

## طراحی بهینه سلولی در مخابرات سیار نسل سوم با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه

مهدی هاشمی<sup>۱</sup>، الناز محمدی<sup>۲</sup> و ایمان احدی اخلاقی<sup>۳\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی سجاد، مشهد، ایران، hashemi.2007@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی سجاد، مشهد، ایران، elnazmohamadi2@gmail.com

۳\* نویسنده مسئول: استادیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی سجاد مشهد، مشهد،

ایران، i\_a\_akhlaghi@sadjad.ac.ir

چکیده- در مخابرات سیار، طراحی سلولی یک مسأله بسیار پیچیده است که عواملی همانند مکان و شکل موانع موجود در محیط، تراکم جمعیت و شرایط محیطی دیگر در آن موثر است؛ در نتیجه، انجام بهینه آن با روش‌های کلاسیک به سادگی میسر نیست. در برخی از روش‌های طراحی سلولی، طراحان فقط مکان بهینه ایستگاه‌های پایه را تعیین می‌کنند و سپس با اندازه‌گیری‌های محیطی، به تنظیم پارامترهای همچون توان، شیب و ارتفاع آنتن می‌پردازند، در این مقاله، روشی نوین ارائه گردیده که در آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه، علاوه بر یافتن مکان بهینه ایستگاه‌های پایه مخابرات سیار نسل سوم، پارامترهای ارتفاع، توان و شیب آنتن هر کدام از این ایستگاه‌ها نیز به صورت همزمان و بهینه تعیین می‌شوند. هدف، کاهش همزمان تداخل و افزایش پوشش شبکه می‌باشد. کارآیی روش پیشنهادی با استفاده از نرم افزار شبیه‌سازی انتشار امواج USPS در یک محدوده مشخص از منطقه آزادشهر مشهد که دانشگاه صنعتی سجاد در آن قرار دارد، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد روش پیشنهادی کارآیی بسیار خوبی دارد. همچنین، نسبت به روش‌هایی که فقط به مکان‌یابی ایستگاه‌های پایه می‌پردازند نیز کارآیی بهتری دارد و در بهترین حالت بیش از نود درصد ناحیه مورد بررسی، تحت پوشش مناسب شبکه قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: مخابرات سیار، طراحی بهینه سلولی، الگوریتم ژنتیک چند هدفه، نرم‌افزار USPS

### ۱- مقدمه

بهینه می‌توان به پوشش مناسب و کیفیت سرویس مورد نظر دست پیدا کرد.

واتانابه<sup>۱</sup>، هیروياسو<sup>۲</sup> و میکیاند<sup>۳</sup> در [۱]، روش بهینه‌سازی تکاملی چند هدفه‌ای را معرفی کرده‌اند که به طور همزمان، به مکان‌یابی آنتن و پیکربندی در شبکه‌های سلولی می‌پردازد. در همین راستا، میونیر<sup>۴</sup>، تالبی<sup>۵</sup> و رینینگر<sup>۶</sup>، در [۲]، با اجرای همزمان الگوریتم ژنتیک به همراه طراحی کدینگ چندسطحی، روشی برای طراحی مکان‌های قرارگیری آنتن‌ها، تعداد و نوع آنتن‌ها و پارامترهای هر ایستگاه پایه، ارائه داده‌اند.

در سال‌های اخیر، سیستم‌های مخابرات سیار سلولی نسل سوم بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند و پژوهش‌های زیادی در زمینه طراحی و بهینه‌سازی این شبکه‌های مخابراتی انجام شده است. طراحی سلولی، برای کاهش تداخل و کمینه کردن نقاط کور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در سیستم‌های مخابرات سلولی نسل سوم، به دلیل ارسال هم‌زمان اطلاعات در یک باند فرکانسی، ممکن است تداخل چند کاربره داده را خراب کند؛ بنابراین، به منظور حفظ کیفیت تماس، لازم است نسبت سیگنال به تداخل در گیرنده در سطح مطلوبی نگه داشته شود.

تعیین موقعیت و تنظیم پارامترهای آنتن تأثیر زیادی بر کیفیت سرویس دریافتی در شبکه‌های سلولی دارد و با طراحی سلولی

<sup>1</sup> Watanabe

<sup>2</sup> Hiroyasu

<sup>3</sup> Mikiand

<sup>4</sup> Meunier

<sup>5</sup> Talbi

<sup>6</sup> Reininger

و ۳- انتخاب طبیعی تکامل می یابد؛ الگوریتم ژنتیک نیز از این روند برای رسیدن به پاسخ مطلوب استفاده می کند.

در الگوریتم ژنتیک، هر یک از افراد به صورت یک رشته کروموزوم کدگذاری می شوند. برای کدگذاری کروموزومها از الفبای متفاوتی می توان استفاده کرد که رایج ترین نمایش الفبای دودویی است که در آن هر کروموزوم، از رشته ای از صفر و یکها تشکیل می شود. بسته به نوع کاربرد، برای نمایش کروموزومها می توان از الفبای مبنای سه، اعداد صحیح و اعداد حقیقی نیز استفاده کرد.

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک با ایجاد یک جمعیت اولیه از کروموزومها آغاز می شود. این جمعیت اولیه می تواند به صورت تصادفی یا با استفاده از روش های تحلیلی ایجاد شود. سپس، میزان مطلوب بودن هر یک از کروموزومهای این جمعیت محاسبه می شود و بر این اساس به هر یک از کروموزومها احتمالی برای انتخاب شدن اختصاص داده می شود: کروموزومهایی که پاسخ بهتری برای مسأله ارائه می دهند شانس انتخاب بیشتری نسبت به سایر کروموزومها خواهند داشت. کروموزومهای با برازندگی<sup>۸</sup> بیشتر انتخاب شده و با یکدیگر ترکیب<sup>۹</sup> می شوند تا نسل بعدی را تولید کنند.

جهش<sup>۱۰</sup>، عملگر دیگری است که پس از عمل ترکیب به کروموزومها اعمال می شود. در نمایش رشته باینری، جهش موجب تغییر تعدادی از بیتها می شود. این عملگر، باعث ایجاد تنوع در جمعیت می شود و از افتادن الگوریتم جستجو در دام بهینه های محلی جلوگیری می کند و به ما این اطمینان را می دهد که احتمال جستجوی هیچ شبه فضای خاصی از فضای مسأله هیچ گاه صفر نیست.

الگوریتم ژنتیک با استفاده از عملگرهای ترکیب و جهش، از کروموزومهای موجود، کروموزومهای جدیدی تولید می کند که ضمن به ارث بردن بیشتر بخش های کروموزومهای قبلی، به دلیل وجود عملگر انتخاب مبتنی بر برازندگی، نسبت به افراد نسل قبل برانده تر هستند. در این روش، انتظار می رود تکرار عملگرهای انتخاب، ترکیب و جهش در نسل های متوالی باعث افزایش میانگین برازندگی افراد جمعیت گردد.

در این پروژه، از عملگر انتخاب چرخ رولت و عملگر کمکی نخبه گرایی استفاده شده است. درصدی از جمعیت که در هر نسل با کروموزومهای جدید جایگزین می شود ۹۰٪ در نظر گرفته شده است؛ بدین ترتیب که ۱۰٪ از کل جمعیت، شامل کروموزومهایی

کالگاری<sup>۱</sup> و همکارانش در [۳]، از روش ساده ای برای پیدا کردن مکان بهینه آنتن ها استفاده کرده اند. آلباد<sup>۲</sup> و چیکانو<sup>۳</sup> در [۴]، از روشی برای تعیین مکان ایستگاه های پایه استفاده کرده اند که لزوماً نتیجه بهینه به همراه ندارد.

در [۵]، کارآیی الگوریتم ژنتیک و روش جستجوی تابو در حل مسأله تعیین بهینه موقعیت ایستگاه های پایه بررسی شده است. در این روش، هدف تعیین بهینه موقعیت ایستگاه های پایه برای بیشینه کردن پوشش رادیویی و کمینه کردن تجهیزات و هزینه می باشد.

در [۶]، ابتدا از مدل ریاضی TPC سریع برای حل مسئله مکان یابی ایستگاه های پایه استفاده شده است و سپس کارایی سه الگوریتم GA<sup>۴</sup>، SA<sup>۵</sup> و SA<sup>۶</sup> تکاملی<sup>۶</sup> (ESA) تحت شرایط یکسان بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که الگوریتم ژنتیک همواره عملکرد بهتری نسبت به مدل ریاضی دارد. همچنین ESA و SA عملکرد بسیار بهتری نسبت به GA در زمینه ی به دست آوردن مکان بهینه ایستگاه های پایه در طراحی سلولی دارند.

در [۷]، با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه مقادیر بهینه پارامترهای مکان، توان، ارتفاع و شیب آنتن های ایستگاه های پایه تعیین می شوند. در این پژوهش از مدل هاتا<sup>۷</sup> برای محاسبات افت مسیر استفاده شده است. در [۸] نیز از مدل Cost231Hata استفاده شده است؛ اما توان و شیب آنتن ها در نظر گرفته نشده اند. در [۹]، با وجود آن که همانند کار ما، محیط شهری به طور دقیق توسط نرم افزار USPS شبیه سازی شده است، تنها مکان بهینه آنتن ها توسط الگوریتم ژنتیک چندهدفه تعیین گردیده است.

در ادامه مقاله، ابتدا، به معرفی الگوریتم ژنتیک و نرم افزار شبیه سازی انتشار امواج USPS می پردازیم و سپس نتایج بدست آمده را مورد بررسی قرار می دهیم.

## ۲- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک روشی برای جستجوی بهینه جهانی است که رفتار تکامل بیولوژیکی طبیعت را تقلید می کند. الگوریتم ژنتیک روی جمعیتی از راه حل های بالقوه، اصل بقای اصلح را برای رسیدن به بهترین راه حل اعمال می کند. در طبیعت در طول نسل های متوالی، جمعیت بر طبق سه اصل: ۱- تنوع و نوع آوری، ۲- وراثت

<sup>1</sup> Calegari

<sup>2</sup> Albaand

<sup>3</sup> Chicano

<sup>4</sup> Genetic Algorithm

<sup>5</sup> Simulated Annealing

<sup>6</sup> Evolutionary Simulated Annealing

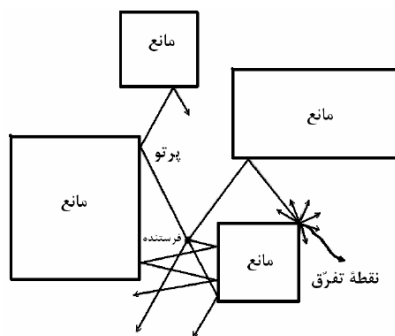
<sup>7</sup> Hata

<sup>8</sup> Fitness

<sup>9</sup> Cross Over

<sup>10</sup> Mutation

دو پدیده مهم انتشار امواج، بازتاب و پراش هستند. در قوانین نور هندسی با دور شدن پرتو از منبع، توان آن کاهش می‌یابد و هنگامی که به مانعی برخورد می‌کند، با زاویه‌ای که برابر با زاویه تابش و در جهت مخالف آن است بازتاب می‌یابد. هنگامی که پرتو به گوشه‌ای از یک مانع برخورد می‌کند دچار تفرق یا پراش می‌شود؛ در این حالت، می‌توان گوشه مانع را به صورت منبعی فرض کرد که در همه جهتها به ارسال پرتو می‌پردازد. با در نظر گرفتن نقاط پراش، دقت شبیه‌سازی افزایش می‌یابد و مناطق بیشتری از ناحیه مورد نظر زیر پوشش قرار می‌گیرد. اما در مقابل، زیاد شدن تصاعدی تعداد نقاط پراش کاهش قابل ملاحظه سرعت شبیه‌سازی را به دنبال دارد. شکل ۱ انواع پرتوهای ارسالی در نرم‌افزار انتشار امواج را نشان می‌دهد.



شکل ۱: انواع پرتوها در USPS [۱۰]

در USPS، پرتو از هنگام ارسال تا زمانی که از محیط مورد نظر خارج شود یا توان آن از یک حد آستانه کمتر گردد، ردگیری شده و به وسیله شبیه‌ساز دنبال می‌شود. هر پرتو نماینده‌ای از یک جبهه‌ی موج است که از فرسپندیده در جهت خاصی ساطع می‌شود. اگر فرکانس موج ارسالی به حدی بالا باشد که طول موج آن در مقایسه با ابعاد موانع موجود در محیط به اندازه کافی کوچک باشد، می‌توان از قوانین نور هندسی برای تحلیل رفتار پرتوها استفاده کرد. در عمل سیگنال‌هایی که در مخابرات بسیار به کار می‌روند معمولاً در این شرط صدق می‌کنند.

در USPS، هنگامی که دو پرتو مختلف از یک نقطه عبور کنند، با توجه به دامنه و فاز به صورت برداری باهم جمع می‌شوند و دامنه و فاز سیگنال مورد نظر در آن نقطه به دست می‌آید.

در این نرم‌افزار، برای ابعاد محیط و دقت تفکیک نقشه محدودیتی وجود ندارد و می‌توان از آن برای شبیه‌سازی در یک شهر بزرگ یا محیط داخل یک ساختمان استفاده کرد. پارامترهای به کاررفته در این پروژه در بخش USPS در جدول ۲ آورده شده است.

با بهترین مقادیر برازندگی، بدون استفاده از عملگرهای ترکیب و جهش مستقیم به نسل بعد وارد می‌شوند. کروموزوم‌های انتخاب شده با احتمال ۰.۷۰ ترکیب شده و سپس عمل جهش با احتمال ۰.۵ بر روی آنها انجام می‌گیرد. الگوریتم پس از طی ۳۰۰ نسل به پایان می‌رسد. در جدول ۱، پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک به همراه مقادیر آنها آورده شده است.

جدول ۱: پارامترهای الگوریتم ژنتیک مورد استفاده

پارامتر	مقدار
تعداد کروموزوم‌های هر نسل	۳۰
فاصله نسلی	۰/۹
طول هر کروموزوم	۵۰ متغیر
عملگر انتخاب	چرخ رولت
عملگر ترکیب	ترکیب دو نقطه‌ای
احتمال ترکیب (Pc)	۰/۷
احتمال جهش (Pm)	۰/۰۵
بیشترین تعداد نسل	۳۰۰

### ۳- معرفی نرم افزار USPS<sup>۱</sup>

طراحی سلولی به طور دقیق عملی بسیار پیچیده و مشکل است. همچنین، به علت هزینه اجرایی زیاد، در عمل نمی‌توان طراحی‌های صورت گرفته را به طور کامل مورد آزمایش قرار داد. این عوامل، شبیه‌سازی را قبل از پیاده‌سازی عملی، ضروری می‌سازد. روش‌های زیادی برای شبیه‌سازی انتشار امواج وجود دارد که می‌توان آن‌ها را بدین صورت دسته‌بندی نمود:

- روش‌های تحلیلی و دقیق
- روش‌های مبتنی بر خصوصیات آماری
- روش‌هایی که ترکیبی از روش‌های آماری و محاسباتی هستند

در روش‌های تحلیلی، از روابط ریاضی و محاسباتی برای شبیه‌سازی انتشار امواج استفاده می‌شود؛ این روش‌ها با وجود داشتن دقت بالا، سرعت کمی دارند. در مقابل، روش‌های آماری از مشخصات آماری محیط استفاده می‌کنند و نسبت به روش‌های تحلیلی سرعت بیشتر و البته دقت کمتری دارند.

نرم‌افزار USPS از روش دقیق و غیرآماری ردگیری پرتو<sup>۲</sup> برای شبیه‌سازی دوبعدی انتشار امواج رادیویی بهره می‌برد و به دلیل نداشتن محاسبات پیچیده ریاضی سرعت بالایی دارد [۱۰]. این نرم‌افزار در [۱۱] برای تحلیل نتایج مورد استفاده قرار گرفته است.

<sup>۱</sup> Urban Signal Propagation Simulator

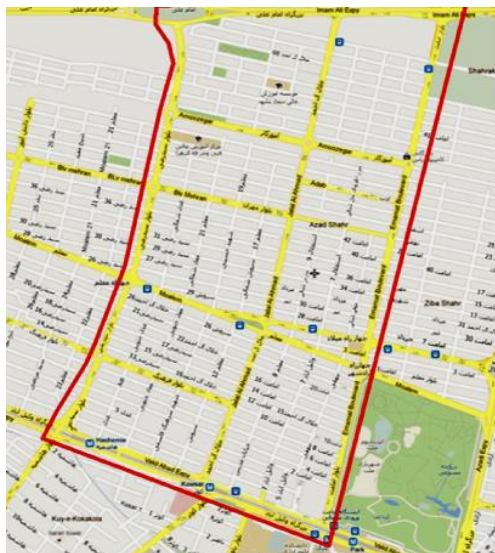
<sup>۲</sup> Ray tracing

حساب متر ( $h$ )، توان بر حسب  $dBm$  ( $p$ ) و شیب بر حسب درجه ( $t$ ) برای هر کدام از ایستگاه‌های پایه تعیین می‌شوند. قیدهای حاکم بر این پارامترها به صورت روابط (۴) تا (۸) می‌باشد.

- (۴)  $1 < x_i < 310$   
 (۵)  $1 < y_i < 600$   
 (۶)  $5 < h_i < 30$   
 (۷)  $1 < p_i < 50$   
 (۸)  $0 < t_i < 7$

#### ۵- نتایج شبیه‌سازی

محدوده‌ی مورد نظر برای پیاده‌سازی شبیه‌سازی‌ها، بخشی از منطقه‌ی آزادشهر مشهد است (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه محدوده‌ی آزاد شهر مشهد

کل نقاط تصویر را بدون احتساب نقاط داخلی ساختمان‌ها و نقاط حاشیه‌ای به عنوان نقاط مورد بررسی در نظر می‌گیریم. وزن هر یک از اهداف فرعی موجود در تابع هزینه نیز طبق جدول ۳ در نظر گرفته می‌شود. با توجه به رابطه (۳)، مقدار  $w_1$  وزن اختصاص داده شده به نقاط کور و مقدار  $w_2$  وزن تعداد نقاطی است که در آنها میزان  $SIR$  از آستانه مورد نظر کمتر است.

جدول ۳: وزن‌دهی تابع برازندگی

حالت	$w_1$	$w_2$
۱	۰	۱
۲	۰/۲۵	۰/۷۵
۳	۰/۵	۰/۵
۴	۰/۷۵	۰/۲۵
۵	۱	۰

جدول ۲: پارامترهای به کار رفته در USPS

پارامتر	مقدار
دقت تفکیک نقشه	۱ پیکسل=۲۵ متر مربع
افت مسیر	$0.1 db/m$
ضریب افت توان بازگشتی	$3 db$
ضریب نفوذپذیری الکتریکی نسبی موانع	۲
الگوی تشعشعی آنتن فرستنده	همه جهته
زاویه‌ی بین پرتوهای ارسالی از فرستنده	۱ درجه
آستانه‌ی توان حداقل برای آشکار سازی	$-104 dBm$

#### ۴- روش پیشنهادی مکان‌یابی و تنظیم پارامترها

در این پروژه، برای بهینه‌سازی پارامترهای طراحی سلولی، از الگوریتم ژنتیک پیوسته استفاده شده است. هر کروموزوم شامل اطلاعات موقعیت مکانی، توان، ارتفاع و شیب<sup>۱</sup> تمامی ده ایستگاه پایه می‌باشد. جمعیت اولیه به‌طور تصادفی ایجاد می‌شود. هدف به دست آوردن مقادیر بهینه این پارامترها برای داشتن بیشترین پوشش و کمترین نقاط دارای تداخل است. با توجه به استاندارد اریکسون [۱۱]، کمترین توان قابل قبول سیگنال برای حفظ تماس در سیستم‌های مخابراتی سیار،  $-104 dBm$  است که به عنوان کمینه توان قابل ردیابی در نرم‌افزار USPS تعیین می‌گردد.

به کمک نسخه MATLAB نرم‌افزار USPS، در هر نقطه از محیط، توان دریافتی از هر ایستگاه پایه را به دست می‌آوریم. نقاطی که مقادیر توانشان کمتر از حداقل توان قابل قبول باشد، به عنوان نقاط کور شناخته می‌شوند (رابطه (۱)). تعداد نقاطی که نسبت  $SIR^2$  قابل قبولی ندارند را نیز طبق رابطه (۲) محاسبه می‌کنیم. تابع هزینه، طبق رابطه (۳)، مجموع نقاط کور و نقاطی است که نسبت  $SIR$  مطلوبی ندارند.

$$S_i = \sum_{BTS=1}^{10} \sum_{n=1}^{n=x,y} (P(x_n, y_n) < -104dBm) \quad (1)$$

$$I_i = \sum_{BTS=1}^{10} \sum_{m=1}^{m=x,y} (SIR_m < 10dB) \quad (2)$$

$$fitness_i = w_1 S_i + w_2 I_i \quad (3)$$

$w_1$  و  $w_2$  مقادیر وزنی است که به هر یک از توابع هزینه فرعی اختصاص داده می‌شود.

برای کمینه‌سازی تابع هزینه تعریف شده در رابطه (۳)، پارامترهای طول بر حسب پیکسل ( $x$ )، عرض بر حسب پیکسل ( $y$ )، ارتفاع بر

<sup>1</sup> Tilt

<sup>2</sup> Signal to interference ratio



شکل ۵: مکان بهینه ایستگاه‌های پایه برای وزن‌دهی حالت اول

جدول ۴: پارامترهای ایستگاه‌های پایه برای حالت اول

شماره BS	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
X	۳۹	۱۰۱	۲۴۷	۲۲۲	۲۷۷	۷۱	۴۰	۱۸۲	۱۵۰	۶۷
Y	۵۷	۱۵۵	۳۹	۵۳۸	۲۸۶	۳۵۴	۲۵۸	۳۷۱	۴۷۹	۵۷۰
ارتفاع	۸	۱۰	۲۰	۱۳	۲۰	۱۸	۱۱	۱۱	۷	۵
توان	۱۰	۳۲	۲۳	۱۶	۴۵	۲۲	۱۵	۲۲	۲۴	۱۲
شیب	۷	۳	۴	۷	۲	۵	۵	۴	۲	۷

جدول ۵ نتایج حاصل از شبیه‌سازی در حالت اول را نشان می‌دهد، در این جدول، منظور از بهترین برازندگی، کمترین مقدار تابع هزینه در نسل آخر الگوریتم ژنتیک است. با توجه به جدول ۵، ۷۳،۵۳۸۲ درصد از منطقه پوشش داده شده است. هر چند این عدد نشان دهنده پوشش مناسبی نیست، اما در مقابل، مقدار تداخل به صفر رسیده است.

جدول ۵: نتایج طراحی برای حالت اول

بهترین برازندگی	درصد عدم پوشش	درصد تداخل	درصد پوشش مناسب
۰	۲۶،۴۶۱۸	۰	۷۳،۵۳۸۲

منظور از عبارت پوشش مطلوب، درصدی از محیط مورد بررسی است که در آن هم میزان تداخل کمتر از ده دسی‌بل باشد و هم پوشش مناسب داشته باشیم.

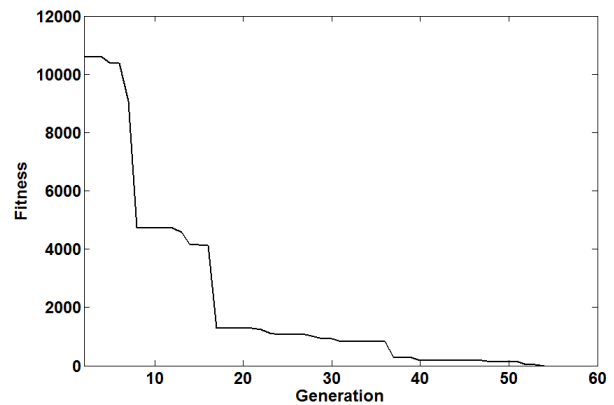
## ۵-۲- حالت دوم

در این حالت، به نقاط کور وزن ۰/۲۵ و به تداخل وزن ۰/۷۵ اختصاص داده شده است. همان طور که در شکل‌های ۶ و ۷

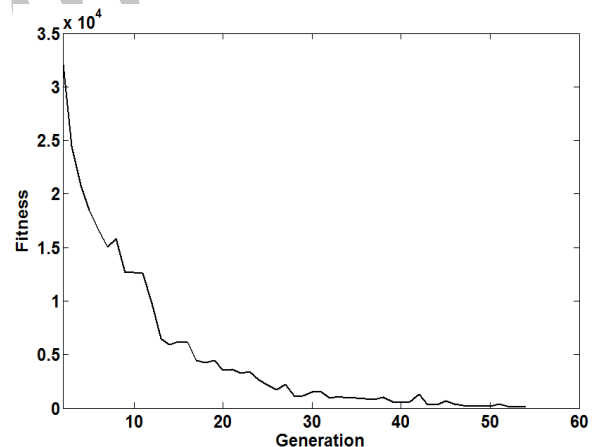
## ۵-۱- حالت اول

در این حالت، با توجه به این که  $W_1$  برابر صفر در نظر گرفته شده است، تنها تداخل در تابع هزینه دخالت دارد. بنابراین، تابع هزینه تعداد نقاطی است که نسبت سیگنال به تداخل در آنها کمتر از ده است.

همان طور که در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، پس از گذشت ۵۵ نسل، مقدار تابع هزینه برای بهترین کروموزوم و مقدار میانگین آن به ترتیب به صفر و ۱۳۵ رسیده است.

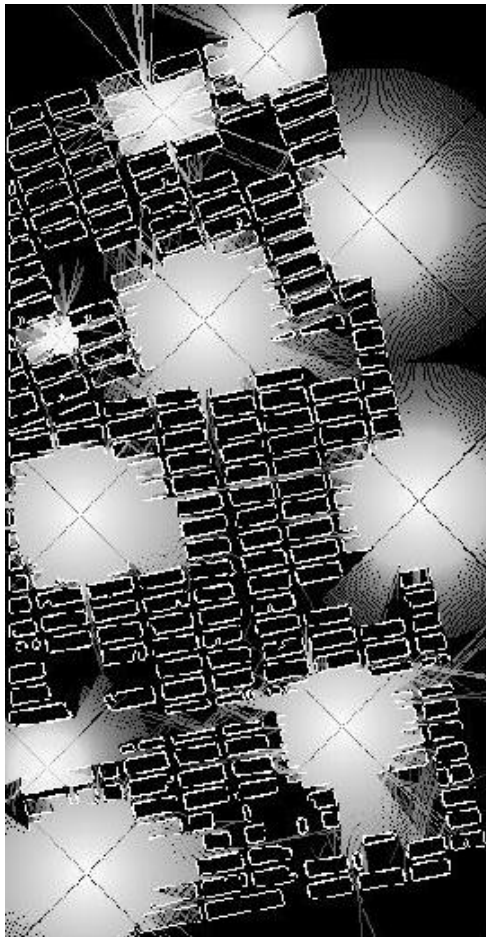


شکل ۳: کمینه‌ی تابع هزینه بر حسب تعداد نسل‌ها برای حالت وزن‌دهی اول



شکل ۴: میانگین تابع هزینه بر حسب تعداد نسل‌ها برای حالت وزن‌دهی اول

شکل ۵ نشان‌دهنده‌ی بهترین مکان قرارگیری ایستگاه‌های پایه، برای داشتن کمترین تداخل است. پارامترهای به دست آمده برای این حالت در جدول ۴ آمده است.



شکل ۸: مکان بهینه ایستگاه‌های پایه برای حالت دوم

با توجه به جدول ۷، ۷، ۳۴، ۸۴ درصد از کل منطقه پوشش داده شده است و ۰،۳۴ درصد از نقاط، نسبت سیگنال به تداخل کمتر از ده دسی‌بل دارند. در نتیجه، ۸۴ درصد از مناطق دارای پوشش مناسبی هستند.

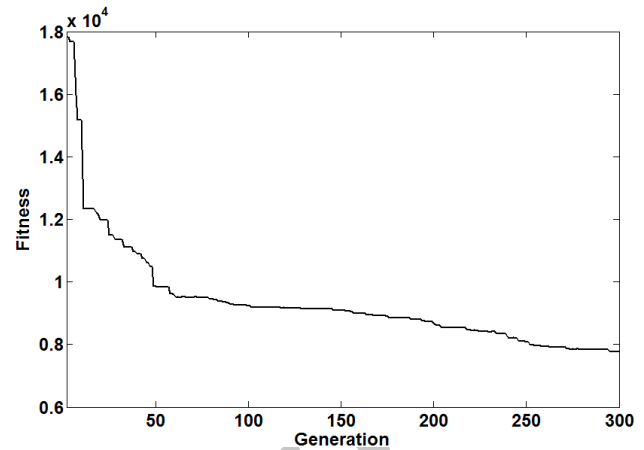
جدول ۷: نتایج طراحی برای حالت دوم

بهرترین برازندگی	درصد عدم پوشش	درصد تداخل	درصد پوشش مناسب
۷۷۵۶	۱۵،۶۶۰۲	۰،۳۳۹۸	۸۴

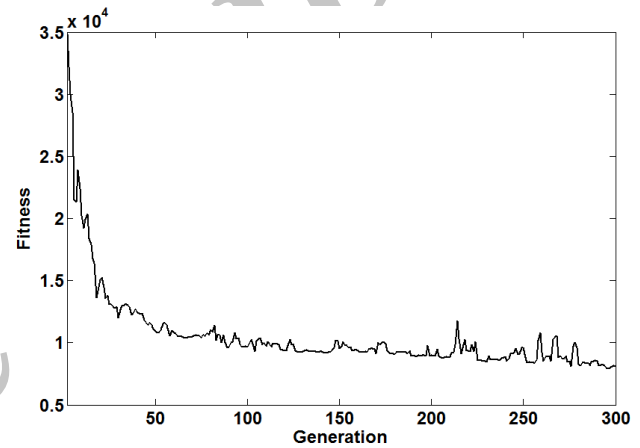
### ۵-۳- حالت سوم

در این حالت، به نقاط کور و تداخل وزن یکسان ۰/۵ اختصاص داده شده است. همان طور که در شکل‌های ۹ و ۱۰ مشاهده می‌شود، مقدار میانگین تابع هزینه و کم‌ترین مقدار آن در طول ۳۰۰ نسل کاهش یافته و به ترتیب به ۱۰۷۰۶ و ۱۰۳۵۰ رسیده است.

مشاهده می‌شود، مقدار میانگین تابع هزینه در طول ۳۰۰ نسل به ۸۱۱۶ کاهش یافته و کمترین مقدار آن نیز به ۷۷۵۶ رسیده است.



شکل ۶: کمینه‌ی تابع هزینه بر حسب تعداد نسل‌ها برای حالت دوم



شکل ۷: میانگین تابع هزینه بر حسب تعداد نسل‌ها برای حالت دوم

شکل ۸ مکان قرارگیری ایستگاه‌های پایه را نشان می‌دهد و در جدول ۶ پارامترهای به دست آمده برای این حالت آمده است.

جدول ۶: پارامترهای ایستگاه‌های پایه برای حالت دوم

شماره BS	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
X	۲۳۷	۲۸	۲۱۷	۱۲۹	۲۹	۵۰	۵۴	۱۶۹	۲۶۶	۱۰۳
Y	۱۳۸	۲۱۷	۴۶۴	۲۰۵	۴۹۰	۳۲۹	۵۵۸	۳۴	۳۲۰	۷۲
ارتفاع	۲۴	۵	۲۳	۲۷	۸	۳۶	۲۸	۱۵	۲۷	۱۰
توان	۴۳	۱۸	۵۰	۴۸	۲۴	۳۷	۱۴	۴۱	۳۵	۱۳
شیب	۶	۵	۰	۴	۴	۲	۰	۷	۷	۱

جدول ۸: پارامترهای ایستگاه‌های پایه برای حالت سوم

شماره BS	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
x	۱۸۵	۳۰۸	۸۰	۸۷	۱۴۸	۲۴۹	۱۳۱	۱۱	۲۲۰	۲۶۶
y	۲۹۷	۵۶۶	۳۶۸	۵۱۱	۷۲	۱۴۶	۲۲۷	۱۴۷	۴۴۵	۳۳۶
ارتفاع	۲۴	۲۵	۲۹	۲۸	۳۰	۲۹	۱۷	۲۱	۲۱	۱۶
توان	۱۱	۳۰	۱۸	۱۳	۱۰	۲۲	۴۳	۴۸	۲۴	۲۷
شیب	۷	۰	۵	۳	۷	۵	۴	۲	۵	۴

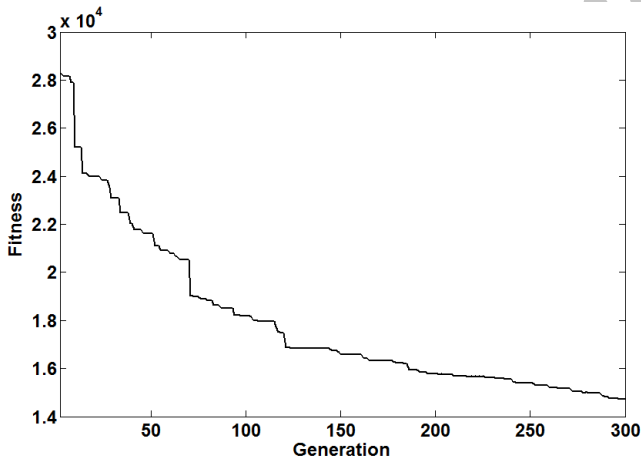
با توجه به جدول ۹، حدود ۹۰٫۶۵ درصد از کل منطقه پوشش داده شده است و ۱٫۷۷ درصد از کل نقاط، نسبت سیگنال به تداخل کمتر از ده دسی‌بل دارند. در نتیجه، ۸۸٫۸۷ درصد از مناطق دارای پوشش مناسبی هستند.

جدول ۹: نتایج طراحی برای حالت سوم

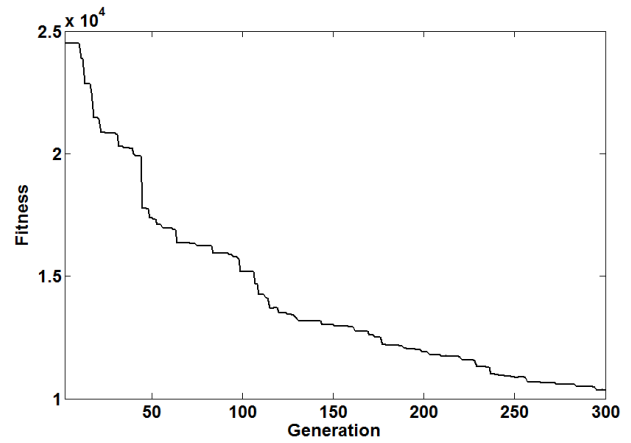
بهترین برازندگی	درصد عدم پوشش	درصد تداخل	درصد پوشش مناسب
۱۰٫۳۵۰	۹٫۳۵۴۳	۱٫۷۷۴۷	۸۸٫۸۷۱

#### ۵-۴- حالت چهارم

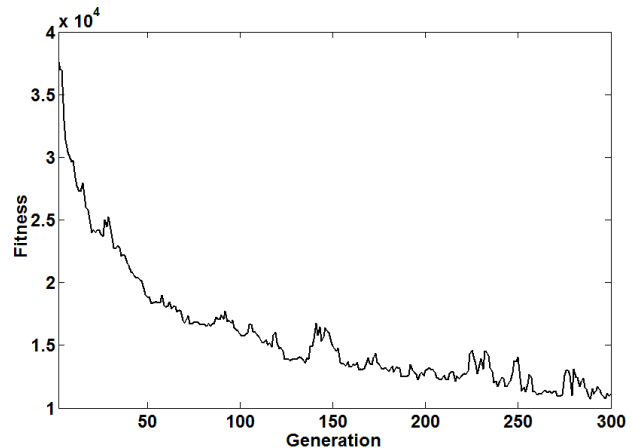
در این حالت، به نقاط کور وزن ۰٫۷۵ و به تداخل وزن ۰٫۲۵ اختصاص داده شده است. همان طور که در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ مشاهده می‌شود، میانگین و کمترین مقدار تابع هزینه در طول ۳۰۰ نسل کاهش یافته و به ترتیب به ۱۵۰۷۴ و ۱۴۷۲۸ رسیده است.



شکل ۱۲: کمینه تابع هزینه بر حسب تعداد نسل‌ها برای حالت چهارم

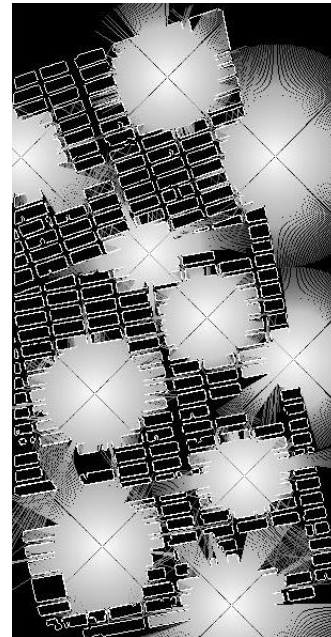


شکل ۹: کمینه تابع هزینه بر حسب تعداد نسل‌ها برای حالت سوم



شکل ۱۰: میانگین تابع هزینه بر حسب تعداد نسل‌ها برای حالت سوم

شکل ۱۱ مکان قرارگیری ایستگاه‌های پایه را برای داشتن کمترین مقدار تابع هزینه نشان می‌دهد.



شکل ۱۱: مکان بهینه ایستگاه‌های پایه برای حالت سوم

پارامترهای به دست آمده برای این حالت در جدول ۸ آمده است.

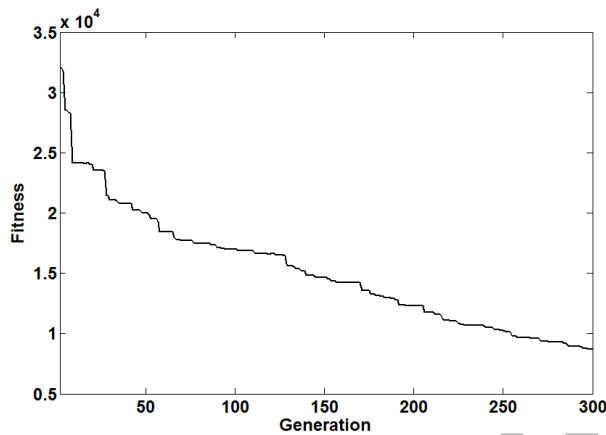
کمتر از ده دسی بل دارند و در نتیجه، ۸۵,۳۵ درصد از مناطق دارای پوشش مناسبی هستند.

جدول ۱۱: نتایج طراحی برای حالت چهارم

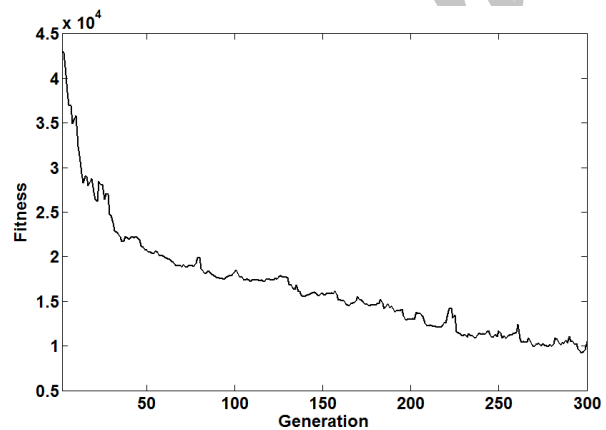
بهترین برازندگی	درصد عدم پوشش	درصد تداخل	درصد پوشش مناسب
۱۴۷۲۸	۸,۵۰۹۷	۶,۱۴۳۰	۸۵,۳۴۷۳

#### ۵-۵- حالت پنجم

در این حالت تنها نقاط کور مورد بررسی قرار می‌گیرند و وزن تداخل صفر در نظر گرفته شده است. همان طور که در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ مشاهده می‌شود، میانگین و کمترین مقدار تابع هزینه در طول ۳۰۰ نسل کاهش یافته و به ترتیب به ۹۱۹۵ و ۸۶۷۹ رسیده است.

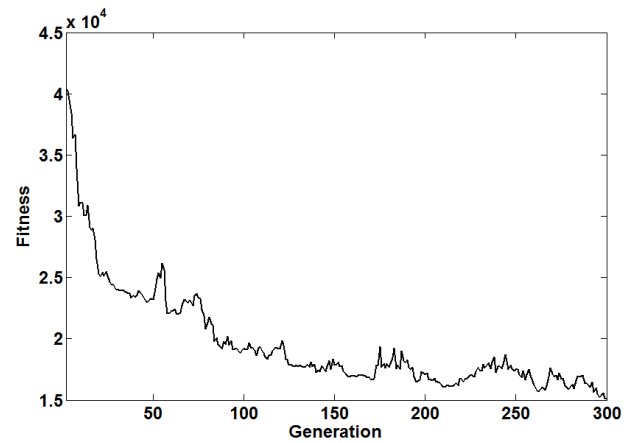


شکل ۱۵: کمینه تابع هزینه بر حسب تعداد نسل‌ها برای حالت پنجم



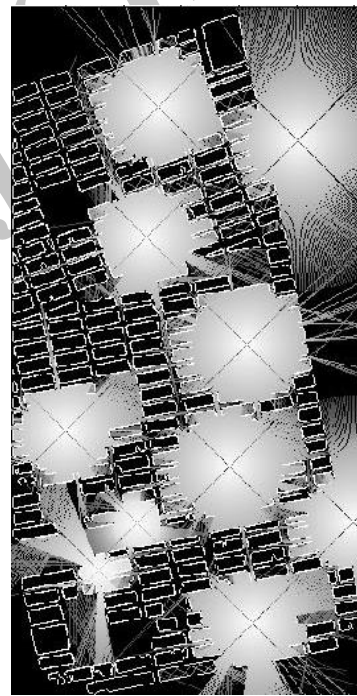
شکل ۱۶: میانگین تابع هزینه بر حسب تعداد نسل‌ها برای حالت پنجم

شکل ۱۷ مکان قرارگیری ایستگاه‌های پایه را برای داشتن کمترین مقدار تابع هزینه نشان می‌دهد. پارامترهای به دست آمده برای این حالت در جدول ۱۲ آمده است.



شکل ۱۳: میانگین تابع هزینه بر حسب تعداد نسل‌ها برای حالت چهارم

شکل ۱۴ نشان‌دهنده مکان قرارگیری ایستگاه‌های پایه، برای داشتن کمترین مقدار تابع هزینه می‌باشد. پارامترهای به دست آمده برای این حالت در جدول ۱۰ آمده است.



شکل ۱۴: مکان بهینه ایستگاه‌های پایه برای حالت چهارم

جدول ۱۰: پارامترهای ایستگاه‌های پایه برای حالت چهارم

شماره BS	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
x	۱۳۰	۲۰۷	۲۱۲	۱۲۰	۱۱۲	۲۵۱	۷۹	۲۹۹	۵۰	۱۹۲
y	۸۸	۲۹۴	۵۳۶	۲۰۱	۴۴۹	۱۱۷	۴۹۰	۴۴۸	۳۶۹	۴۰۰
ارتفاع	۲۸	۳۰	۲۳	۲۴	۱۲	۲۷	۷	۲۴	۲۳	۲۸
توان	۲۰	۲۴	۴۶	۴۹	۲۲	۲۸	۲۹	۲۸	۲۵	۱۰
شیب	۳	۰	۱	۲	۷	۳	۰	۴	۲	۵

با توجه به جدول ۱۱ حدود ۹۱,۴۹ از کل منطقه پوشش داده شده است و ۶,۱۴ درصد از کل نقاط، نسبت سیگنال به تداخل



افزایش می‌یابد و در حالتی که تنها پوشش را بهینه می‌کنیم، درصد پوشش به ۹۵،۵ می‌رسد ولی تداخل نیز به شدت افزایش پیدا می‌کند.

جدول ۱۴: مقایسه‌ی نتایج به‌ازای وزن‌دهی‌های متفاوت

درصد تداخل	درصد نقاط کور	W <sub>2</sub>	W <sub>1</sub>
۰	۲۶،۴۶	۱	۰
۰،۳۴	۱۵،۶۶	۰/۷۵	۰/۲۵
۱،۷۷	۹،۳۵	۰/۵	۰/۵
۶،۱۴	۸،۵۱	۰/۲۵	۰/۷۵
۳۷،۳۷	۴،۶۶	۰	۱

در شکل ۱۸، نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی با مرجع [۹] که در آن تنها مکان بهینه ایستگاه‌های پایه تعیین شده‌اند، مقایسه شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود در بهترین حالت نیز عملکرد روش پیشنهادی به میزان قابل توجهی (حدود شش درصد) بهتر از روش مرجع [۹] می‌باشد. لازم به ذکر است شرایط محیطی و محدوده شهری مورد بررسی برای دو روش یکسان در نظر گرفته شده است.



شکل ۱۷: مکان بهینه ایستگاه‌های پایه برای حالت پنجم

جدول ۱۲: پارامترهای ایستگاه‌های پایه برای حالت پنجم

شماره BS	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
X	۱۱۱	۱۶۲	۲۱۲	۸۹	۲۳۴	۹۷	۲۰۵	۱۳۸	۲۵۷	۱۵۷
Y	۳۶۳	۴۰۲	۵۴۵	۵۰۲	۲۷۳	۲۵۰	۱۲۷	۱۶۴	۴۵۲	۶۶
ارتفاع	۳۰	۱۹	۲۹	۳۰	۲۹	۲۳	۲۴	۲۹	۱۸	۱۷
توان	۴۳	۴۹	۲۶	۳۴	۴۸	۴۴	۲۹	۴۴	۴۹	۴۰
شیب	۰	۰	۲	۱	۰	۴	۰	۳	۳	۰

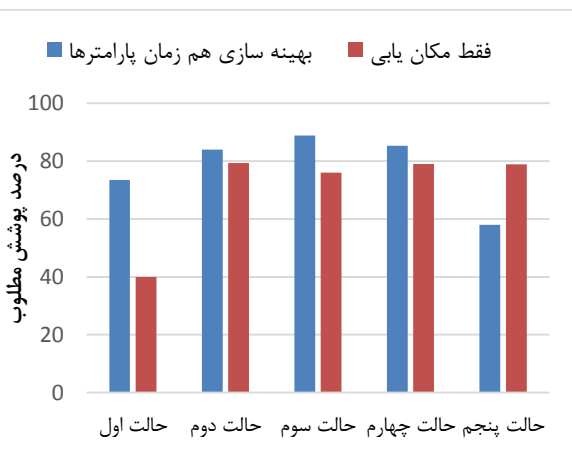
با توجه به جدول ۱۳ حدود ۹۵،۴ درصد از کل منطقه پوشش داده شده است و ۳۷،۳۷ درصد از کل نقاط، نسبت سیگنال به تداخل کمتر از ده دسی‌بل دارند، در نتیجه، ۵۷،۹۶ درصد از مناطق دارای پوشش مناسب هستند.

جدول ۱۳: نتایج طراحی برای حالت پنجم

بهترین برازندگی	درصد عدم پوشش	درصد تداخل	درصد پوشش مناسب
۸۶۷۹	۴،۶۶۶۱	۳۷،۳۷۰۴	۵۷،۹۶

#### ۵-۶- مقایسه حالت‌های مختلف

در جدول ۱۴، به مقایسه‌ی پوشش و تداخل پنج حالت می‌پردازیم. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، در حالتی که تنها تداخل را کمینه کرده‌ایم، پوشش مطلوب مناسبی وجود ندارد. با بالا بردن وزن نقاط کور و کم کردن وزن تداخل در تابع هزینه، درصد پوشش و همچنین درصد نقاطی که SIR نامناسب دارند



شکل ۱۸: مقایسه نتایج به دست آمده با روشی که فقط مکان بهینه آنتن‌های ایستگاه پایه تعیین شده است.

در [۷] نیز مقادیر بهینه پارامترهای مکان، توان، ارتفاع و شیب آنتن‌های ایستگاه‌های پایه با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه تعیین شده‌اند. در این پژوهش که از مدل‌های آماری و غیردقیق برای تعیین افت مسیر استفاده شده در بهترین حالت حدود نود درصد از محدوده مورد بررسی پوشش داده می‌شود، اما در مقابل بیش از پنجاه درصد محیط دارای تداخل است. لازم به ذکر است شرایط محیطی و شبیه‌سازی با مقادیر در نظر گرفته شده در این پژوهش کاملاً متفاوت است.

emergent synthesis IWES'99, pp. 317-324, 2000.

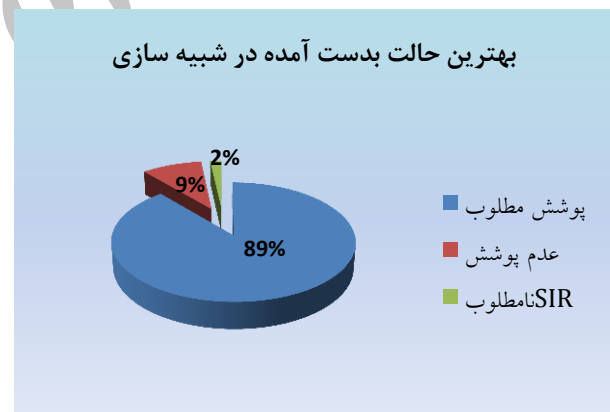
## ۶- نتیجه گیری

- [3] P. Calegari, F. Guidicci, P. Kuonen and F. Nielsen, "Combinatorial optimization algorithms for radio network planning," *Theoretical Computer Science (TCS)*, vol. 263, Issues 1-2, pp.235-245, 2001.
- [4] E. Alband and Chicano. F, "On the behavior of parallel genetic algorithms for optimal placement of antennae in telecommunications," *International Journal of Foundations of Computer Science*, Vol 16, no 2, pp. 343-359, 2005.
- [5] R. S. Rambally and A. Maharaj, "Cell Planning Using Genetic Algorithm and Tabu Search," *International Conference on the Application of Information and Web Tecnologic*, london, pp. 640-645, 2009.
- [6] J. Yung, M. E. Aydin and C. Maple, "UMTS base station location planning: a mathematical model and heuristic optimization algorithms," *IEI communication*, vol. 1, No. 5, pp. 1007-1014, 2007.
- [7] N. Lakshminarasimman, S. Baskar, A. Alphones, M. Willjuice Iruthayarajan, "Evolutionary multiobjective optimization of cellular base station locations using modified NSGA-II," *International Journal of Wireless Networks*, Vol. 17, No 3, pp. 597-609, 2011.
- [8] Chen-Shu Wang, Yi-Dung Chen "Base Station Deployment with Capacity and Coverage in WCDMA Systems Using Genetic Algorithm at Different Height," *Genetic and Evolutionary computing (ICGEC)*, pp. 546-549, 2012
- [۹] م. جعفری "جایابی ایستگاه های پایه و بهینه سازی آن با الگوریتم ژنتیک،" پایان نامه کارشناسی ارشد مخابرات، دپارتمان مهندسی برق، دانشگاه صنعتی سجاد، مشهد، ۱۳۹۱.
- [۱۰] ا. ا. اخلاقی، م. میر صالحی و ح. ضمیری، "طراحی شبیه ساز انتشار امواج رادیویی در محیط شهری،" دوازدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، مشهد، ۱۳۸۳
- [11] H. Zamiri, I. Ahadi-Akhlaghi, M. M. Mirsalehi and K. N. Plataniotis, "Mobile station positioning using radial basis function networks," *PIMRC2004. IEEE International Symposium*, vol. 4, pp. 2797-2800, 2004.
- [12] GSM Cell Planning Workshop, Ericsson Radio Systems.

در این مقاله، روشی برای یافتن مقادیر بهینه پارامترهای مکان، ارتفاع، توان و شیب آنتن ایستگاه‌های پایه ارائه شد. در روش پیشنهادی، هدف کاهش همزمان تداخل و افزایش پوشش شبکه با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه می‌باشد.

در این پژوهش، بر خلاف سایر پژوهش‌های ذکر شده در [۷ و ۸] برای محاسبه افت مسیر از مدل‌های آماری و غیر دقیق استفاده نشده است؛ بلکه با استفاده از نرم افزار شبیه‌سازی انتشار امواج *USPS*، توان دریافتی برای نقاط مختلف یک محدوده مشخص از منطقه آزادشهر مشهد که دانشگاه صنعتی سجاد در آن قرار دارد به طور دقیق محاسبه گردیده است.

بررسی کارآیی روش پیشنهادی در این محدوده بیانگر آن است که بیشترین پوشش مطلوب با اختصاص وزن ۰,۲۵ به تداخل و ۰,۷۵ به نقاط کور به دست می‌آید. نمودار شکل ۱۹ نحوه پوشش حاصل از شبیه‌سازی را در این حالت نشان می‌دهد و بیانگر این موضوع است که با استفاده از روش پیشنهادی، ضمن حذف تقریبی تداخل، می‌توان به پوشش بسیار خوبی نیز دست یافت.



شکل ۱۹: نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای بهترین حالت

## ۷- سپاسگزاری

نویسندگان وظیفه خود می‌دانند از راهنمایی‌های ارزشمند آقای مهندس پناهی در شرکت همراه اول و آقای مهندس شیخ نظامی در شرکت ایرانسل، قدردانی و تشکر نمایند.

## ۸- منابع

- [1] S. Watanabe, T. Hiroyasu and M. Mikiand, "Parallel evolutionary multi-criterion optimization for mobile telecommunication networks optimization", *EUROGEN2001*, Athens, Greece, pp.167-172, 2001.
- [2] H. Meunier, E.G. Talbi and P. Reininger, "A multiobjective genetic algorithm for radio network optimization," *Int. Workshop on*

## Optimum Cell planning for CDMA System by Using Genetic Algorithm

Mahdi Hashemi<sup>1</sup>, Elnaz Mohammadi<sup>2</sup> and Iman Ahadi Akhlaghi<sup>3\*</sup>

1- Department of Electrical Engineering, Sadjad University of Technology, Mashhad, Iran

2- Department of Electrical Engineering, Sadjad University of Technology, Mashhad, Iran.

3\*- Corresponding Author: Department of Electrical Engineering, Sadjad University of Technology, Mashhad, Iran.

<sup>1</sup> hashemi.2007@gmail.com, <sup>2</sup> elnazmohamadi2@gmail.com, <sup>3\*</sup> i\_a\_akhlaghi@sadjad.ac.ir

**Abstract-** Cell planning is a complex problem. In this project we take advantage of Genetic Algorithms to find the optimum location of a cellular network base station, and to optimally determine other parameters such as power, height and tilt of each base station antenna, as well. The main goal is to maximize the network coverage and simultaneously to minimize the downlink interference in the Azadshahr region of Mashhad. In order to study the performance of the proposed method in a realistic way, the Urban Signal Propagation Simulator computer software (USPS) is used. The results indicate that our method has a very good performance in real situations.

**Keywords-** Wireless communication, Cell planning, BS.positioning, Genetic Algorithm, Multi-object Optimization, USPS.