

باسمه تعالی

گزارش مربوط به پروژه آشنایی با ابزار SPNP و پیاده سازی مدل adaptive JRRM

درس:

ارزیابی کارایی شبکه های کامپیوتری

استاد:

دکتر خرسندی

دانشجو :

وحید ذوالفقاری: 90131020

نیمسال دوم: 91-90

در پایان نامه خانم فتوحی از ابزار *SPNP* برای پیاده سازی و مدل *SRN* برای ارزیابی روش پیشنهادی ایشان برای مدیریت به هم پیوسته منابع رادیویی که *adaptive JRRM* نامیده شده استفاده شده است. این گزارش از 4 بخش تشکیل شده است.

- 1- در بخش اول به معرفی شبکه های پتری و ابزار *SPNP* پرداخته خواهد شد،
- 2- در بخش دوم جزییات مدل تحلیلی مربوط به روش *adaptive JRRM* ذکر شده است
- 3- در بخش سوم مراحل پیاده سازی و گرفتن نتایج از ابزار *SPNP* را می آورم.
- 4- در بخش چهارم و پایانی هم نتایج بدست آمده از اجرای پروژه توسط خودم را با نتایجی که خانم فتوحی بدست آورده اند مقایسه می کنم تا درستی مراحل کار ثابت شود.

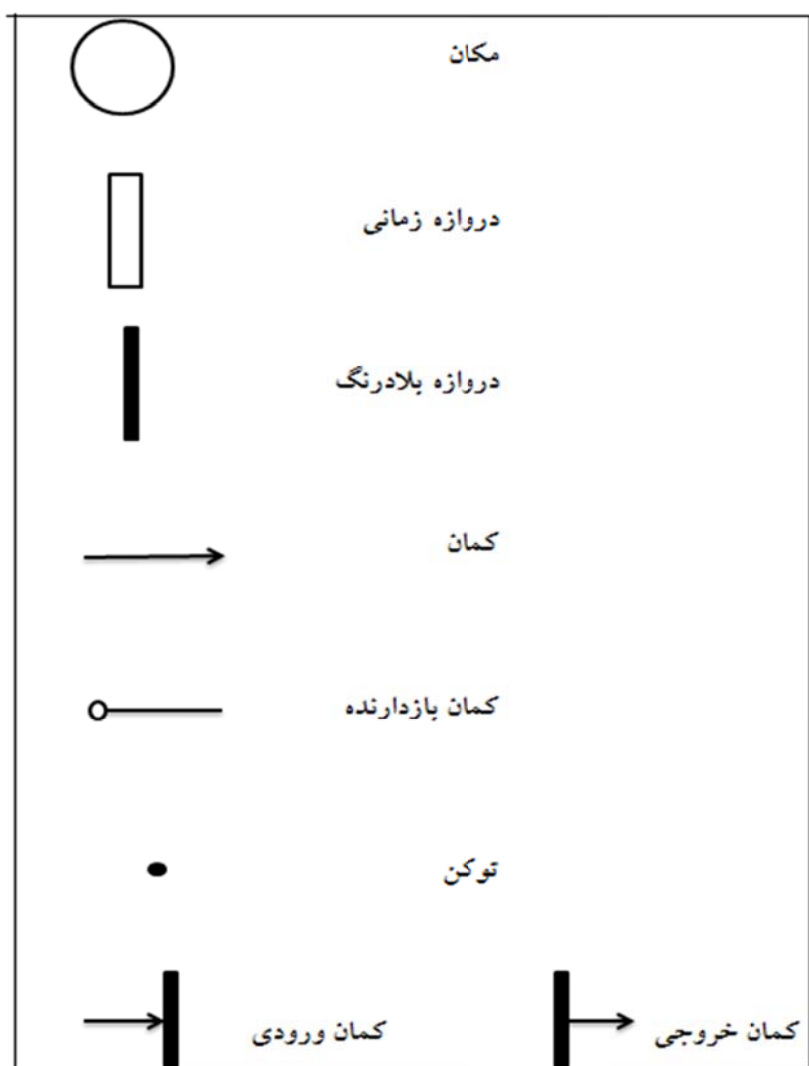
البته ذکر دو نکته ضروری است

- 1- خانم فتوحی در پایان نامه شان معیارهای ارزیابی کارایی متنوعی را از جمله احتمال انسداد درخواست کاربر و غیره محاسبه کرده اند ولی چون هدف این پروژه آشنایی با ابزار *SPNP* و گرفتن نتایج اولیه است مسائل مربوط به معیارهای کارایی مختلف آورده نشده است.
- 2- بخشهای اولیه گزارش شامل اول و دوم از پایان نامه خانم فتوحی آورده شده است.

## ۱ بخش اول : معرفی شبکه های پتری و آشنایی با ابزار SPN

### ۱-۱ شبکه های پاداش تصادفی

شبکه پتری تصادفی<sup>۱</sup>، مدل تعمیم یافته ای از شبکه پتری<sup>۲</sup> است که یک زبان توصیفی سطح بالا برای بیان فرمال سیستم های پیچیده است. *SPN* به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تحلیل کارایی، دسترس پذیری و قابلیت اطمینان سیستم های ارتباطی، استفاده می شود. مولفه های اصلی *SPN* در شکل ۱ نشان داده شده اند.



شکل ۱ مولفه های اصلی *SPN*

<sup>۱</sup> Stochastic petri nets (SPNs)

<sup>۲</sup> Petri nets (PNs)

تعریف 1: شبکه پتری ( $PN$ ) یک گراف جهت دار دو قسمتی است که شامل دو نوع گره به نام‌های مکان<sup>3</sup> و دروازه<sup>4</sup> است. این گره ها توسط کمان های جهت دار به هم متصل می‌شوند. باید توجه شود که فقط بین مکان ها و دروازه ها، کمان وجود دارد و هیچ کمانی بین دو مکان و یا دو دروازه نمی‌تواند برقرار شود.

هر مکان شامل تعدادی نشانه<sup>5</sup> است. تعداد این نشانه ها یک عدد صحیح غیر منفی است. در نمایش گرافیکی مکان ها را با دایره، دروازه ها را با مستطیل و نشانه ها را با نقطه یا یک عدد صحیح در هر مکان نشان می‌دهند. هر کمان جهت دار در گراف با یک وزن و یا درجه<sup>6</sup>، که یک عدد طبیعی است مشخص می‌شود. اگر درجه یک کمان مشخص نشده باشد، نشان دهنده این است که درجه‌ی کمان  $I$  در نظر گرفته شده است.

تعریف 2: برای هر دروازه در شبکه پتری، کمان هایی که از دروازه خارج میشوند، کمانهای خروجی<sup>7</sup> و کمانهایی که به دروازه وارد میشوند، کمانهای ورودی<sup>8</sup> نامیده میشوند. در نتیجه مکان های متناظر با هر کدام به ترتیب مکان های خروجی<sup>9</sup> و مکان های ورودی<sup>10</sup> نامیده می‌شوند.

تعریف 3: به هر دروازه در  $PN$ ، در صورتیکه هر یک از مکان های ورودی آن دروازه حداقل به اندازه درجه مشخص شده بر روی هر کمان ورودی دروازه نشانه در اختیار داشته باشند، دروازه توانمند<sup>11</sup> گفته می‌شود.

تعریف 4: کمان بازدارنده<sup>12</sup>، یک کمان بدون جهت (بین یک مکان و یک دروازه) با درجه  $k \geq 1$  است. اگر درجه یک کمان بازدارنده مشخص نشده باشد، مفروض است که وزن یک برای آن در نظر گرفته شده است. یک کمان بازدارنده در شکل به صورت گرافیکی نمایش داده شده است.

اگر بین یک مکان و یک دروازه، کمان بازدارنده‌ای با درجه  $k$  وجود داشته باشد و اگر مکان مورد نظر  $k$  یا بیشتر از  $k$  نشانه در برداشته باشد، علی رغم اینکه دروازه مفروض توانمند باشد، آن دروازه توسط کمان بازدارنده مهار خواهد شد. موقعی که یک دروازه توانمند است (همچنین توسط کمان بازدارنده، مهار نشده باشد)، می‌تواند

---

<sup>3</sup> Place

<sup>4</sup> Transition

<sup>5</sup> Token

<sup>6</sup> Multiplicity

<sup>7</sup> Output arcs

<sup>8</sup> Input arcs

<sup>9</sup> Output places

<sup>10</sup> Input places

<sup>11</sup> Enabled

<sup>12</sup> Inhibitor arc

تحریک<sup>۱۳</sup> شود. هنگامی که یک دروازه تحریک می‌شود، به اندازه درجه‌ای که بر روی هر کمان ورودی آن مشخص شده است، از مکان های ورودی متناظر به آن دروازه، نشانه حذف می‌شود و به اندازه‌ی درجه‌ای که بر روی هر کمان خروجی آن مشخص شده است، به مکان های ورودی متناظر با آن، نشانه اضافه می‌شود.

برای ادامه بحث در نظر میگیریم که یک  $PN$  از  $M$  مکان و  $N$  دروازه تشکیل شده است.

تعریف 5: علامت گذاری<sup>۱۴</sup>  $M(t)$  در یک  $PN$  شامل یک مجموعه‌ی  $M$  عضوی از اعداد صحیح غیر منفی است،  $[m_1(t), m_2(t), m_3(t), \dots, m_M(t)]$ ، به طوریکه  $m_i(t)$  مشخص کننده تعداد نشانه های موجود در مکان  $i$  ( $1 \leq i \leq M$ ) در لحظه مفروض  $t$  است.  $M(t_0)$  تعداد نشانه های موجود در هر مکان را در زمان مفروض  $t_0$  نشان می‌دهد که به آن بردار اولیه<sup>۱۵</sup> در  $PN$  گفته می‌شود.

تعریف 6: با توجه به یک بردار اولیه مفروض در  $PN$ ، می‌توان یک مجموعه دسترس پذیری<sup>۱۶</sup> تعریف کرد. مجموعه دسترس پذیری، شامل همه علامت گذاری هایی است که توسط تحریک شدن همه ترتیب های ممکن از دروازه ها (با در نظر گرفتن بردار اولیه مفروض) به دست آمده است.

تعریف 7: اگر با هر دروازه یک پارامتر  $T$  متناظر شود نشان دهنده این مطلب است که، یک دروازه ای که در زمان  $t$  توانمند شده است، قادر به تحریک شدن تا زمان  $t + T$  نیست، بنابراین پارامتر  $T$  به عنوان "زمان تحریک"<sup>۱۷</sup> دروازه، شناخته می‌شود.

شبکه پتری تصادفی ( $SPN$ ) مدل تعمیم یافته‌ای از  $PNs$  است که در آن، هر دروازه با یک "زمان تحریک" متناظر شده است. "زمان تحریک" می‌تواند صفر و یا یک متغیر تصادفی با توزیع نمایی<sup>۱۸</sup> باشد. دروازه-هایی که "زمان تحریک" در آنها به صورت توزیع نمایی در نظر گرفته شده است (در شکل گرافیکی به صورت جعبه‌های مستطیلی نمایش داده می‌شوند)، دروازه های زمانی<sup>۱۹</sup> نامیده می‌شوند. در حالیکه دروازه‌های با "زمان

<sup>13</sup> Fire

<sup>14</sup> Marking

<sup>15</sup> Initial marking

<sup>16</sup> Reachability set

<sup>17</sup> Firing time

<sup>18</sup> Exponential distribution

<sup>19</sup> Timed transitions

تحریک " صفر (در شکل گرافیکی به صورت مستطیل‌های سیاه نمایش داده می‌شوند)، دروازه های بلادرنگ<sup>۲۰</sup> نامیده می‌شوند.

باید به این نکته توجه شود که دروازه‌های بلادرنگ، اولویت بالاتری را نسبت به دروازه‌های زمانی دارند. به این معنی که اگر در یک موقعیت هر دو دروازه توانمند باشد، اولویت تحریک شدن با دروازه های بلادرنگ است.

تعریف 8 : علامت گذاری  $M(t)$  در  $SPN$ ، در صورتیکه در زمان  $t$  حداقل یک دروازه‌ی بلادرنگ توانمند باشد *vanishing* نامیده می‌شود و در غیر اینصورت، *tangible* نامیده می‌شود.

برای ادامه بحث،  $\hat{M}(t)$  را به عنوان مجموعه‌ای از همه علامت گذاری های ممکن در زمان  $t$  در نظر می‌گیریم.

تعریف 9 : تابع گارد<sup>۲۱</sup>  $g_T(t)$  که با یک دروازه  $T$  متناظر می‌شود، تابع بولین است که روی  $\hat{M}(t)$  تعریف می‌شود (  $g_T(t): \hat{M}(t) \rightarrow \{0,1\}$  )، به این منظور که اگر  $g_T(t) = 0$  باشد دروازه  $T$  تحریک نمی‌شود(حتی اگر آن دروازه توانمند و مهار نشده باشد)، و اگر  $g_T(t) = 1$  باشد و دروازه توانمند و مهار نشده باشد، تحریک می‌شود.

تعریف 10 : پاداش<sup>۲۲</sup> یک وزن غیر منفی است که به هر علامت گذاری اختصاص می‌یابد. نرخ پاداش<sup>۲۳</sup> مکان  $P$ ، متوسط وزنی تعداد نشانه های موجود در  $P$  را با در نظر گرفتن همه علامت گذاری ها مشخص می‌کند.

تعریف 11 : شبکه پاداش تصادفی<sup>۲۴</sup>، مدل تعمیم یافته‌ای از  $SPNs$  است که با استفاده از توابع گارد و همچنین در نظر گرفتن نرخ های پاداش به هر علامت گذاری *tangible* می‌تواند شرایط توانمند شدن و یا توانمند نشدن هر دروازه را مشخص کند.

تعریف 12 : می‌توان برای یک  $SPN$  و یا یک  $SRN$  مفروض، گراف دسترس پذیری تعمیم یافته<sup>۲۵</sup> در نظر گرفت.  $ERG$  گرافی جهت دار است که گره های آن شامل علامت گذاری هایی که در مجموعه دسترس پذیری وجود دارد است. در صورتی بین دو گره  $M_1(t)$  و  $M_2(t+T)$  کمان وجود دارد که  $M_2(t+T)$  با تحریک شدن یک دروازه واحد، از  $M_1(t)$  به دست آید.

<sup>20</sup> Immediate transitions

<sup>21</sup> Guard function

<sup>22</sup> Reward

<sup>23</sup> Reward rate

<sup>24</sup> Stochastic reward nets (SRNs)

<sup>25</sup> extended reachability graph (ERG)

در  $ERG$  به هر کمان اطلاعات تصادفی<sup>۲۶</sup> نسبت داده می‌شود. این اطلاعات شامل معکوس زمان متوسط تحریک شدن یک دروازه و یا احتمال تحریک شدن یک دروازه است. نشان داده شده است که اگر به طور متوسط تعداد دروازه‌هایی که در زمان محدود، تحریک میشوند، محدود باشد،  $ERG$  می‌تواند به یک زنجیره مارکف زمان پیوسته<sup>۲۷</sup> همگن کاهش پیدا کند. تعداد حالت‌های موجود در  $CTMC$  به تعداد مکان‌ها، تعداد دروازه‌ها، مجموعه کمان‌ها (شامل کمان‌های جهت دار و کمان‌های بازدارنده)، درجه هر کمان و بردار اولیه بستگی دارد. بنابراین لازم است به منظور کاهش فضای حالت و پیچیدگی محاسباتی، افزونگی را در  $SRN$  به حداقل برسانیم. با توجه به طبیعت سیستم‌ها روشهای متفاوتی از جمله *hierarchical state truncation* و *decomposition approach* برای کاهش فضای حالت به دست آمده از  $SRN$ ، به کار گرفته می‌شود.

پارامترهای موجود در  $SRN$ ، از قبیل نرخ تحریک شدن دروازه‌های زمانی، درجه کمان‌های ورودی و خروجی و نرخ پاداش در یک علامت گذاری، می‌توانند به صورت توابعی از تعداد نشانه‌های موجود در هر مکان مشخص شوند.

همه معیارهای قابل استخراج از  $SRN$  به صورت مقادیر متوسط از توابع نرخ پاداش<sup>۲۸</sup>، بیان می‌شود. برای به دست آوردن معیارهایی چون توان عملیاتی، تاخیر و یا معیارهای کارایی دیگر لازم است که نرخ‌های پاداش مناسب به علامت گذاری‌های موجود در  $SRN$  نسبت داده شود.  $SRN$  به صورت خودکار به یک مدل مارکف پاداش<sup>۲۹</sup> تبدیل می‌شود و می‌توان با تحلیل حالت پایدار و حالت گذرای  $MRM$  موجود، معیارهای مورد نیاز از  $SRN$  را به دست آورد.

ارزیابی کارایی مکانیسم‌های تخصیص منابع، نقش مهمی در طراحی سیستم‌های ارتباطی دارند. افزایش پیچیدگی در شبکه‌ها و استفاده از آنها باعث شده است که ایجاد مدل‌های تحلیلی برای آنها، کاری دشوار محسوب شود.  $SRN$ ‌ها در ایجاد مدل‌های تحلیلی برای شبکه‌های پیچیده، خیلی مفید هستند. با استفاده از یک گراف که به مدل مارکفی تبدیل خواهد شد، میتوان عملیات سیستم را با صراحت و به دقت توصیف نمود. خصوصیات مثل زنده بودن<sup>۳۰</sup> و رهایی از بن بست<sup>۳۱</sup>،  $SRN$  را به یک ابزار قابل اعتماد برای مدل کردن سیستم‌ها تبدیل کرده است.

<sup>26</sup> stochastic information

<sup>27</sup> Continuous time markov chain (CTMC)

<sup>28</sup> reward rate functions

<sup>29</sup> markov reward model (MRM)

<sup>30</sup> Liveness

در زمینه مدلسازی،  $SPN$  و  $SRN$  به عنوان ابزارهای مناسب محسوب می‌شوند. نتایج توسط ابزار عددی به دست می‌آید و نیازی به شبیه سازی نیست. تاکنون ابزارهای مفیدی برای تحلیل  $SPN$  ها به وجود آمده است. در سالهای اخیر، برای مدل کردن سیستم های ارتباطی گه‌گاهی از  $SPN$  استفاده شده است، اما به دلیل اینکه  $SPN$  ها هنوز برای بسیاری از محققان ناشناخته است، استفاده وسیعی از آن مشاهده نمی‌شود، غافل از اینکه زنجیره های مارکف زیر مجموعه‌ای از  $SPN$  به حساب می‌آید.

## ۲-۱ ابزار $SPNP$

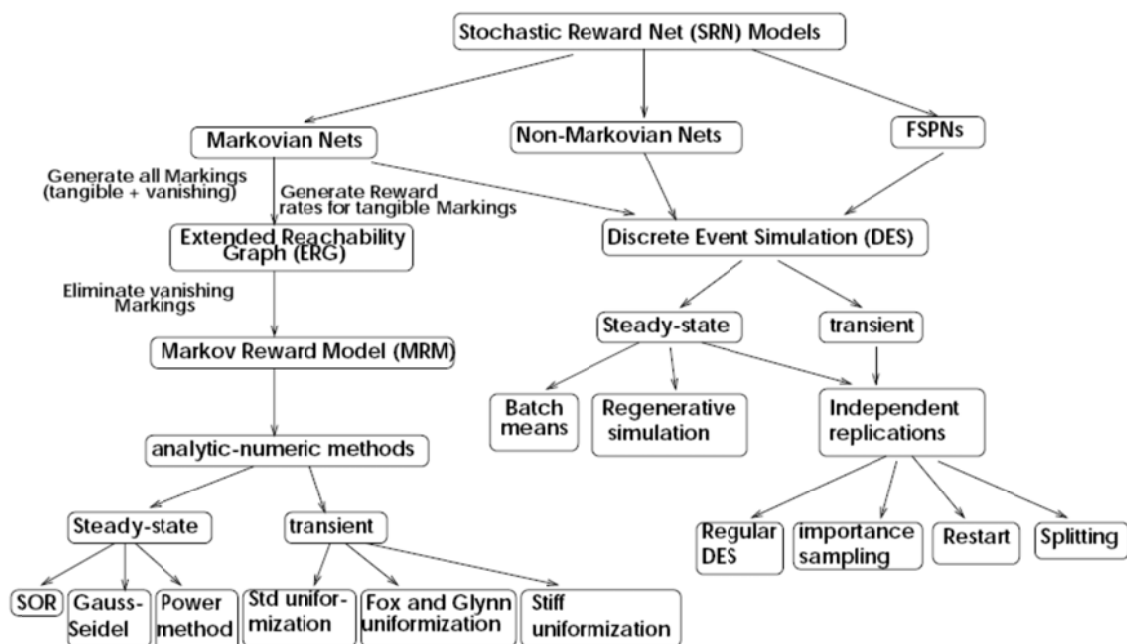
*Stochastic Petri Net Package (SPNP)* یک ابزار مدلسازی تطبیق‌پذیر برای حل مدل های  $SPN$  است. زبان به کار گرفته شده در ابزار  $SPNP$ ،  $CSPL$  (*C-based SPN Language*) نامیده می‌شود که برای پیاده‌سازی و ارزیابی مدل های  $SPN$  به کار گرفته می‌شود.  $CSPL$  توسعه ای از زبان برنامه‌نویسی  $C$  است که با استفاده از توابع سازنده اضافی، امکان توصیف مدل های  $SPN$  را آسان می‌سازد. اما کلیت و قدرت زبان  $C$  در  $CSPL$  وجود دارد، درحالی‌که با داشتن یک دانش اولیه از  $C$  می‌توان  $SPNP$  را به کار برد.

مدل های  $SPN$ ی که برای  $SPNP$  به کار می‌رود،  $SRN$  ها هستند که مبتنی بر  $MRM$  ها می‌باشند.  $MRM$  یک محیط مدلسازی قدرتمند برای تحلیل کارایی سیستمها فراهم کرده است. در شکل 2 یک طبقه بندی از مدل های  $SRN$  و روشهای حل آنها در ابزار  $SPNP$  مشخص شده است.

---

<sup>31</sup> Deadlock freeness





شکل 2 طبقه‌بندی مدل‌های  $SRN$  و روشهای حل آنها

برای حل  $SPN$ ‌های مارکوفی بزرگ و  $SPN$ ‌های غیرمارکوفی، ممکن است از روش  $DES$ <sup>32</sup> استفاده شود.  $FSPN$ <sup>33</sup>‌ها نوع دیگری از  $SPN$ ‌ها می‌باشند که با استفاده از این ابزار می‌توانند شبیه‌سازی و تحلیل شوند. یکی از خصوصیات مهم ابزار  $SPNP$  وجود محیط گرافیکی است.

## ۲ مدل تحلیلی مربوط به روش $adaptive JRRM$

در این قسمت می‌خواهیم مدل  $adaptive IRRM$  برای انتخاب  $RAT$  را بیان کنیم. در این الگوریتم بر خلاف الگوریتم‌های انتخاب  $RAT$  بر اساس سرویس و الگوریتم  $RAT$  بر اساس توازن بار بر اساس پیش‌بینی حرکت آینده کاربر و احتمال نوع سرویس درخواستی آنها به درخواستهای جدید و درخواست گذرها پاسخ داده می‌شود.

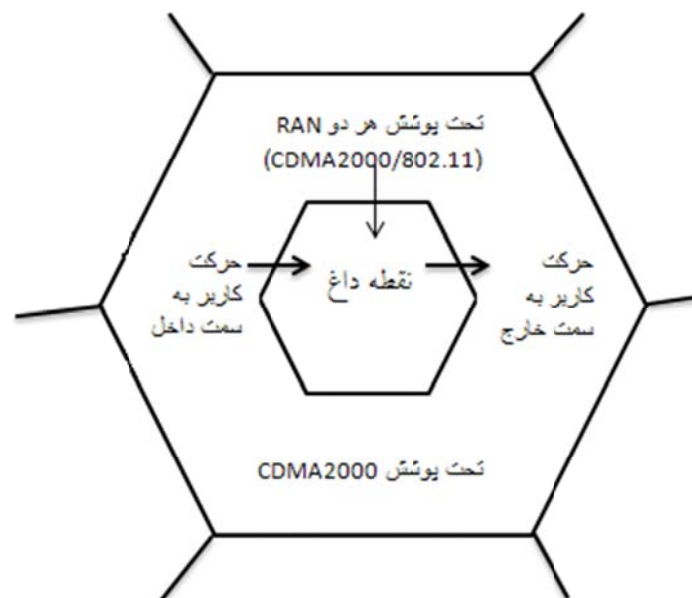
<sup>32</sup> Discrete Event Simulation

<sup>33</sup> Fluid Stochastic Petri Nets

## ۱-۲ فرضیات مسئله

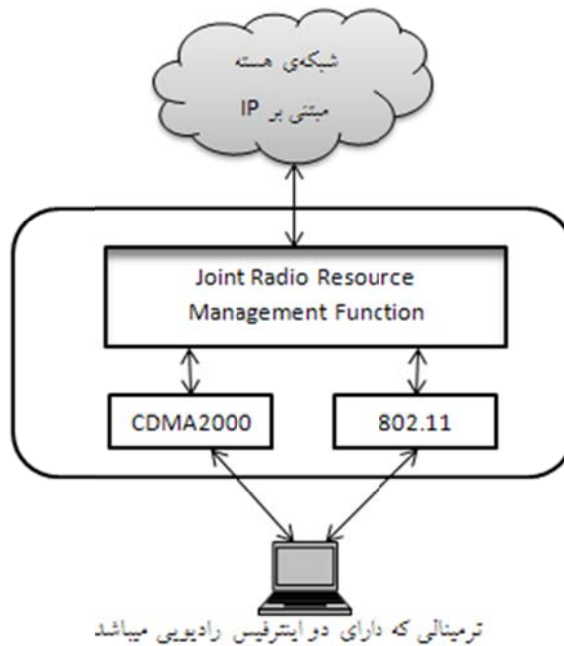
برای *HWN* موردنظر، پنج فرض زیر در نظر گرفته شده است

*I-HWN* مورد نظر شامل دو شبکه دسترسی رادیویی<sup>۳۴</sup> است. *I* *CDMA2000* که یکی از تکنولوژیهای رایج شبکه‌های گسترده بی‌سیم است. *2* *IEEE802.11* که به عنوان شبکه‌های *WLAN* انتخاب شده است. *CDMA2000* ناحیه‌ی وسیعی را پوشش می‌دهد، درحالیکه، *IEEE802.11* در نواحی نقاط داغ قرار دارد و فقط ناحیه محدودی را پوشش می‌دهد (شکل ۳). هر دوی این فناوری‌ها به یک شبکه هسته مبتنی بر *IP* متصل هستند (شکل ۴).



شکل ۳ مدل سیستم *HWN*

<sup>34</sup> Radio Access Network (RAN)



شکل 4 مدیریت به هم پیوسته منابع رادیویی

2- هر دو *RAN* یا توسط یک اپراتور پشتیبانی می‌شوند و یا اینکه توسط اپراتورهای مختلف پشتیبانی می‌شوند که در این صورت باید بین دو اپراتور یک توافق‌نامه به منظور اشتراک گذاشتن منابع شبکه، وجود داشته باشد.

3- ترمینال‌های کاربر مجهز به دو واسطه رادیویی می‌باشند و قابلیت بازپیکربندی دارند، بنابراین می‌توانند به هر دو *RAN* متصل شوند.

4- هر دو *RAN* قابلیت پشتیبانی از کاربردهای بلادرنگ و غیربلادرنگ را دارند.

5- کاربران متحرک هستند و می‌توانند به داخل و خارج نقاط داغ حرکت کنند. در ادامه یک مدل تحرک بر پایه‌ی احتمال برای نواحی نقاط داغ که سناریوهای مختلف تحرک را در بردارد، در نظر گرفته شده است.

## ۲-۲ الگوریتم انتخاب RAT

در این الگوریتم *JRRM* بر اساس اطلاعاتی که جمع‌آوری کرده است، تصمیم‌گیری‌های لازم را برای انتخاب *RAT* مناسب، انجام می‌دهد. الگوریتم انتخاب *RAT* شامل سه مرحله است.

1. موجودیت *JRRM* درخواست تماس جدید را دریافت می‌کند.
  2. *JRRM* اطلاعات مربوط به موقعیت و جابجایی کاربر را از واحدهای ثبت موقعیت<sup>۳۵</sup> و پیش‌بینی موقعیت<sup>۳۶</sup> کاربر درخواست می‌کند.
  3. بر اساس اطلاعاتی که توسط واحد *JRRM* جمع‌آوری شده است و قوانینی که در ادامه آمده است مناسبترین *RAT* برای نشست، انتخاب خواهد شد.
- 3-1) اگر کاربر در بیرون از ناحیه نقطه داغ قرار داشته باشد، مدیریت منابع توسط واحد مدیریت منابع رادیویی موجود در *CDMA 2000* انجام خواهد شد.
- 3-2) در غیراینصورت، برای کاربر خودرویی که در ناحیه نقطه داغ قرار دارد، *CDMA 2000* برای مدیریت منابع انتخاب خواهد شد تا از *VHO* تکراری که در اثر جابجایی زیاد کاربر خودرویی ممکن است رخ دهد، جلوگیری شود.
- 3-3) برای کاربر غیرخودرویی که در ناحیه نقطه داغ قرار دارد، نوع سرویس برای انتخاب *RAT* در نظر گرفته می‌شود.
- اگر شرط (نوع سرویس == سرویس غیربلادرنگ) برقرار باشد، *IEEE 802.11* به علت داشتن پهنای باند بالا و هزینه سرویس کم، برای کاربر انتخاب خواهد شد. در غیراینصورت، اگر شرط (نوع سرویس == سرویس بلادرنگ) برقرار باشد، بر حسب اطلاعات مربوط به پیش‌بینی موقعیت کاربر، *RAT* مناسب انتخاب خواهد شد. به‌طوریکه، اگر پیش‌بینی شده باشد که کاربر از نقطه داغ خارج خواهد شد، *IEEE 802.11* برای او انتخاب خواهد شد (تا پایداری سرویس تضمین شود) در غیر اینصورت *CDMA 2000* انتخاب مناسبی برای کاربر خواهد بود تا از *VHO* غیرضروری جلوگیری شود.
- برای بهتر روشن شدن نحوه عملکرد الگوریتم انتخاب *RAT*، فلوچارت آن در زیر آورده شده است.

<sup>35</sup> Location register

<sup>36</sup> Location predictor

```

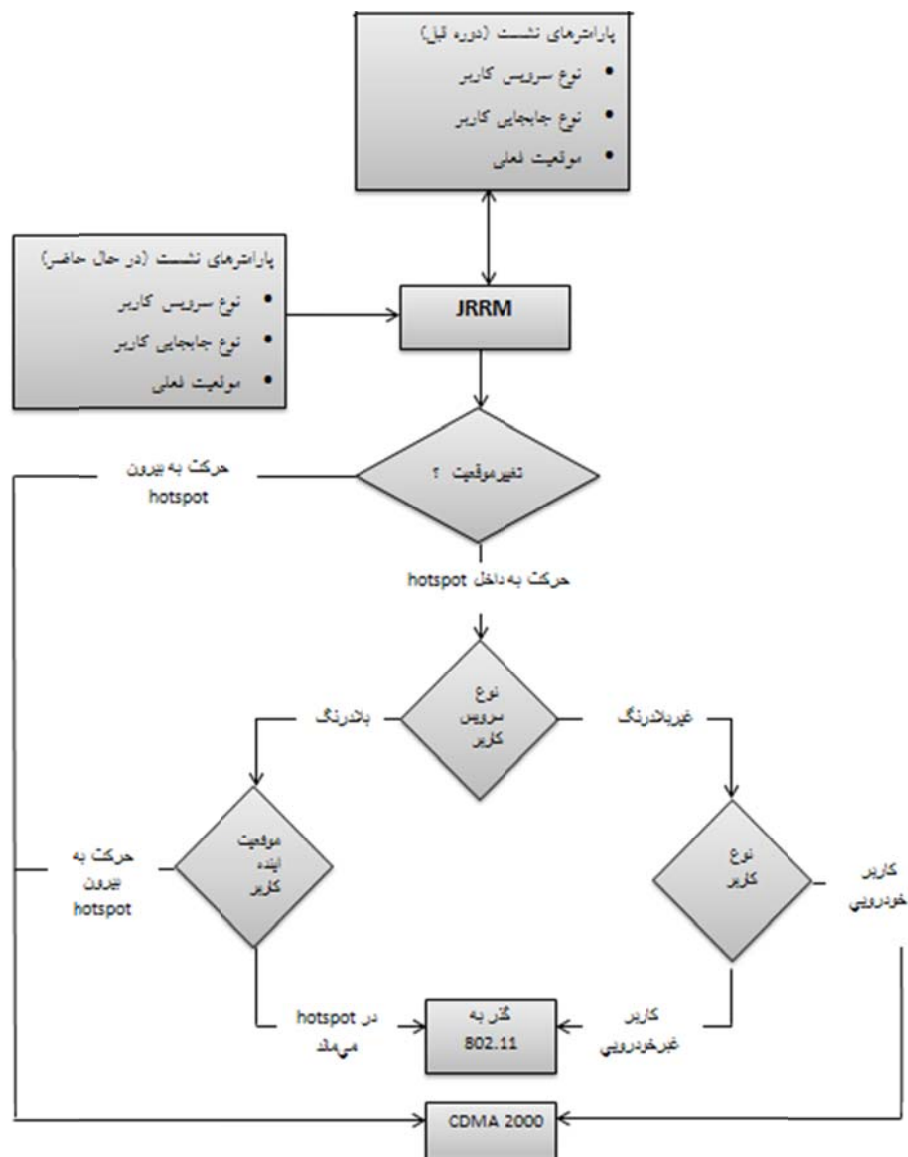
graph TD
    A[واحد پیش‌بینی موقعیت] <--> B[واحد ثبت موقعیت]
    A <--> C[JRRM]
    B <--> C
    D[ترمینال کاربر  
• نوع سرویس] --> C
    C --> E{موقعیت کاربر}
    E -- "بیرون از hotspot" --> H[CDMA 2000 RRM]
    E -- "داخل hotspot" --> F{نوع کاربر}
    F -- "کاربر خودرئیتی" --> H
    F -- "کاربر غیر خودرئیتی" --> G{نوع سرویس کاربر}
    G -- "بالندرتنگ" --> I{موقعیت آینده کاربر}
    G -- "غیربالندرتنگ" --> J[802.11 RRM]
    I -- "ملدن در hotspot" --> J
    I -- "حرکت به بیرون از hotspot" --> H
  
```

The flowchart illustrates the JRRM system architecture and its decision logic. At the top, two units, 'واحد پیش‌بینی موقعیت' (Position Prediction Unit) and 'واحد ثبت موقعیت' (Position Registration Unit), are connected to each other and to the central 'JRRM' block. A 'ترمینال کاربر' (User Terminal) with 'نوع سرویس' (Service Type) also feeds into the JRRM block. The JRRM block contains three main functions: 'نوع سرویس کاربر' (User Service Type), 'نوع جایگاه کاربر' (User Location Type), and 'موقعیت فعلی و آینده کاربر' (Current and Future User Position). The process begins with a decision diamond 'موقعیت کاربر' (User Position). If the user is 'بیرون از hotspot' (Outside hotspot), the system transitions to 'CDMA 2000 RRM'. If the user is 'داخل hotspot' (Inside hotspot), it proceeds to a decision diamond 'نوع کاربر' (User Type). If the user is 'کاربر خودرئیتی' (Self-aware user), it transitions to 'CDMA 2000 RRM'. If the user is 'کاربر غیر خودرئیتی' (Non-self-aware user), it proceeds to a decision diamond 'نوع سرویس کاربر' (User Service Type). If the service is 'بالندرتنگ' (High-priority), it goes to a decision diamond 'موقعیت آینده کاربر' (Future User Position). If the user is 'ملدن در hotspot' (Moving into hotspot), it transitions to '802.11 RRM'. If the user is 'حرکت به بیرون از hotspot' (Moving out of hotspot), it transitions to 'CDMA 2000 RRM'. If the service is 'غیربالندرتنگ' (Non-priority), it transitions directly to '802.11 RRM'.

2) اگر کاربری تغییر موقعیت داد، به طوریکه از ناحیه نقطه داغ به بیرون از آن ناحیه حرکت کرد و در حال استفاده از تکنولوژی IEEE 802.11 بود، به دلیل کاهش سطح توان سیگنال دریافتی از IEEE 802.11، یک گذر بین سیستمی از IEEE 802.11 به CDMA 2000 اتفاق می افتد. اما اگر کاربر از بیرون از ناحیه نقطه داغ به داخل ناحیه جابجا شود، بر حسب نوع سرویس کاربر، RAT مناسب برای انجام عمل گذر انتخاب می شود.

برای سرویس های غیربلادرنگ که متعلق به یک کاربر خودرویی هستند، گذری صورت نمی گیرد تا از گذرهای عمودی تکراری جلوگیری شود، در مقابل برای یک کاربر غیرخودرویی به منظور کاهش هزینه سرویس و افزایش توان عملیاتی، یک گذر بین سیستمی از CDMA 2000 به IEEE 802.11 رخ می دهد. برای سرویس های بلادرنگ حساس به زمان، پایداری سرویس با اهمیت تر از هزینه سرویس و توان عملیاتی است. از این رو، تصمیمات گذر عمودی باید با دقت کافی گرفته شود. برای جلوگیری از گذرهای عمودی پی در پی در یک سرویس بلادرنگ، اطلاعات پیش بینی موقعیت کاربر به کار گرفته می شود. به طوری که، اگر پیش بینی شده است که کاربر در طول زمان نشست خود به بیرون از ناحیه نقطه داغ جابجا خواهد شد، هیچ گذری اتفاق نخواهد افتاد. در غیر این صورت یک گذر عمودی به IEEE 802.11 انجام خواهد شد.

برای بهتر روشن شدن نحوه عملکرد الگوریتم VHO، فلوچارت آن در زیر آورده شده است.



شکل 4-5 فلوچارت رویه الگوریتم VHO

## ۴-۲ مدل سرویس کاربر

مدل سرویسی که در نظر گرفته شده است بر سه فرض زیر دلالت دارد.

- 1- احتمال اینکه کاربر در ناحیه نقطه داغ اقامت داشته باشد، با  $P_{hotspot}$  مشخص می‌شود. از اینرو احتمال اینکه کاربر خارج از ناحیه نقطه داغ اقامت داشته باشد،  $(1 - P_{hotspot})$  است.

2- درخواست‌های جدید به شبکه HWN، طبق یک فرایند پواسون با متوسط نرخ ورود  $\lambda$  وارد می‌شوند. درخواست ورودی یا از نوع سرویس بلادرنگ است و یا غیربلادرنگ، که به صورت تصادفی و به ترتیب با احتمال  $P_{nrt}$  و  $P_{rt}$  مشخص می‌شود.

$$P_{rt} + P_{nrt} = 1 \quad (1-4)$$

3- مدت زمان سرویس گرفتن یک درخواست توزیع نمایی با متوسط  $1/\mu$  در نظر گرفته شده است، که  $\mu$  متوسط نرخ کامل شدن سرویس است.

## ۵-۲ مدل تحرک کاربر

در این پایان نامه یک مدل تحرک مبتنی بر احتمالات مطابق با مرجع 45 پایان نامه خانم فتوحی برای کاربر در نظر گرفته شده است. به طوریکه، احتمال اینکه کاربر در طول نشست خود از نقطه داغ خارج شود  $P_{exit}$ ، و یا به آن وارد شود با احتمال  $P_{enter}$  در نظر گرفته شده است، و احتمال اینکه کاربر از نوع کاربر خودرویی باشد (جابجایی زیاد داشته باشد) و یا اینکه کاربر غیرخودرویی باشد (جابجایی کم داشته باشد)، به ترتیب با احتمال  $P_v$  و  $P_{nv}$  مشخص شده است.

$$P_v + P_{nv} = 1 \quad (2-4)$$

در نظر گرفتن مقادیر کم برای  $P_{exit}$ ، یک سناریوی نقطه داغ مربوط به یک شرکت را مشخص می‌کند که کاربران تا مدت‌ها در ناحیه نقطه داغ (منظور شرکت خود) اقامت خواهند داشت، در مقابل در نظر گرفتن مقادیر زیاد برای  $P_{exit}$  متناظر با یک ناحیه عمومی تحت پوشش WLAN (مثل فرودگاه‌ها) است که کاربران مرتب در حال رفت و آمد می‌باشند.

تحت شرایط تعادل، متوسط تعداد کاربرانی که از نقطه داغ خارج می‌شوند و کاربرانی که به این ناحیه وارد می‌شوند مساوی است.

$$P_{exit} \times P_{hotspot} = P_{enter} \times (1 - P_{hotspot}) \quad (3-4)$$

در نتیجه خواهیم داشت :



$$P_{enter} = \frac{P_{exit} \times P_{hotspot}}{(1 - P_{hotspot})} \quad (4-4)$$

مقادیر  $P_{enter}$  و  $P_{exit}$  نقش بسزایی در بررسی فرایند  $VHO$  در محیط های  $HWN$  دارند.

برای کاربرانی که از نوع کاربر خودرویی هستند ، به دلیل سرعت بالایی که دارند ، فرض می شود احتمال اینکه موقعیت خود را از داخل به خارج از نقطه داغ تغییر دهند  $I$  است.

در نتیجه خواهیم داشت :

$$P(\text{location change} \mid \text{vehicular user}) = \frac{P(\text{location change} \ \&\& \ \text{vehicular user})}{P(\text{vehicular user})} = 1 \quad (5-4)$$

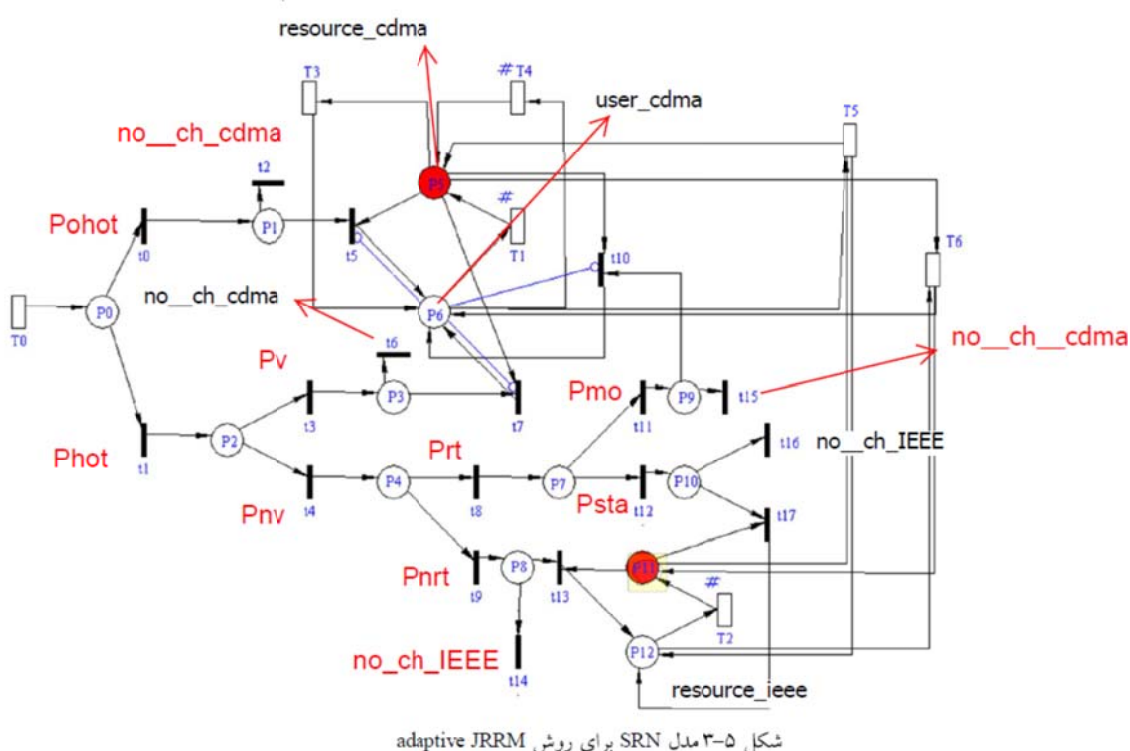
با استفاده از احتمال شرطی و رابطه ی (4-5) میتوان احتمال اینکه کاربر غیرخودرویی باشد و موقعیت خود را تغییر دهد به صورت زیر نتیجه گرفت :

$$P_{move} = P(\text{location change} \mid \text{nonvehicular user}) \quad (6-4)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{P(\text{location change} \ \&\& \ \text{nonvehicular user})}{P(\text{nonvehicular user})} \\ &= \frac{P(\text{location change}) - P(\text{location change} \ \&\& \ \text{vehicular user})}{P(\text{nonvehicular user})} \\ &= \frac{P(\text{location change}) - P(\text{vehicular user})}{P(\text{nonvehicular user})} = \frac{P_{exit} - P_v}{P_{nv}} \end{aligned}$$

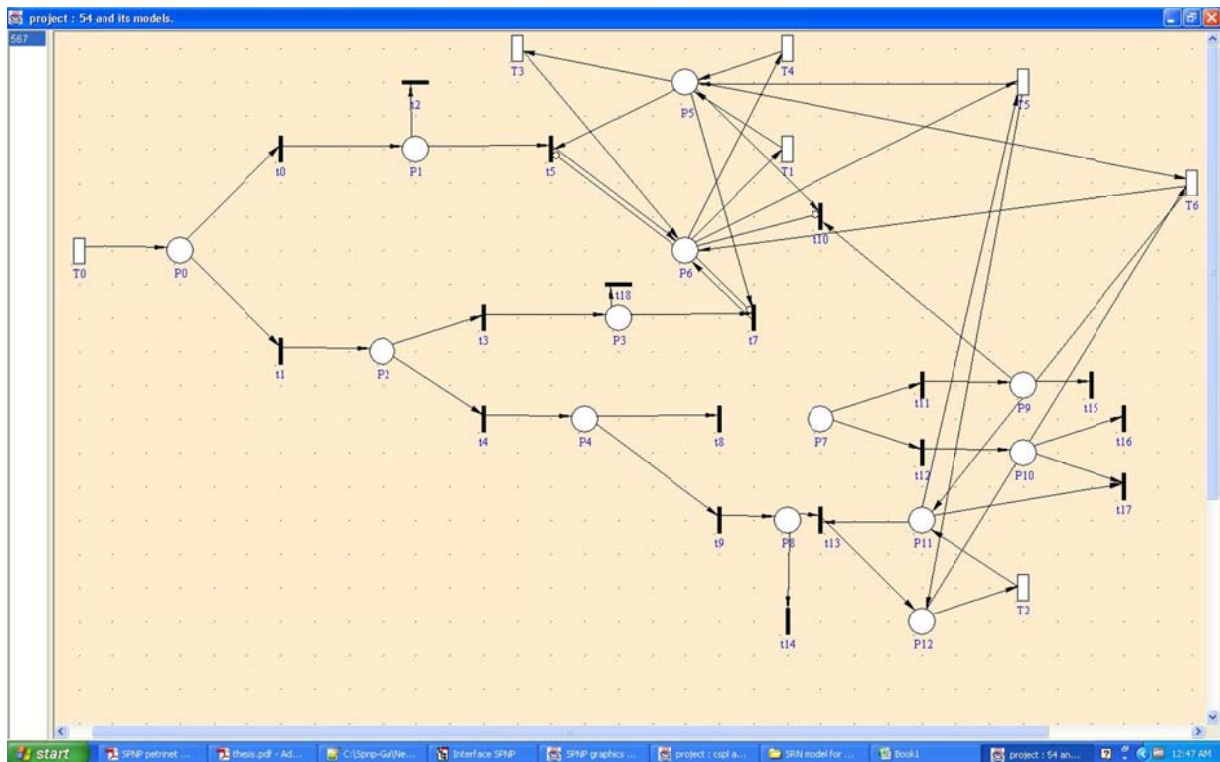
### ۳ پیاده سازی روش پیشنهادی و گرفتن نتایج به کمک ابزار SPNP

شکل زیر شبکه پتری نت پیشنهادی در پایان نامه ایشان است که بر اساس اطلاعات جدول 5-1 پایان نامه نام *transition* ها و *place* های مهم آن از روی کد CSPL آن اضافه شده است.



البته باید قبل از اجرای ابزار SPNP متغیر محیطی با نام *SPNP\_DIRECTORY* و مقدار *C:\Snpn-gui\snpn* را در قسمت متغیرهای محیطی ویندوز اضافه کرد تا بتوان برنامه را اجرا کرد. همچنین اضافه کردن عبارت *"C:\Snpn-Gui\snpn\bin"* به متغیر *path* در همان بخش متغیرهای محیطی ویندوز نیز ضروری است.

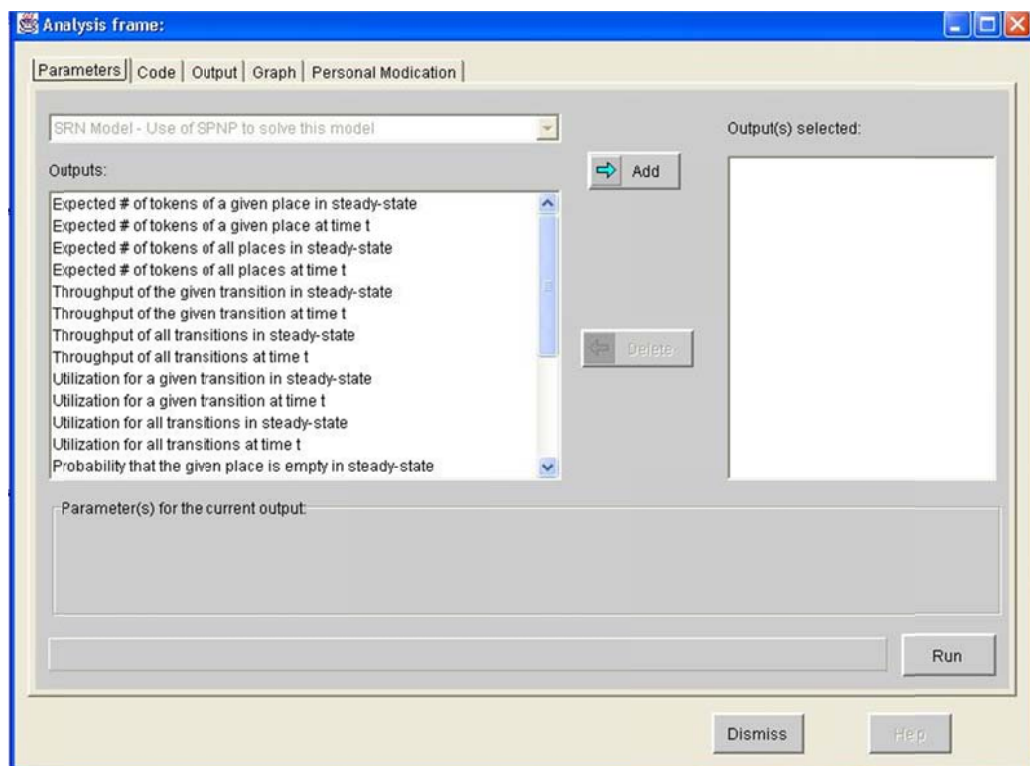
شبکه داده شده در محیط SPNP پیاده شد که شکل زیر پیاده سازی آن را نشان می دهد.



سپس از منوی *analysis Editor* با انتخاب گزینه *Analysis* وارد بخش تحلیل *SPN* شده و نتایج مورد دلخواه انتخاب می شود.

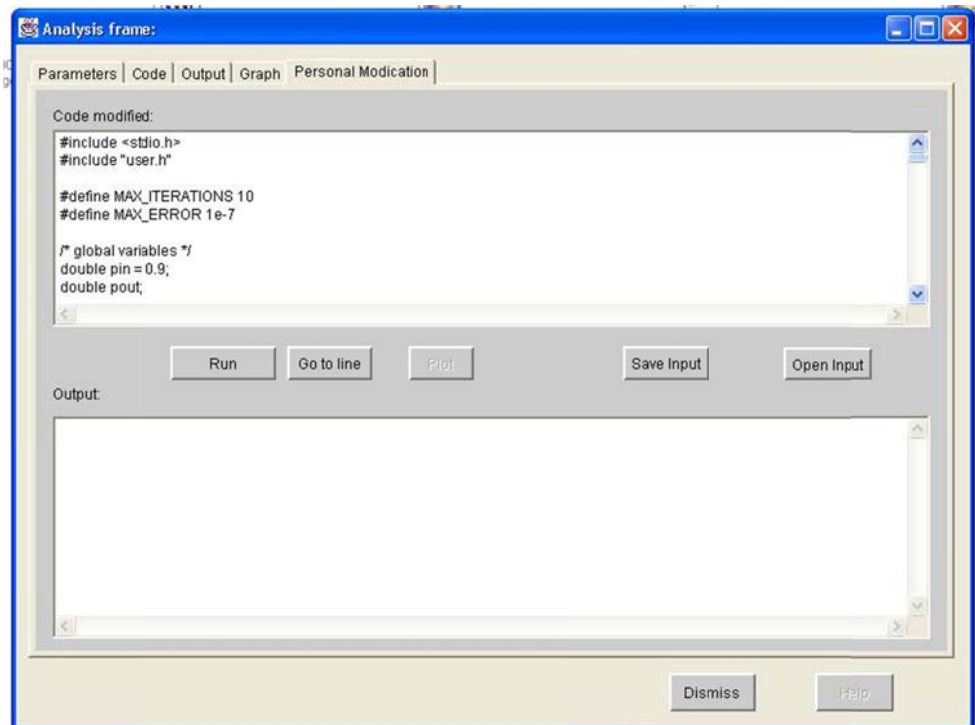


شکل زیر منوی *Analysis* را نشان می دهد.



در بخش *parameters* انواع خروجیهایی که می‌شود از *SPN* ایجاد شد گرفت نشان داده شده است. مثلاً تعداد نشانه‌های مورد انتظار در یک مکان در حالت پایدار و ... که خروجیهای مورد نیاز انتخاب می‌شوند و فشردن دکمه *Run* خروجیهای لازم در فایل به همان نام پروژه با پسوند *out* قرار داده می‌شود. مثلاً اگر نام پروژه *CSPL* باشد خروجی فایل *CSPL.out* خواهد بود که به کمک نرم افزارهای *text editor* قابل مشاهده است.

در بخش *code* کد *CSPL* تولید شده توسط نرم افزار که بصورت اتوماتیک برای توپولوژی رسم شده ایجاد می‌شود را نشان می‌دهد. این کد در *tab*، *personal modification* قابل تغییر است و می‌توان تغییرات لازم را در آن اعمال کرد یا اینکه کد خود را به کمک کلید *open input* از روی فایل خواند.



در *Tab* مربوط به گراف می توان با تعیین مقادیر متناسب به  $X$  و  $Y$  نمودارهای دلخواه را رسم نمود مثلاً می توان مقدار نشانه های یک مکان را بر حسب زمان نشان داد.

حاصل اجرای مدل یک فایل خروجی با پسوند *.out* است که به کمک *text editor* می توان آنرا مشاهده نمود.

خروجی مورد نظر در شکل زیر آورده شده است. البته فایل این خروجی به همراه این گزارش موجود است.

### ۱-۳ بررسی خروجی فایل *.out*

در شکل زیر فایل خروجی حاصل از اجرای مدل در *SPNP* آورده شده است توضیحات لازم بر روی شکل داده شده است.

```

1
2 NET:
3
4 discrete places: 13
5 immediate transitions: 18
6 timed transitions: 7
7 constant input arcs: 31
8 constant output arcs: 22
9 constant inhibitor arcs: 3
10 variable input arcs: 0
11 variable output arcs: 0
12 variable inhibitor arcs: 0
13
14
15 VALUE: lh = 0.01
16
17 VALUE: lvi = 0.01
18
19 VALUE: lvj = 0.01
20
21 RG:
22
23 tangible markings: 40
24 vanishing markings: 0
25 marking-to-marking transitions: 186
26
27
28
29 TIME : INFINITY
30
31
32
33 VALUE: Hho = 0.0894782937559
34
35 VALUE: vhl = 0.000222570664514
36
37 VALUE: vhl = 0.04689831511715
38
39 VALUE: Error = 43.9295508993
40
41 VALUE: lh = 0.0894782937559
42
43 TIME : INFINITY

```

در این قسمت  
marking  
با تعدادی  
کرده است

length: 15670 lines: 412 Ln: 1 Col: 1 Sel: 0 Dos\Windows ANSI INS

بدلیل اینکه مقادیر نرخ‌های ورود درخواست‌های گذر  $\lambda_{wc}$  و  $\lambda_{cw}$  و  $\lambda_h$  را در ابتدا در اختیار نبوده سعی شده است به کمک روش *fixed point iteration* با توجه به وابستگی این مقادیر به احتمالات حالت پایدار مقادیر آنها بدست آید. این روش بدین صورت کار می کند که ابتدا به مقدار خطای قابل قبول به نام *MAX-ERROR* تعیین می کند (در اینجا  $1e-7$ ) و با یک مقدار اولیه برای  $\lambda_{wc}$  و  $\lambda_{cw}$  و  $\lambda_h$  شروع کرده و معیارهای کارایی مد نظر خود را بدست آورده است. سپس دوباره از روی این معیارهای کارایی مقادیر نرخ گذر  $\lambda_{cw}$  و  $\lambda_h$  و  $\lambda_{wc}$  را بدست آورده است و بر اساس فرمول زیر تعیین می کند که آیا مقدار خطا از مقدار مورد انتظار کمتر شده است یا نه ؟

$$\max \left\{ \frac{|\lambda_h^{new} - \lambda_h^{old}|}{\lambda_h^{new}}, \frac{|\lambda_{cw}^{new} - \lambda_{cw}^{old}|}{\lambda_{cw}^{new}}, \frac{|\lambda_{wc}^{new} - \lambda_{wc}^{old}|}{\lambda_{wc}^{new}} \right\} < MAX-ERROR$$

بعبارت بهتر اینگونه عمل می کند .

$$\lambda_{wc}^{old} \rightarrow P_{nb-c} = \sum_{j \in \Omega} r_{nb-c}^j \pi_j \rightarrow \lambda_{wc} = (\lambda_w \cdot (1 - P_{nb-w}) + \lambda_{cw} \cdot (1 - P_{hb-w})) \cdot P_{nrt} \cdot P_{move}$$

بدلیل اینکه پارامترهای مختلف در فرمول بالا فعلاً مهم نیستند که چه هستند و فعلاً هدف نشان دادن روند الگوریتم *fixed point iteration* است. از آوردن توضیحات مربوط آن اجتناب شده است. این پارامترها در بخش 3-3-5 پایان نامه به تفصیل معرفی شده‌اند.

روند اجرای الگوریتم *fixed point iteration* در فایل خروجی از کد *CSPL* زده شده مشخص است.

```

D:\MSC\current work\Dropbox\fofuti thesis\my outputs\CSPLout - Notepad++
File Edit Search View Encoding Language Settings Macro Run TextFX Plugins Window ?
CSPLout
29
30
31
32
33 VALUE: Hho = 0.0894782937559
34
35 VALUE: vhl = 0.000222570664514
36
37 VALUE: vhl = 0.0489831511715
38
39 VALUE: Error = 43.9295508993
40
41 VALUE: lh = 0.0894782937559
42
43 VALUE: lvi = 0.0489831511715
44
45 VALUE: lvj = 0.000222570664514
46
47 RG:
48
49 tangible markings: 40
50 vanishing markings: 0
51 marking-to-marking transitions: 186
52
53
54
55 TIME : INFINITY
56
57
58
59 VALUE: Hho = 0.0892107829265
60
61 VALUE: vhl = 0.000248559431255
62
63 VALUE: vhl = 0.105798058007
64
65 VALUE: Error = 0.53701275719
66
67 VALUE: lh = 0.0892107829265
68
69 VALUE: lvi = 0.105798058007
70
71 VALUE: lvj = 0.000248559431255
72
73 RG:

```

در این قسمت  
بدست آمد  
فاصله زیاد.

با اجرای دو  
iteration  
است.

Normal text file      length : 15670   lines : 412      Ln : 1   Col : 1   Sel : 0      Dos/Windows   ANSI   INS

```

214
215 VALUE: Rho = 0.0892346926716
216
217 VALUE: vh2 = 0.000286348862534
218
219 VALUE: vh1 = 0.105667299618
220
221 VALUE: Error = 8.56100189118e-010
222
223 VALUE: VHO = 0.10595364448
224 EXPECTED: BN = 0.00717617762333
225 EXPECTED: BH = 0.0001644966005
226 EXPECTED: thu = 9.82105576759
227

```

پس  
می  
مقا

در ادامه می توان تعداد نشانه ها در مکانهای مختلف را در زمانهای مختلف بررسی کرد که این نتایج در ادامه آمده است. این تعداد نشانه مثلاً برای مکانهای *resource\_cdma* و *resource\_ieee* تعداد کانالهای آزاد در دو *RAT* مربوط به *CDMA2000* و *IEEE 802.11* را نشان می دهد.

```

D:\MS\current work\Dropbox\fofui thesis\my outputs\CSPLout - Notepad++
File Edit Search View Encoding Language Settings Macro Run TextFX Plugins Window ?
D:\MS\current work\Dropbox\fofui thesis\my outputs\CSPLout
README gubai SPNP CODE CSPLout
233
234 TIME : 0.000000000000
235
236 =====
237 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F1 = 0
238 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F4 = 0
239 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F5 = 0
240 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F8 = 0
241 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F9 = 0
242 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P10 = 0
243 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P11 = 0
244 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P12 = 0
245 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P13 = 0
246 EXPECTED: Expected # of tokens of the place resource_cdma = 3
247 EXPECTED: Expected # of tokens of the place resource_ieee = 3
248 EXPECTED: Expected # of tokens of the place user_cdma = 0
249 EXPECTED: Expected # of tokens of the place user_ieee = 0
250 =====
251
252 TIME : 1.000000000000
253
254 =====
255 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F1 = 0
256 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F4 = 0
257 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F5 = 0
258 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F8 = 0
259 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F9 = 0
260 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P10 = 0
261 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P11 = 0
262 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P12 = 0
263 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P13 = 0
264 EXPECTED: Expected # of tokens of the place resource_cdma = 2.9088667777
265 EXPECTED: Expected # of tokens of the place resource_ieee = 8.74831496537
266 EXPECTED: Expected # of tokens of the place user_cdma = 0.091143322281
267 EXPECTED: Expected # of tokens of the place user_ieee = 0.251665034634
268 =====
269
270 TIME : 2.000000000000
271
272 =====
273 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F1 = 0
274 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F4 = 0
275 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F5 = 0
276 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F8 = 0
277 EXPECTED: Expected # of tokens of the place F9 = 0

```

در  
11

با  
کا  
کا



D:\MS\current work\Dropbox\fatuhi thesis\my outputs\CSPL.out - Notepad++

File Edit Search View Encoding Language Settings Macro Run TextFX Plugins Window ?

README guibot SPNP CODE CSPL.out

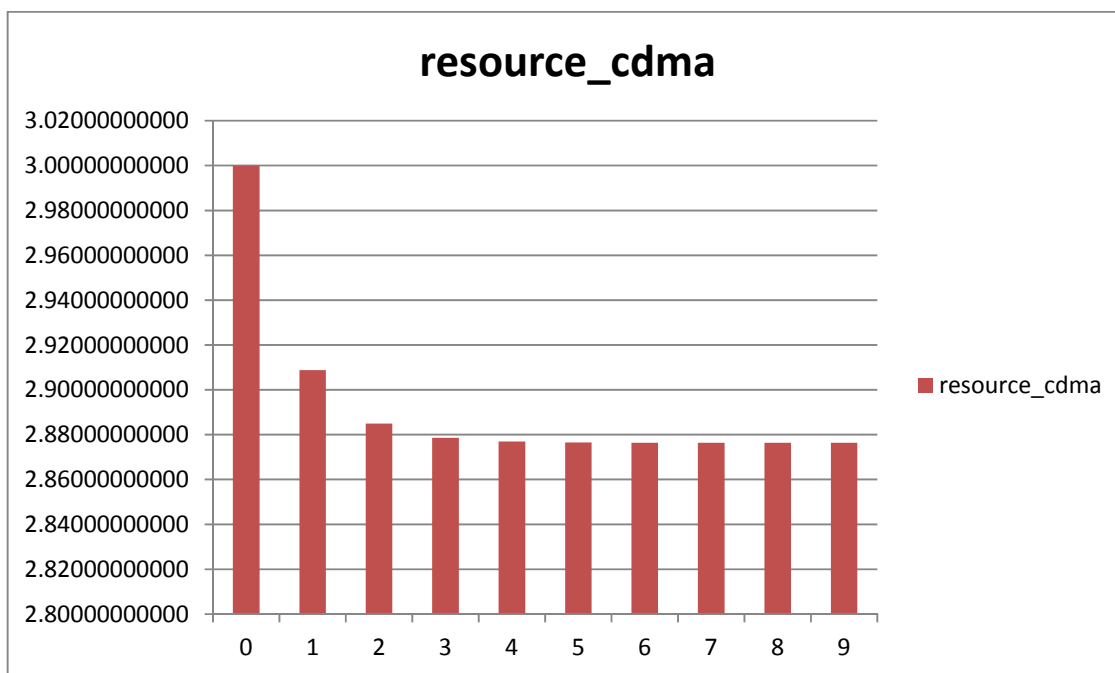
```
366 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P10 = 0
369 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P11 = 0
370 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P12 = 0
371 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P13 = 0
372 EXPECTED: Expected # of tokens of the place resource_cdma = 2.87638813581
373 EXPECTED: Expected # of tokens of the place resource_ieee = 8.4199673232
374 EXPECTED: Expected # of tokens of the place user_cdma = 0.123611864192
375 EXPECTED: Expected # of tokens of the place user_ieee = 0.580031676803
376
377
378 TIME : 8.000000000000
379
380
381 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P1 = 0
382 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P4 = 0
383 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P5 = 0
384 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P8 = 0
385 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P9 = 0
386 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P10 = 0
387 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P11 = 0
388 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P12 = 0
389 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P13 = 0
390 EXPECTED: Expected # of tokens of the place resource_cdma = 2.87637926481
391 EXPECTED: Expected # of tokens of the place resource_ieee = 8.41504513324
392 EXPECTED: Expected # of tokens of the place user_cdma = 0.123620735188
393 EXPECTED: Expected # of tokens of the place user_ieee = 0.584951866762
394
395
396 TIME : 9.000000000000
397
398
399 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P1 = 0
400 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P4 = 0
401 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P5 = 0
402 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P8 = 0
403 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P9 = 0
404 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P10 = 0
405 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P11 = 0
406 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P12 = 0
407 EXPECTED: Expected # of tokens of the place P13 = 0
408 EXPECTED: Expected # of tokens of the place resource_cdma = 2.87637662504
409 EXPECTED: Expected # of tokens of the place resource_ieee = 8.41225654487
410 EXPECTED: Expected # of tokens of the place user_cdma = 0.123620374959
411 EXPECTED: Expected # of tokens of the place user_ieee = 0.587741455128
412
```

پس  
می  
نم

length: 15670 lines: 412 Ln: 246 Col: 62 Sel: 0 Dos/Windows ANSI INS

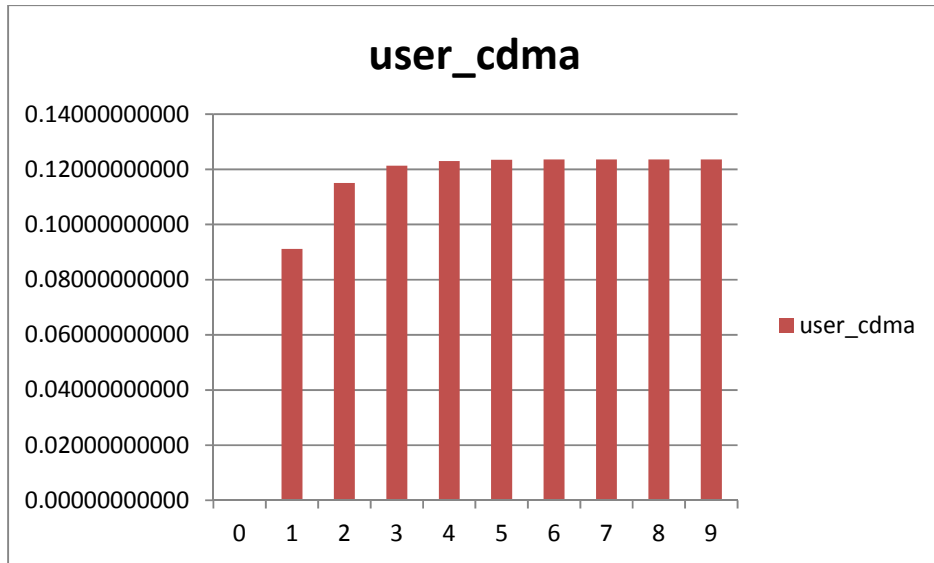
#### ۴ استخراج نتایج و رسم نمودار از نتایج اولیه

نمودار زیر تغییرات تعداد نشانه ها را در طول زمان برای *place* های مختلف نشان می دهد.

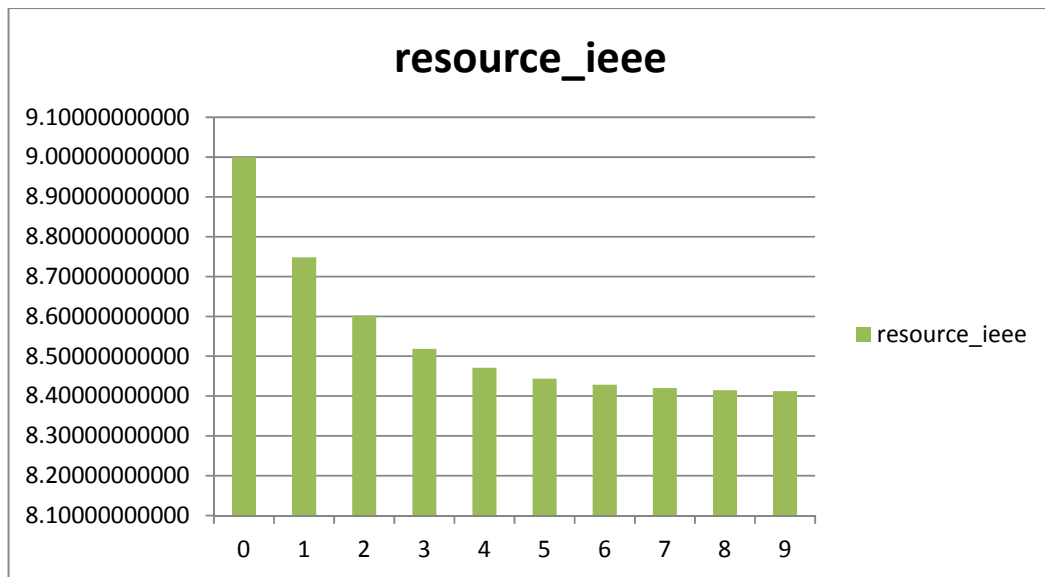


نمودار شماره 1 نشانه ها در مکان *resource\_cdma* بر حسب زمان

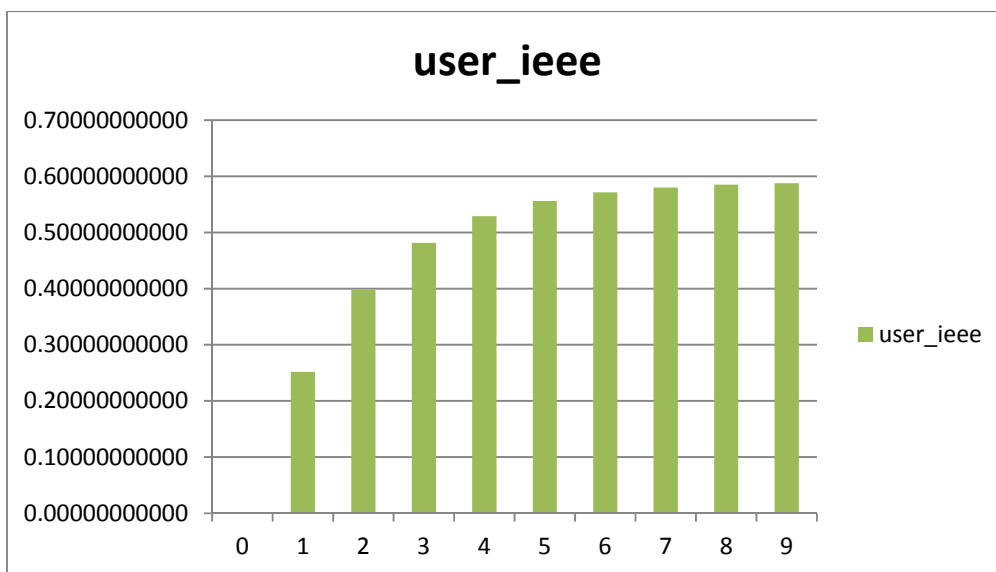
همانطور که در نمودار 1 مشاهده می شود تعداد نشانه ها با گذشت زمان به مقدار حالت پایدار خود یعنی 2.87 میل می کند. (مقداری که خانم فتوحی هم در پیاده سازی های خود با آن رسیده بودند.) نمودارهای مربوط به 3 مکان مهم دیگر یعنی *resource\_ieee* و *user\_cdma* و *user\_ieee* نشان داده شده است.



نمودار شماره 2 نشانه ها در مکان *user\_cdma* بر حسب زمان

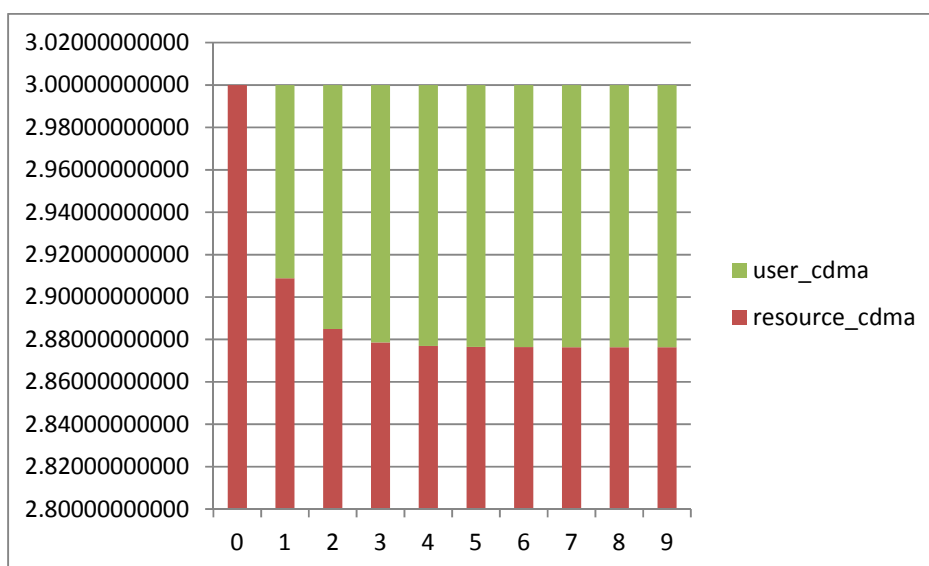


نمودار شماره 3 نشانه ها در مکان *resource\_ieee* بر حسب زمان



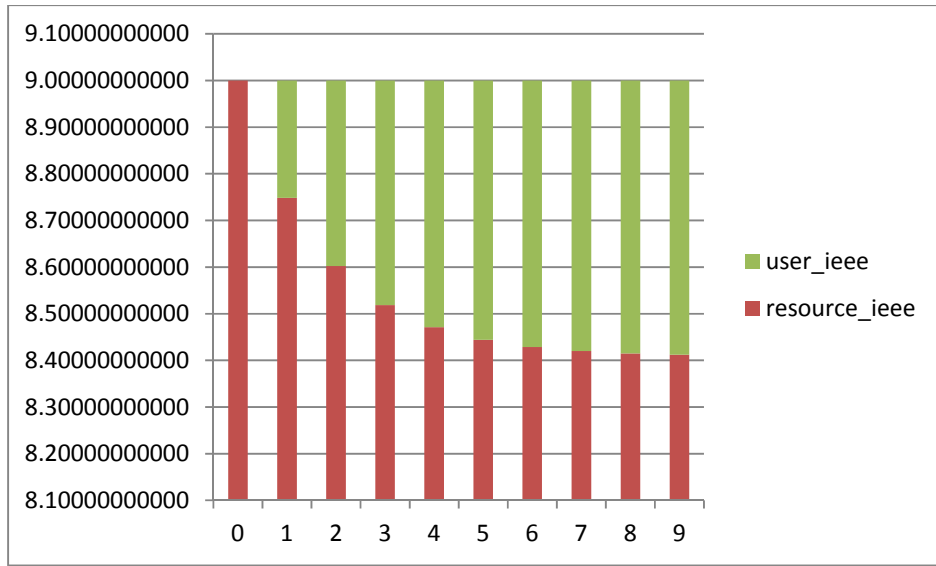
نمودار شماره 4 نشانه ها در مکان *user\_ieee* بر حسب زمان

نمودار زیر سهم هر کدام از مکانهای مربوط به *cdma* ( کانالهای اشغال شده و آزاد ) را از مقدار اولیه تعداد کانالها - که در پایان نامه 3 کانال در نظر گرفته شده است - را نشان می دهد.



نمودار شماره 5

به همین شکل برای *ieee RAT* این نمودار به شکل زیر است :



نمودار شماره 6