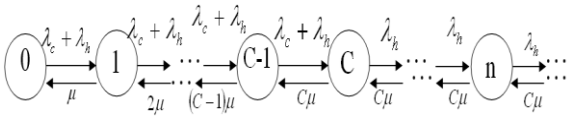
**بار ترافیکی وارده به سلول در طرح بدون اولویت بندی به ازای** الف- $\rho$=80%، ب- $\rho$=20%

همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می شود، احتمالهای راه بندان و قطع اجباری درخواستهای آغازین و نیازمند تعویض کانال به ازای $\rho$ های متفاوت با هم معادل است.

## ۳ـ۲ تجزیه و تحلیل و مدل سازی طرح با صف بندی *FIFO*

براساس فلوچارت پیوست ۱، در این روش وقتی که یک مکالمه نیازمند تعویض کانال به سلول وارد می‌شود در صورت عدم وجود کانال آزاد وارد صف می‌شود و پس از دریافت کانال آزاد به وسیله ی کلیه درخواستهایی که زودتر وارد صف شده‌اند، در صورتی که قبل از سپری شدن مدت زمان مجاز اقامت مکالمه در حال انجام درخواست کننده کانال آزاد ارتباط آن خاتمه نیافته باشد و کانالی آزاد شود، تعویض کانال صورت می‌پذیرد. در صورتی که در پایان مدت زمان مجاز اقامت (ناحیه تعویض کانال)، کانال آزاد دریافت نشود مکالمه در حال انجام اجبارا قطع می‌شود. در این روش درخواستهای آغازین زمانی کانال دریافت می‌کنند که صف مکالمات نیازمند تعویض کانال خالی باشد و در غیر این صورت مسدود می‌شوند. بدین ترتیب انتظار می‌رود که احتمال قطع اجباری مکالمات

نیازمند تعویض کانال کاهش یابد. شکل (۵) نمودار حالت طرح صف‌بندی FIFO را نشان می‌دهد.




**شکل ۵ نمودار حالت طرح با صف بندی FIFO**

در این روش احتمال انسداد درخواستهای آغازین مطابق نمودار حالت بالا برابر است با:

(۱۳)

$$P_b = P\ (n \geq c) = \sum_{n=c}^{\infty} \frac{(\lambda_c+\lambda_h)^c \lambda_h^{n-c}}{c!\,\mu^n c^{n-c}} P_0$$

و احتمال قطع اجباری نیز برابر است با:

$$P_f = 1 - \int_0^{\infty} W_q(t)\ f_{T_d}(t)\ dt \qquad (۱۴)$$

$f_{Td}$ تابع چگالی احتمال مدت زمان مکالمه است که از توزیع گوسی با متوسط $m$ و واریانس $\sigma^2$ پیروی می‌کند.

(۱۵)

$$W_q(t) = P_0\left(\frac{\lambda_c+\lambda_h}{\mu}\right)^c \frac{1}{(c-1)!} \frac{\left(1-e^{-(\mu c-\lambda_h)\,t}\right)}{(c-\lambda_h/\mu)} + W_q(0)$$

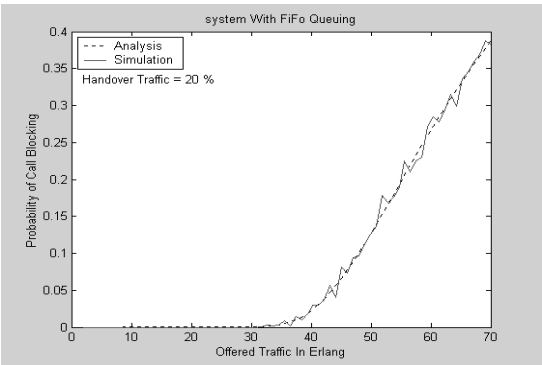
(۱۶)

$$W_q(0) = 1 - \frac{1}{c!}\left(\frac{\lambda_c+\lambda_h}{\mu}\right)^C \left(\frac{c}{c-\lambda_h/\mu}\right) p_0$$

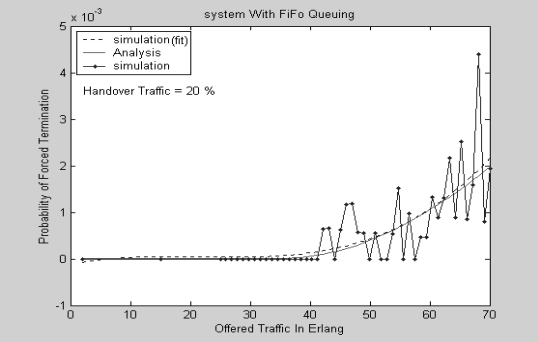
(۱۷)

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!}\left(\frac{\lambda_c+\lambda_h}{\mu}\right)^n + \frac{1}{c!}\left(\frac{\lambda_c+\lambda_h}{\mu}\right)^c \left(\frac{c\mu}{c\mu-\lambda_h}\right)\right]^{-1}$$

در شکلهای ۶ و ۷ نتیجه های حاصل از مدل تحلیلی و نیز شبیه سازی روش صف بندی FIFO نمایش داده شده است. دیده می شود که با افزایش بار ترافیکی، احتمالهای انسداد و قطع اجباری افزایش می‌یابند اما نرخ افزایش احتمال قطع اجباری به مراتب کمتر از نرخ افزایش احتمال راه بندان است. همچنین نتیجه های شبیه‌سازی و مدل تحلیلی تطابق قابل قبولی با یکدیگر دارند.

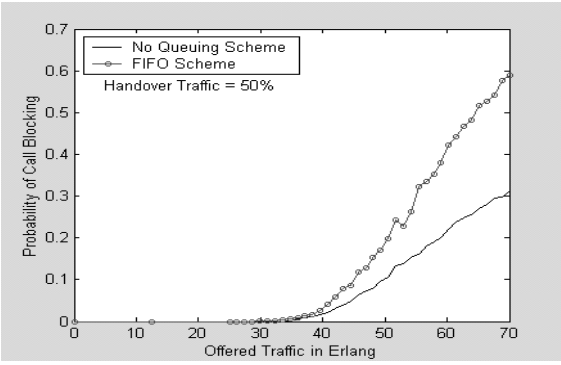



**شکل ۶ احتمال انسداد درخواستهای آغازین بر حسب بار ترافیکی وارد شده به سلول در روش با صف بندی *FIFO*** به ازای ρ=20%

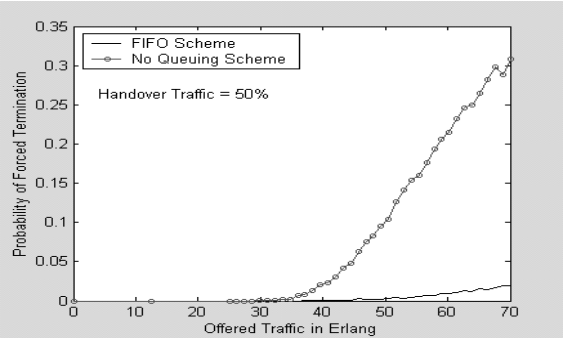



**شکل ۷ احتمال قطع اجباری درخواستهای نیازمند تعویض کانال بر حسب بار ترافیکی وارد شده به سلول در روش با صف بندی *FIFO* به ازای ρ=20%**

در شکلهای ۸ و ۹ می توان برتری روش با صف‌بندی FIFO را نسبت به روش بدون اولویت‌بندی مشاهده کرد. همان طور که دیده می‌شود روش با صف‌بندی باعث افزایش احتمال انسداد درخواست های آغازین و کاهش چشمگیر احتمال قطع اجباری نسبت به روش بدون اولویت بندی شده است. این نتیجه های موید این است که طرح FIFO در زمانهایی که بار تعویض کانال کسر کوچکی از بار ترافیکی کل باشد، عملکرد بهتری را نشان می‌دهد. اما در بارهای تعویض کانال بزرگتر، افزایش احتمال راه‌بندان قابل تحمل نیست.




**شکل ۸ مقایسه احتمال انسداد دو طرح *FIFO* و بدون اولویت‌بندی به ازای ρ=50%**

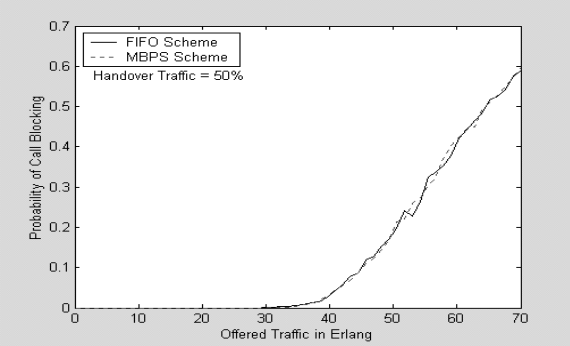



**شکل ۹ مقایسه احتمال قطع اجباری دو طرح *FIFO* و بدون اولویت بندی به ازای ρ=50%**

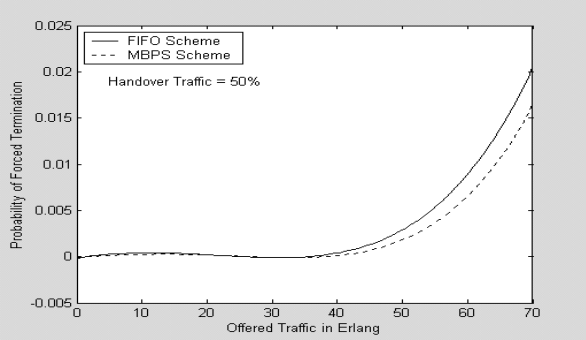
## ۳ـ۳ تجزیه و تحلیل و مدل سازی طرح با صف بندی مبتنی بر اندازه گیری توانی *MBPS*

در طرح FIFO علیرغم دستیابی به احتمال قطع اجباری کمتر نسبت به روش بدون اولویت بندی، سرویس دهی به درخواستهای تعویض کانال به زمان درخواست آنها بستگی دارد و این در حالی است که لزوما درخواست زودتر دارای وضعیت انتشاری بدتر نیست. در روش MBPS شیب تغییرهای توان دریافتی واحدهای متحرک از ایستگاه سرویس دهنده‌شان مبنای اولویت‌بندی و بهنگام‌سازی صف درخواستهای تعویض کانال است. نمودار حالت این روش همانند روش FIFO بوده و فلوچارت پیوست۱، برای شبیه سازی طرح MBPS نیز همانند روش FIFO است با این تفاوت که در اینجا صف درخواستهای تعویض کانال با توجه به شیب تغییرهای توانی واحدهای درخواست کننده کانال مرتب سازی و بهنگام می‌شود.

در شکلهای ۱۰ و۱۱ احتمال انسداد و قطع اجباری دو روش صف بندی FIFO و MBPS به طور توام نمایش داده شده است. ملاحظه می‌شود که در احتمال قطع اجباری بهبودی حاصل شده است در حالی که احتمال انسداد مکالمات آغازین به تقریب بدون تغییر باقی مانده است. در این روش هر چه نسبت بار ترافیکی($\rho$) بزرگتر باشد نسبت به طرح FIFO بهبود بیشتری حاصل می شود.




**شکل ۱۰ مقایسه احتمال انسداد طرح *FIFO* با طرح *MBPS* به ازای ρ=50%**

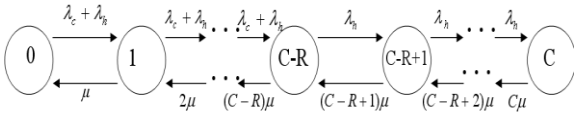



**شکل ۱۱ مقایسه احتمال قطع اجباری طرح *FIFO* با طرح *MBPS* به ازای ρ=50%**

نتیجه های به دست آمده از شبیه‌سازی های مربوط به روشهای صف بندی FIFO و MBPS، با نتیجه های بدست آمده در مراجع [۱۳ و ۱۴] مطابقت بسیار خوبی دارند. طرح MBPS نسبت به طرح FIFO حدود ۱۸٪ کاهش در احتمال قطع اجباری ایجاد کرده است و این در حالی است که احتمال انسداد به تقریب بدون تغییر مانده است.

### ۴-۳ تجزیه تحلیل و مدل سازی طرح کانال رزرو شده

در این روش تعداد R کانال از کل C کانال سلول منحصرا برای درخواستهای تعویض کانال رزرو می‌شوند و تعداد C-R کانال باقیمانده به طور مشترک برای هر دو نوع درخواست به کار می‌روند. در واقع فقط درخواستهای تعویض کانال می توانند از تمام کانال ها استفاده کنند. بنابراین، درخواست های آغازین در صورتی کانال آزاد دریافت می‌نمایند که تعداد کانالهای آزاد آن سلول بیش از R باشد و در غیر اینصورت درخواست های مذکور مسدود خواهند شد. فلوچارت تهیه شده جهت شبیه سازی روش کانال رزرو شده و روند بکار رفته در این طرح در پیوست ۲ آمده است. همچنین در شکل ۱۲ نمودار حالت طرح با کانال رزرو شده برای دو نوع درخواست آغازین و نیازمند تعویض کانال نمایش داده شده است.




**شکل ۱۲ نمودار حالت طرح با کانال رزرو شده**

مطابق نمودار حالت این طرح، $P_n$ برابر است با:

$$P_n=\begin{cases}\dfrac{(\lambda_c+\lambda_h)^n}{\mu^n\ n!}P_0 & 0\le n\le C-R\\ \dfrac{(\lambda_c+\lambda_h)^{C-R}\lambda_h^{\,n-C+R}}{\mu^n n!}P_0 & C-R<n\le C\end{cases} \qquad (۱۸)$$

که در آن:

$$P_0=\left[\sum_{n=0}^{C-R}\frac{(\lambda_c+\lambda_h)^n}{\mu^n n!}+\sum_{n=C-R+1}^{C}\frac{(\lambda_c+\lambda_h)^{C-R}\lambda_h^{\,n-C+R}}{\mu^n n!}\right]^{-1} \qquad (۱۹)$$

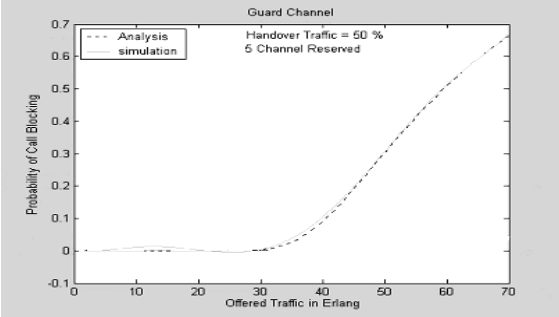
احتمال راه بندان عبارت است از احتمال این که بیش از C-R کانال در سیستم فعال باشند و احتمال قطع اجباری عبارت است از این که C مکالمه در داخل سیستم فعال باشد. لذا:

$$P_b=P(n\ge C-R)=\sum_{n=C-R}^{\infty}P_n=P_{C-R}+\sum_{n=C-R+1}^{C}P_n$$

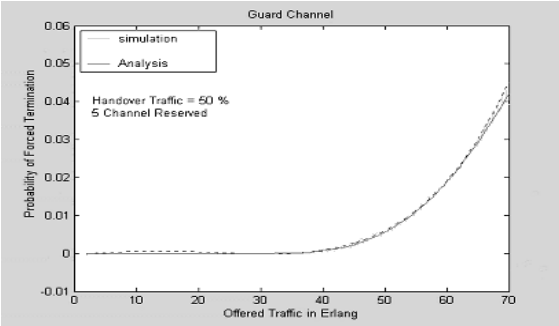
$$=P_0\left[\left(\frac{\lambda_c+\lambda_h}{\mu}\right)^{C-R}\frac{1}{(C-R)!}+\sum_{n=C-R+1}^{C}\frac{(\lambda_c+\lambda_h)^{C-R}\lambda_h^{\,n-C+R}}{\mu^n n!}\right] \qquad (۲۰)$$

$$P_f=P(n=C)=\frac{(\lambda_c+\lambda_h)^{C-R}\lambda_h^{\,R}}{\mu^C C!}P_0 \qquad (۲۱)$$

در شکل های ۱۳ و ۱۴ به ازای ۵ کانال رزرو شده، نتیجه های احتمال انسداد و قطع اجباری حاصل از مدل تحلیلی و شبیه سازی روش کانال رزرو شده آمده است. همانطور که دیده می شود نتیجه های مدل تحلیلی بر نتیجه های شبیه سازی به تقریب منطبق است.

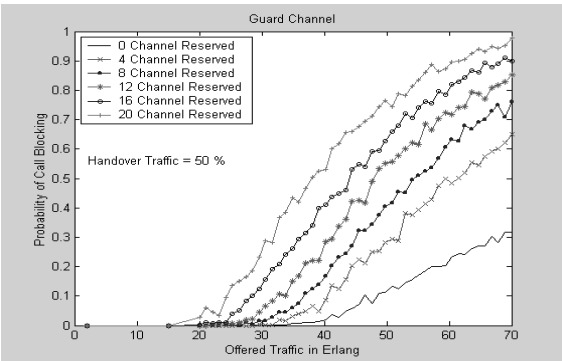



**شکل ۱۳ احتمال انسداد در طرح با کانال رزرو شده به ازای ۵ کانال رزرو و ρ=50%**

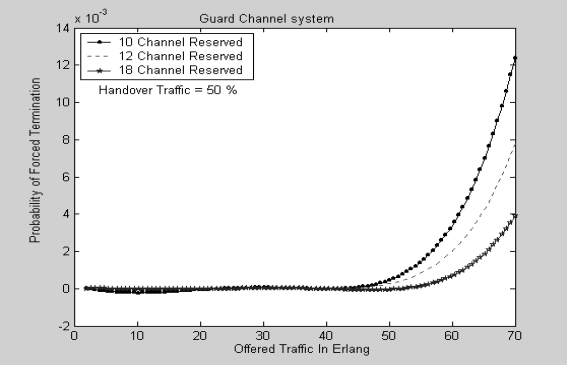



**شکل ۱۴ احتمال قطع اجباری در طرح با کانال رزرو شده به ازای ۵ کانال رزرو و** ρ=50%

نتیجه های شبیه سازی به ازای مقدارهای متفاوت R، شکلهای ۱۵ و ۱۶، نشان می دهند که با افزایش R احتمال قطع اجباری کاهش و احتمال انسداد مکالمات آغازین افزایش می‌یابد. از مقایسه شکل های ۳ و ۱۶ میزان بهبود احتمال قطع اجباری به ازای مقدارهای متفاوت R مشاهده می‌شود. این بهبود در احتمال قطع اجباری مکالمات نیازمند تعویض کانال، در ترافیکهای بالا مشهودتر است.



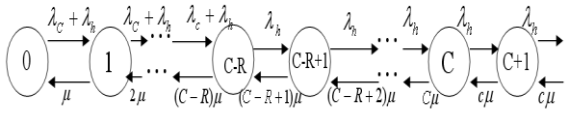

**شکل۱۵ مقایسه احتمال انسداد در دو طرح بدون اولویت بندی و کانال رزرو شده**




**شکل ۱۶ مقایسه احتمال قطع اجباری طرح کانال رزرو شده به ازای سه مقدار متفاوت *R***

### ۳-۵ تجزیه و تحلیل و مدل سازی طرح ترکیبی کانال رزرو شده و صف بندی

در این طرح نیز با توجه به تعداد R کانال رزرو شده، اگر بیش از R کانال آزاد موجود باشد و صف مکالمات نیازمند تعویض کانال نیز خالی باشد، مکالمات آغازین وارد سیستم می‌شوند و در غیر این صورت مسدود می‌شوند. اما مکالمات نیازمند تعویض کانال حتی اگر یک کانال آزاد موجود باشد وارد سیستم می‌شوند و در غیر این صورت در صف قرار می‌گیرند (صف بندی FIFO). نمودار حالت طرح مذکور در شکل ۱۷ ترسیم شده است.



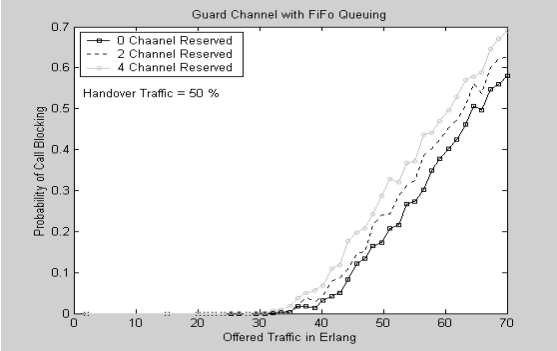

**شکل ۱۷ نمودار حالت طرح ترکیبی کانال رزرو شده و صف‌بندی**

احتمال انسداد در این روش از رابطه ی زیر به دست می‌آید:

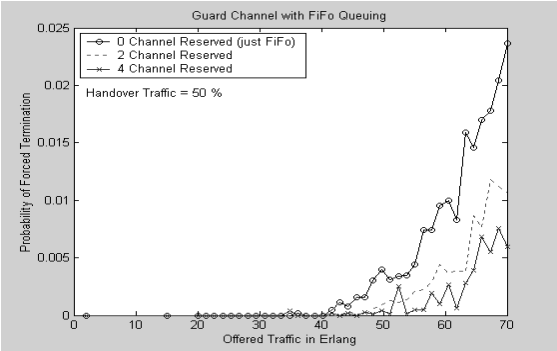
(۲۲)

$$P_b = P_0\left(\frac{\lambda_c+\lambda_h}{\mu}\right)^{C-R}\sum_{n=C-R}^{C}\frac{1}{n!}\left(\frac{\lambda_h}{\mu}\right)^{n-C+R}+\frac{C^R}{C!}\left(\frac{\lambda_c+\lambda_h}{\mu}\right)^{C-R}\frac{\lambda_h^{R+1}}{C\mu^R(C\mu-\lambda_h)}P_0$$

احتمال قطع اجباری این روش شبیه به روش *FIFO* است. فلوچارت پیوست ۲ برای شبیه سازی این طرح نیز به کار رفته است. نتیجه های حاصل از شبیه سازی روش مذکور در شکل های ۱۸ و ۱۹ نمایش داده شده است.




**شکل ۱۸ مقایسه احتمالهای انسداد دو طرح *FIFO* و کانال رزرو شده با صف بندی**




**شکل ۱۹ مقایسه احتمال های قطع اجباری دو طرح *FIFO* و کانال رزرو شده با صف بندی**

در این شکلها، منحنیهای مربوط به تعداد کانال های رزرو صفر معرف طرح FIFO است. دیده می‌شود که با افزایش تعداد کانالهای رزرو شده، احتمال انسداد مکالمات آغازین افزایش یافته و احتمال قطع اجباری کاهش می‌یابد.

## ۴- نتیجه‌گیری نهایی

در مقاله ارایه شده، روشهای اجرای تعویض کانال بررسی، مدلسازی و شبیه‌سازی شده‌اند. معیارهای ارزیابی احتمال راه‌بندان و احتمال قطع اجباری جهت مقایسه و ارزیابی عملکرد این روشها در نظر گرفته شده است. بنا به شبیه‌سازی های انجام شده که نتیجه های حاصل از آنها با نتیجه های فرمول های تحلیلی انطباق دارد، در روشهای با اولویت بندی، مقدار نسبت بار ترافیکی $\rho$ بسیار با اهمیت است.

در طرح بدون اولویت بندی که مبنای مقایسه قرار گرفته است، احتمال انسداد درخواستهای آغازین و احتمال قطع اجباری درخواستهای نیازمند تعویض کانال بدون وابستگی به مقدار نسبت بار ترافیکی $\rho$، برابر هستند.

روش صف بندی FIFO نسبت به طرح بدون اولویت بندی مقدار احتمال قطع اجباری $P_f$ را کاهش و مقدار احتمال انسداد $P_b$ را افزایش می‌دهد که مقدار افزایش احتمال راه‌بندان در مقایسه با کاهش احتمال قطع اجباری به ویژه در بارهای ترافیکی کم قابل تحمل بوده و از اینرو روش FIFO در بارهای ترافیکی کم، عملکرد ترافیکی مناسب تری نسبت به روش بدون اولویت بندی دارد.

در طرح صف بندی MBPS، وضعیت انتشاری درخواست های نیازمند تعویض کانال در مرتب سازی صف تاثیر گذاشته که باعث کاهش احتمال قطع اجباری و به تقریب ثابت ماندن احتمال انسداد نسبت به روش FIFO می‌گردد. این روش در بارهای ترافیکی بزرگ، بهتر از طرح FIFO عمل می کند.

روش کانال رزرو شده نیز همانند دو روش اولویت بندی مبتنی بر صف بندی، نسبت به طرح بدون اولویت‌بندی، باعث کاهش احتمال قطع اجباری و افزایش احتمال انسداد می شود. افزایش تعداد کانالهای رزرو R ، کاهش بیشتر احتمال قطع اجباری و افزایش چشمگیرتر احتمال انسداد را در بردارد. در این روش انتخاب مناسب تعداد کانالهای رزرو شده متناظر با نسبت بار ترافیکی $\rho$، می تواند باعث شود که کانال های رزرو شده برای مکالمات نیازمند تعویض کانال کافی باشد و سایر کانال ها برای استفاده درخواستهای آغازین به راحتی در دسترس قرار گیرند.

روش ترکیبی کانال رزرو شده و صف بندی FIFO نیز همانند دو روش کانال رزرو شده و صف بندی فوق موجب کاهش احتمال قطع اجباری و افزایش احتمال راه بندان می شود. نتیجه های حاصل از شبیه سازی های انجام شده در این تحقیق نشان می دهند که این طرح به واسطه ی بهره‌گیری از صف بندی نسبت به طرح کانال رزرو شده صرف در شرایط مشابه (تعداد کانال های رزرو شده برابر) بهتر عمل می نماید و مصالحه مناسبتری میان مقدارهای احتمال راه بندان و قطع اجباری عرضه می کند.

به منظور دستیابی به عملکرد ترافیکی بهتر سیستم‌های مخابرات سیار سلولی، نویسندگان این مقاله پیشنهاد می کنند که وضعیت ترافیکی سلولهای مجاور نیز بررسی شود و روشی مبتنی بر ترافیک سلول های همسایه ارایه شود. بدین ترتیب واحد متحرک در صورت عدم دسترسی به کانال آزاد در صف سلول خود و شرایط

انتشاری نامطلوب از کانالهای آزاد سلول یا سلولهای همسایه که دارای همپوشانی رادیویی با این سلول هستند، استفاده کند. در واقع روش MBPS تعمیم یافته با لحاظ وضعیت ترافیکی سلولهای مجاور در دست تحقیق است.

## ۵- مراجع

*[1] S. H. Choi and K. Sohraby, "Analysis of a Mobile Cellular System with Handoff Priority and Hysteresis Control", IEEE, pp. 217-224, (2000).*

*[2] R. Fantacci, "Performance Evaluation of Prioritized Handoff Schemes in Mobile Cellular Networks", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 49, No. 2, pp. 485-493, March (2000).*

*[3] W. Li and A. S. Alfa, "Channel Reservation for Handoff Calls in a PCS Network", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 49, No. 1, pp. 95-104, January (2000).*

*[4] Ivan Stojmenovic, "Handbook of Wireless Networks and Mobile Computing", John Wiley & Sons, (2002).*

*[5]: Li and Qiu, "Personal Communication Systems (PCS)", Proceedings of the IEEE, Vol. 83, No. 9, pp. 1210-1243, September (1995).*

*[6] S. Tekinay and B. Jabbari, "Handover and Channel Assignment in Mobile Cellular Networks", IEEE Communication Magazine, pp. 42-46, November (1991).*

*[7] M. D. Kulavaratharash and A. H. Aghvami, "Tele-traffic Performance Evaluation of Microcellular Personal Communication Networks (PCNs) with Prioritized Handoff Procedures", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 48, No. 1, pp. 137-152, January (1999).*

*[8] M. A. Farahani and M. Guizani, "Markov Modulated Poisson Process Model for Handoff Calls in Cellular Systems", IEEE, pp. 1113-1118, (2000).*

*[9] M. Rajaratnam and F. Takawira, "Hand-off Traffic Modeling in Cellular Networks", IEEE, pp. 131-137, (1997).*

*[10] S. Tekinay and B. Jabbari , "A measurement - Based Prioritization Schemes in Mobile Cellular Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 10, No. 8, pp.1343-1350, October (1992).*

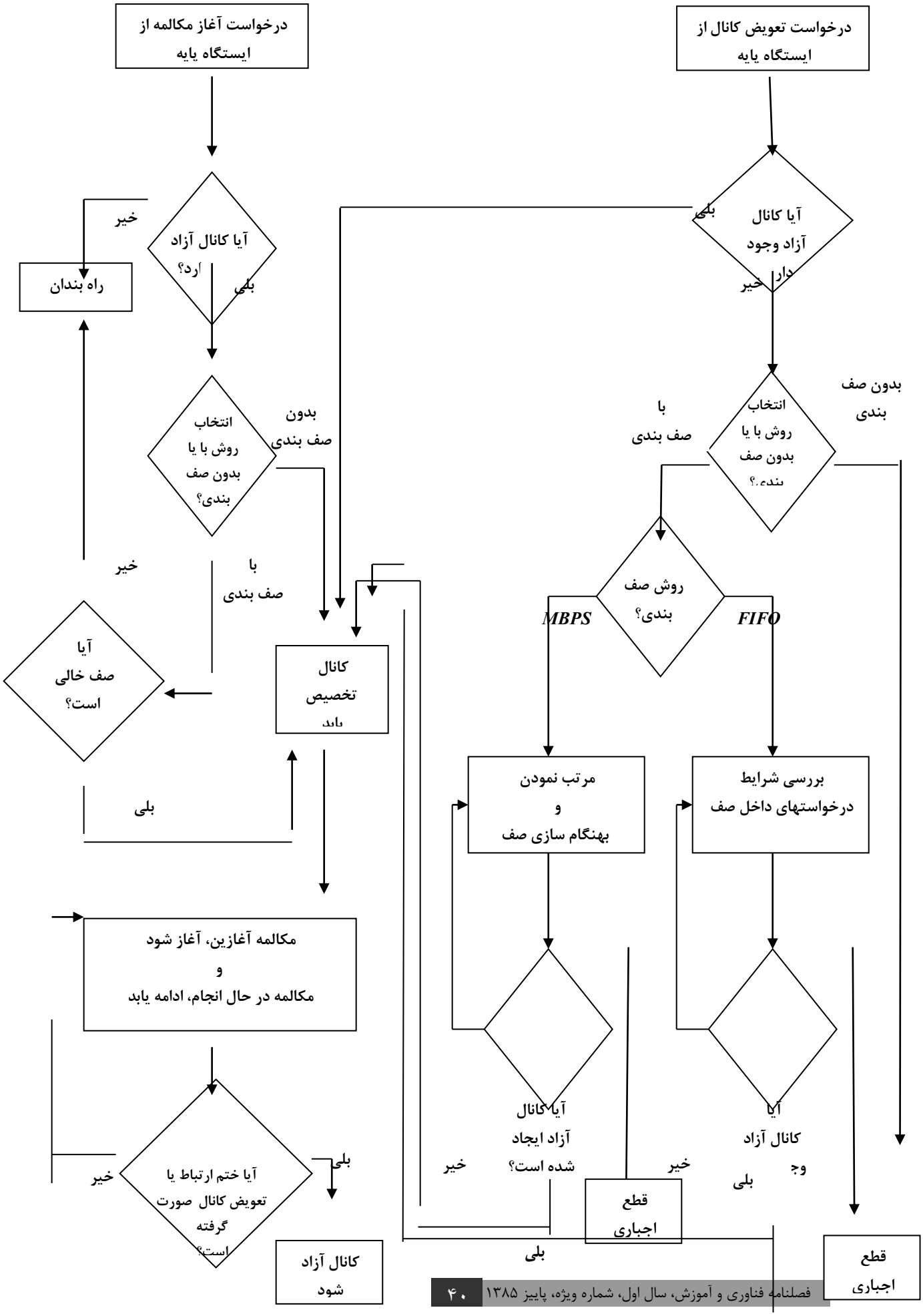
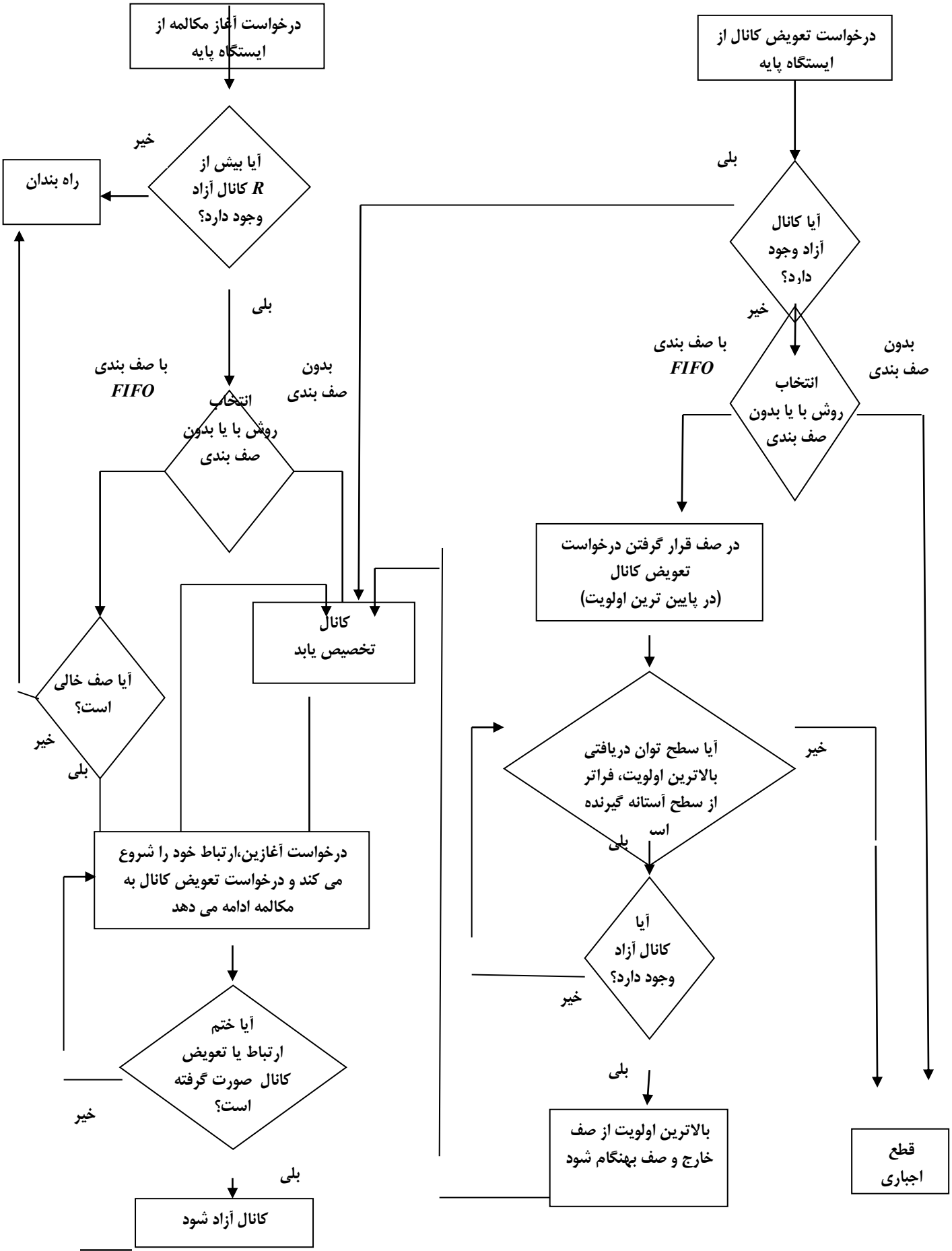
*[11] M. M. Zonoozi, P. Dassanayake and M. Faulkner, "Mobility Modeling and Channel Holding Time Distribution in Cellular Mobile Communication Systems", IEEE, pp. 12-16, (1995).*

*[12] M. Hsing and M. A. Bassiouni, "Predictive Schemes for Handoff Prioritization in Cellular Network Based on Mobile Positioning", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 8, No. 3, pp. 510-522, March (2000).*

[13] H. G. Ebermsman and O. K. Tonguz, "Handoff Ordering Using Signal Prediction Priority Queuing", IEEE Transaction On Vehicular Technology, Vol. 48, No. 1, pp. 20-35, January (1999).

*[14] S. Shirvani Moghaddam and A. H. Khodadadi, "A Novel Measurement Based Channel Assignment Method (New Priority Method Based on Measurement of Received Power)", Third Biannual International Symposium on Telecommunications (IST2005), Iran, Shiraz, Vol. 2, pp. 1023-1027, September (2005).*

**پیوست ۱- فلوچارت طرحهای بدون اولویت بندی و با صف بندی *FIFO* و *MBPS***



**پیوست ۲- فلوچارت طرح کانال رزرو شده (با و بدون صف بندی *FIFO*)**