



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بخش مخابرات و الکترونیک

پایان نامه

بررسی تکنیک‌های مدیریت طیف فرکانسی و روش‌های بهینه‌سازی آنها در رادیو  
شناختی

**Investigation of the radio frequency spectrum management  
techniques and their optimization methods in cognitive radio**

در رشته‌ی

مهندسی برق - مخابرات سیستم

بوسیله‌ی

احمد قاسمی

اساتید راهنما

دکتر محمدعلی مسندی شیرازی    دکتر مهرزاد بیغش

اسفند ۱۳۹۰



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقديم به

خانواده‌ام

## اظہارنامہ

اینجانب احمد قاسمی (۸۸۰۶۶۰) دانشجوی رشته برق- مخابرات گرایش سیستم دانشکدهی برق و کامپیوتر اظہار می‌کنم کہ این پایان‌نامہ حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی کہ از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظہار می‌کنم کہ پایان‌نامہ و موضوع پایان‌نامہ‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم کہ بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامہی مالکیت فکری و معنوی متعلق بہ دانشگاه شیراز است.

احمد قاسمی

## سپاس‌گزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانم که از کلیه افرادی که به نحوی مرا در انجام این پایان‌نامه یاری رساندند تشکر و قدردانی نمایم. به خصوص اساتید گرامی، جناب آقای دکتر محمدعلی مسندی شیرازی و دکتر مهرزاد بیغش که همانند پدري دلسوز با کمک‌ها و راهنمایی‌های بیدریغ خود، مرا در انجام این پایان‌نامه همراهی کردند؛ و همچنین آقایان دکتر علیرضا فخارزاده جهرمی و دکتر علیرضا حدادکشاورز که راهنما و مشوق من بودند و از هیچ کمکی دریغ نفرمودند؛ و در نهایت تمامی دوستانی که در طول انجام این پایان‌نامه همراه و راهنمای من بوده‌اند.

این پایان‌نامه از طرح حمایت مرکز تحقیقات مخابرات ایران از اجرای پروژه‌های کارشناسی ارشد بر طبق قرارداد شماره بهره‌مند گردیده است.

## چکیده

بررسی تکنیک‌های مدیریت طیف فرکانسی و روش‌های بهینه‌سازی آنها

در رادیو شناختی

توسط

احمد قاسمی

یکی از اهداف سیستم‌های نسل جدید مخابراتی استفاده بهینه از طیف فرکانسی می‌باشد. از آن جایی که تعداد متقاضیان طیف فرکانسی رو به افزایش است، یکی از مسائلی که سیستم‌های مخابراتی با آن مواجه هستند، کمبود طیف فرکانسی می‌باشد. با توجه به این واقعیت، مسأله استفاده هرچه بهتر از طیف فرکانسی مورد بررسی قرار گرفته و ایده سیستم‌های رادیویی هوشمند<sup>۱</sup>، برای اولین بار در سال ۱۹۹۹ توسط جوزف میتولا مطرح شده است.

در این پایان‌نامه، به حل مسأله مدیریت و تخصیص دینامیک طیف در یک سیستم رادیویی هوشمند پرداخته شده است. برای انجام این کار، ابتدا روش‌های متداول مدیریت بررسی شده و سپس برای تخصیص حفره‌های طیفی در یک محدوده وسیع از باند فرکانسی، روش‌های متفاوتی برای بهبود عملکرد، از جمله استفاده از شبکه‌های عصبی، الگوریتم‌های تصادفی و تئوری بازی، ارائه شده است. و با استفاده از شبیه‌سازی کارایی این روش‌ها بررسی شده است. از شبکه‌های عصبی برای بهبود سرعت همگرایی تخصیص استفاده شده است، که با وجود بهبود سرعت همگرایی، دارای مقداری خطا می‌باشد. در حالیکه از الگوریتم‌های تصادفی استفاده کنیم، همراه با بهبود همگرایی خطا افزایش نمی‌یابد. کارایی این الگوریتم‌ها با الگوریتم‌های مشابه استفاده شده، مقایسه گردیده است. در نهایت از تئوری بازی برای افزایش انصاف بین کاربران بهره گرفته‌ایم. البته قبل از همه، تابع هدفی جدید با ترکیبی از توابع اهداف گذشته، هم پیشنهاد داده شده است که کارایی آن نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

---

<sup>۱</sup> Cognitive Radio

## فهرست مطالب

۱	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۶	۲-۱- مفهوم سیستم‌های رادیویی هوشمند
۷	فصل دوم: کارهای گذشته
۸	۱-۲- مقدمه
۹	۲-۲- تاریخچه‌ای از مدیریت طیف کشسان
۱۲	۳-۲- مدیریت طیف در رادیوهای هوشمند
۱۲	۱-۳-۲- حس کردن طیف
۱۳	۲-۳-۲- تصمیم‌گیری بر طیف مورد نظر
۱۳	۳-۳-۲- به اشتراک گذاشتن طیف
۱۳	۴-۳-۲- تحرک طیفی
۱۴	۴-۲- مسائل تصمیم‌گیری دسترسی طیفی یک کاربر بدون مجوز
۱۴	۱-۴-۲- مدل تصمیم
۱۴	۲-۴-۲- رقابت/همکاری در محیط چند کاربره
۱۴	۳-۴-۲- مدل‌های دستیابی دینامیک طیفی (یا مدل‌های مدیریت طیف) برای رادیوشناختی
۱۵	۱-۳-۴-۲- مدل استاتیک (بر اساس ساختار دستور و کنترل)
۱۵	۲-۳-۴-۲- مدل استفاده اختصاصی
۱۵	۳-۳-۴-۲- مدل استفاده مشترک
۱۵	۴-۳-۴-۲- مدل عام
۱۷	۴-۴-۲- مدیریت و دستیابی دینامیک طیفی بر اساس ساختار شبکه
۱۷	۱-۴-۴-۲- روش متمرکز
۱۷	۲-۴-۴-۲- روش توزیع شده
۱۸	۵-۲- چالش‌های دسترسی دینامیک طیف
۱۸	۱-۵-۲- پروتکل MAC برای دستیابی دینامیک طیف
۱۹	۲-۵-۲- دسترسی طیفی دینامیک متمرکز
۱۹	۳-۵-۲- دسترسی طیفی دینامیک توزیع شده
۱۹	۴-۵-۲- دسترسی طیفی دینامیک از دید اقتصادی
۲۰	۶-۲- تکنیک‌های بهینه‌سازی



۲۰	۲-۶-۱- تکنیک‌های کلاسیک ریاضی
۲۳	۲-۶-۲- تئوری بازی
۲۴	۲-۶-۱-۱- مدل‌های تئوری بازی
۲۵	۲-۶-۱-۱-۱- بازی‌های همکارانه
۲۵	۲-۶-۱-۲- بازی‌های غیرهمکارانه
۳۰	۲-۶-۳- الگوریتم‌های با هوش مصنوعی
۳۰	۲-۶-۱-۳- الگوریتم‌های تکاملی
۳۰	۲-۶-۱-۱- مقدمه
۳۳	۲-۶-۱-۳- ارزش و هزینه
۳۳	۲-۶-۱-۳- ویژگی‌های دیگری از الگوریتم‌های تکاملی
۳۶	۲-۶-۳- یادگیری ماشین
۳۶	۲-۶-۳-۱- یادگیری نظارت‌شده
۳۷	۲-۶-۳-۲- یادگیری نظارت‌نشده
۳۸	۲-۶-۳-۳- یادگیری تقویتی
۳۸	۲-۶-۳-۳- هوش جمعی
۳۹	۲-۶-۳-۳-۱- الگوریتم‌های مستقیم
۳۹	۲-۶-۳-۳-۲- الگوریتم‌های غیر مستقیم
۴۰	۲-۷-۷- کاربردهای تکنیک‌های بهینه‌سازی در رادیوشناختی
۴۰	۲-۷-۱- بر اساس ساختار شبکه
۴۰	۲-۷-۱-۱- دسترسی پویای طیف متمرکز
۴۴	۲-۷-۱-۲- دسترسی پویای طیف توزیع‌شده
۴۹	۲-۷-۲- بر اساس روش‌های بهینه‌سازی
۵۷	فصل سوم: دسترسی در سیستم‌های با طیف باز
۵۸	۳-۱- مقدمه
۶۰	۳-۲- سناریوی مثال
۶۵	فصل چهارم: مدل تخصیص و توابع کاربری
۶۶	۴-۱- مقدمه
۶۷	۴-۲- مدل تخصیص
۶۹	۴-۳- توابع کاربری
۷۴	فصل پنجم: الگوریتم زنبورها
۷۵	۵-۱- مقدمه

۷۶	۲-۵- الگوریتم مصنوعی زنبورها
۷۹	۳-۵- الگوریتم گروهی زنبورها
۸۵	فصل ششم: حل مسأله
۸۶	۱-۶- مقدمه
۸۶	۲-۶- الگوریتم‌های ابتکاری سازنده
۸۷	۳-۶- حل مسأله تخصیص کانال‌ها به وسیله الگوریتم‌های فرامکاشف‌ای بهبود دهنده
۸۸	۱-۳-۶- حل مسأله تخصیص کانال‌ها با منابع محدود به وسیله الگوریتم زنبورها
۸۹	۱-۱-۳-۶- تبدیل جواب‌های نشدنی به جواب‌های شدنی
۸۹	۲-۱-۳-۶- حل مسأله تخصیص کانال با استفاده از الگوریتم مصنوعی زنبورها
۹۱	۱-۲-۱-۳-۶- جستجوی محلی برای الگوریتم مصنوعی زنبورها
۹۲	۲-۲-۱-۳-۶- نحوه انتخاب زنبورهای کارگر به عنوان راهنما
۹۳	۳-۱-۳-۶- حل مسأله تخصیص کانال با استفاده از الگوریتم گروهی زنبورها
۹۴	۱-۳-۱-۳-۶- جستجوی محلی برای الگوریتم گروهی زنبورها
۹۸	۲-۳-۶- حل مسأله تخصیص کانال‌ها با منابع محدود به وسیله الگوریتم تحول تفاضلی
۱۰۰	۱-۲-۳-۶- تخصیص کانال با استفاده از الگوریتم تحول تفاضلی
۱۰۶	فصل هفتم: نتایج عددی الگوریتم‌ها
۱۰۷	۱-۷- پارامترهای اولیه الگوریتم
۱۰۸	۲-۷- نتایج
۱۱۱	۱-۲-۷- تغییر در پارامترها
۱۳۶	فصل هشتم: بهبود الگوریتم ژنتیک با استفاده از شبکه عصبی
۱۳۷	۱-۸- مقدمه
۱۳۷	۱-۱-۸- هوش مصنوعی
۱۳۹	۲-۱-۸- شبکه عصبی
۱۴۳	۳-۱-۸- گسترش شبکه عصبی
۱۴۴	۲-۸- شبکه عصبی
۱۴۴	۱-۲-۸- محاسبه عصبی
۱۵۰	۲-۲-۸- معرفی یادگیری و آموزش شبکه عصبی
۱۵۳	۳-۲-۸- کنترل کردن اجرای شبکه عصبی
۱۵۵	۴-۲-۸- شبکه‌های تابع پایه شعاعی (RBF)
۱۵۶	۵-۲-۸- مقدماتی از یادگیری پس از انتشار

۱۵۸	۳-۸- خلاصه‌ای از شبکه‌های مصنوعی استفاده شده
۱۵۹	۳-۸-۱- شبکه پرسپترون چندلایه (MLP)
۱۶۰	۴-۸- تخصیص طیف با کنترل تداخل بر پایه الگوریتم ژنتیک
۱۶۲	۵-۸- تخصیص طیف با کنترل تداخل بر پایه شبکه عصبی
۱۶۲	۵-۸-۱- مدل شبکه عصبی
۱۶۸	۶-۸- نتایج
۱۶۸	۶-۸-۱- مشخص نمودن پارامترها
۱۶۸	۶-۸-۲- نتایج
۱۷۲	فصل نهم: مدیریت تخصیص و طیف بر اساس تئوری بازی
۱۷۳	۹-۱- مقدمه
۱۷۴	۹-۲- مدل تئوری بازی
۱۷۴	۹-۳- مدل بازی
۱۷۶	۹-۴- نتایج
۱۸۲	فصل دهم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۸۳	۱۰-۱- نتیجه‌گیری
۱۸۴	۱۰-۲- پیشنهادات

## فهرست جداول

۱۸	جدول (۱-۲) مقایسه بین رهیافت‌های مختلف مدیریت و دسترسی طیف
۴۰	جدول (۲-۲) تعدادی از کارهای صورت گرفته‌ی مدیریت طیفی متمرکز
۴۴	جدول (۳-۲) برخی از کارهای صورت گرفته‌ی مدیریت طیفی توزیع‌شده
۵۱	جدول (۴-۲) تعدادی از کارهای صورت گرفته‌ی مدیریت طیفی بر اساس شیوه‌های بهینه‌سازی
۶۹	جدول (۱-۴) تعریف تابع کاربری و قید آن‌ها
۱۲۹	جدول (۱-۷) الگوریتم جستجوی گسترده برای محاسبه جواب بهینه
۱۳۱	جدول (۲-۷) مقایسه با مقدار بهینه برای الگوریتم‌های مختلف
۱۶۹	جدول (۱-۸) مقادیر مختلف لایه‌ها و نرون‌های لایه پنهان و خطای حاصله
۱۷۰	جدول (۲-۸) مقایسه نتایج حاصل از روش اول پیشنهادی با نتایج الگوریتم ژنتیک
۱۷۲	جدول (۳-۸) مقایسه نتایج حاصل از روش اول پیشنهادی با نتایج الگوریتم ژنتیک

## فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱) تخصیص باند فرکانسی بین ۳ تا ۶ گیگاهرتز توسط FCC ۲
- شکل (۲-۱) میزان متوسط استفاده از طیف در شش منطقه متفاوت ۳
- شکل (۳-۱) توزیع توان در فرکانس‌های مختلف طیفی ۴
- شکل (۴-۱) حفره‌های طیفی در باندهای فرکانسی و زمان‌ها و توان‌های مختلف ۵
- شکل (۱-۲) مثالی از چهارچوب تقسیم‌بندی کاربران ۹
- شکل (۲-۲) تاریخچه‌ای از سیستم‌های دست‌یابی دینامیک با پلت‌فرم به کار برده شده، با دید به آینده ۱۰
- شکل (۳-۲) نمایی از محیط همکارانه و بدون همکاری ۱۴
- شکل (۴-۲) مدل‌های مختلف دسترسی و مدیریت طیفی ۱۶
- شکل (۵-۲) مدل‌های مختلف بازی ۳۰
- شکل (۶-۲) طرحواره از یک الگوریتم تکاملی کلی ۳۱
- شکل (۷-۲) مثالی از هوش گروهی ۳۹
- شکل (۸-۲) تحرک نود رله ۴۶
- شکل (۹-۲) یک شبکه عصبی برای مدل کردن عملکرد دسترسی کانال بر پایه IEEE ۵۲  
802.11
- شکل (۱-۳) تغییر دسترسی طیفی با حضور کاربران اولیه، (الف) توپولوژی، (ب) دسترسی کانال A، (ج) دسترسی کانال B ۶۰
- شکل (۱-۴) مقایسه انصاف در چهار تابع کاربری ۷۰
- شکل (۱-۵) ساختار کلی الگوریتم ABC ۷۵
- شکل (۲-۵) حرکت زنبور I-m به سمت موقعیت جدید ۷۶
- شکل (۳-۵) جایگزینی موقعیت جدید در حافظه زنبور I-m ۷۶
- شکل (۴-۵) ساختار کلی الگوریتم BSO ۷۸
- شکل (۵-۵) شمای کلی حرکت زنبورها در الگوریتم BSO ۸۱
- شکل (۱-۶) دسته‌بندی الگوریتم‌های زمان‌بندی پروژه ۸۵
- شکل (۲-۶) فلوچارت الگوریتم ABC برای حل مسأله تخصیص کانال‌ها ۹۳
- شکل (۳-۶) جستجوی محلی برای زنبورهای کاوش‌گر ۹۵
- شکل (۴-۶) فلوچارت الگوریتم BSO برای حل مسأله تخصیص کانال‌ها ۹۶
- شکل (۱-۷) متوسط جایزه در هر نسل الگوریتم مصنوعی زنبورها ۱۰۵
- شکل (۲-۷) متوسط جایزه در هر نسل الگوریتم گروهی زنبورها ۱۰۶
- شکل (۳-۷) متوسط توابع کاربری نسبت به تعداد متفاوتی از اندازه کندو در الگوریتم مصنوعی زنبورها ۱۰۷
- شکل (۴-۷) متوسط توابع کاربری نسبت به تعداد متفاوتی از اندازه کندو در الگوریتم گروهی زنبورها ۱۰۷

- شکل (۵-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه عدل نسبی به ازای تعداد متفاوتی از کاربران اولیه ۱۰۸
- شکل (۶-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه کمترین جایزه به ازای تعداد متفاوتی از کاربران اولیه ۱۰۹
- شکل (۷-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز به ازای تعداد متفاوتی از کاربران اولیه ۱۰۹
- شکل (۸-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز با قید کمینه جایزه به ازای تعداد متفاوتی از کاربران اولیه ۱۱۰
- شکل (۹-۷) متوسط توابع کاربری نسبت به تعداد متفاوتی از کاربران اولیه ۱۱۰
- شکل (۱۰-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه عدل نسبی به ازای تعداد متفاوتی از کاربران ثانویه ۱۱۱
- شکل (۱۱-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه کمترین جایزه به ازای تعداد متفاوتی از کاربران ثانویه ۱۱۲
- شکل (۱۲-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز به ازای تعداد متفاوتی از کاربران ثانویه ۱۱۲
- شکل (۱۳-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز با قید کمینه جایزه به ازای تعداد متفاوتی از کاربران ثانویه ۱۱۳
- شکل (۱۴-۷) متوسط توابع کاربری نسبت به تعداد متفاوتی از کاربران ثانویه ۱۱۳
- شکل (۱۵-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه عدل نسبی به ازای تعداد متفاوتی از کانال‌ها ۱۱۴
- شکل (۱۶-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه کمترین جایزه به ازای تعداد متفاوتی از کانال‌ها ۱۱۴
- شکل (۱۷-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز به ازای تعداد متفاوتی از کانال‌ها ۱۱۵
- شکل (۱۸-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز با قید کمینه جایزه به ازای تعداد متفاوتی از کانال‌ها ۱۱۵
- شکل (۱۹-۷) متوسط توابع کاربری نسبت به تعداد متفاوتی از کانال‌ها ۱۱۶
- شکل (۲۰-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه عدل نسبی به ازای تعداد متفاوتی از  $P_{tmax}$  ۱۱۷
- شکل (۲۱-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه کمترین جایزه به ازای تعداد متفاوتی از  $P_{tmax}$  ۱۱۷
- شکل (۲۲-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز به ازای تعداد متفاوتی از  $P_{tmax}$  ۱۱۸
- شکل (۲۳-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز با قید کمینه جایزه به ازای تعداد متفاوتی از  $P_{tmax}$  ۱۱۸
- شکل (۲۴-۷) متوسط توابع کاربری نسبت به تعداد متفاوتی از  $P_{tmax}$  ۱۱۹
- شکل (۲۵-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه عدل نسبی به ازای تعداد متفاوتی از  $P_{tmax}$  ۱۲۰
- شکل (۲۶-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه کمترین جایزه به ازای تعداد متفاوتی از  $P_{tmax}$  ۱۲۰
- شکل (۲۷-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز به ازای تعداد متفاوتی از  $P_{tmax}$  ۱۲۱
- شکل (۲۸-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز با قید کمینه جایزه به ازای تعداد متفاوتی از  $P_{tmax}$  ۱۲۱
- شکل (۲۹-۷) متوسط توابع کاربری نسبت به تعداد متفاوتی از  $P_{tmax}$  ۱۲۲
- شکل (۳۰-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه عدل نسبی به ازای تعداد متفاوتی از  $P_{tmax} = P_{tmin}$  ۱۲۳

- ۱۲۳ شکل (۳۱-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه کمترین جایزه به ازای تعداد متفاوتی از  

$$P_{tmax} = P_{tmin}$$
- ۱۲۴ شکل (۳۲-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز به ازای تعداد متفاوتی از  

$$P_{tmax} = P_{tmin}$$
- ۱۲۴ شکل (۳۳-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز با قید کمینه جایزه به ازای تعداد  
متفاوتی از  

$$P_{tmax} = P_{tmin}$$
- ۱۲۵ شکل (۳۴-۷) متوسط توابع کاربری نسبت به تعداد متفاوتی از  

$$P_{tmax} = P_{tmin}$$
- ۱۲۶ شکل (۳۵-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه عدل نسبی به ازای تعداد متفاوتی از  $d_p$
- ۱۲۶ شکل (۳۶-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه کمترین جایزه به ازای تعداد متفاوتی از  $d_p$
- ۱۲۷ شکل (۳۷-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز به ازای تعداد متفاوتی از  $d_p$
- ۱۲۷ شکل (۳۸-۷) متوسط تابع کاربری بیشینه مجموع جوایز با قید کمینه جایزه به ازای تعداد  
متفاوتی از  $d_p$
- ۱۲۸ شکل (۳۹-۷) متوسط توابع کاربری نسبت به تعداد متفاوتی از  $d_p$
- ۱۲۹ شکل (۴۰-۷) تأثیر  $\alpha$  روی MSCMM
- ۱۴۳ شکل (۱-۸) نمونه شبکه عصبی آموزش دیده با ورودی
- ۱۴۵ شکل (۲-۸) همبستگی بین گره‌ها
- ۱۴۸ شکل (۳-۸) نرون یا گره در یک شبکه عصبی
- ۱۴۹ شکل (۴-۸) تابع S شکل
- ۱۵۰ شکل (۵-۸) تابع انتقالی تانژانت هیپربولیک
- ۱۵۲ شکل (۶-۸) مختصری از شرح گره
- ۱۵۲ شکل (۷-۸) شبکه عصبی با یک لایه پوشیده
- ۱۵۳ شکل (۸-۸) اختیارات اتصال در یک شبکه
- ۱۵۳ شکل (۹-۸) اتصالات تغذیه پیش‌خور و پس‌خور
- ۱۵۴ شکل (۱۰-۸) یک شبکه تغذیه پیش‌خور با سه لایه پوشیده واقعی
- ۱۵۹ شکل (۱۱-۸) تشریحی از تولید خوب و بد با یک شبکه عصبی آموزش‌یافته
- ۱۶۰ شکل (۱۲-۸) یک منحنی یادگیری واقعی برای یک شبکه عصبی خوب و سازمان‌یافته
- ۱۶۱ شکل (۱۳-۸) نحوه محاسبات در روش توزیع معکوس خطا
- ۱۶۶ شکل (۱۴-۸) ساختار یک نمونه کروموزوم
- ۱۶۷ شکل (۱۵-۸) نمونه‌ای از آموزش به روش مومنتوم
- ۱۶۸ شکل (۱۶-۸) نمونه‌ای از آموزش شبکه با تکنیک لونبرگ-مارکوات
- ۱۶۹ شکل (۱۷-۸) نمونه‌ای از شبکه همگرا شده
- ۱۷۴ شکل (۱۸-۸) خطاهای روش‌های پیشنهاد شده نسبت به الف) طول ورودی‌ها، ب) نمونه‌های  
استفاده‌شده برای آموزش
- ۱۷۴ شکل (۱۹-۸) خطاهای روش‌های پیشنهادی نسبت به تعداد نمونه‌ها

- ۱۷۵ شکل (۸-۲۰) تفاوت همگرایی شبکه عصبی و روش پیشنهادی اول بر اساس شبکه عصبی
- ۱۸۱ شکل (۹-۱) روند بازی پیشنهادی
- ۱۸۲ شکل (۹-۲) نتایج حاصل از رقابت پنج بازیکن
- ۱۸۲ شکل (۹-۳) نتایج حاصل از رقابت پنج بازیکن



<b>Abbreviation</b>	<b>Meaning</b>
ABC	Artificial Bee Colony
BSO	Bee Swarm Optimization
MSR	Max Sum Reward
MMR	Max Min Reward
MPF	Max Proportional Fair
MSCMM	Max Sum reward Constraint by Min Min reward
CSGC	Color Sensitive Graph Coloring
GA	Genetic Algorithm
QGA	Quantum Genetic Algorithm
PSO	Particle Swarm Optimization
TDMA	Time Division Multiple Access
FDMA	Frequency Division Multiple Access
CDMA	Code Division Multiple Access
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
FCC	Federal Communication Commission
CR	Cognitive Radio
SDR	Software Define Radio
QoS	Quality of Service
DSS	Dynamic Spectrum Access
PU	Primary User
SU	Secondary User
LBT	Listen Before Talk
CB	Civil Band
FCFS	First Come First Served
ISM	Industrial, Scientific and Medical
U-NII	Unlicensed-National Information Infrastructure
CT2	British Cordless Telephone second generation
CN	Cognitive Networks
OSA	Opportunistic Spectrum Access
DSA	Dynamic Spectrum Access
DSS	Dynamic Spectrum Selection
BNE	Bayesian Nash Equilibrium
ESS	Evolutionary Stable Strategy
EA	Evolutionary Algorithm
EP	Evolutionary Programming
ES	Evolutionary Strategy
DE	Differential Evolution
GP	Genetic Programming
BA	Bee Algorithm
ACO	Ant Colony Optimization
SNR	Signal to Noise ratio
BER	Bit Error Rate
NN	Neural Network
UWB	Ultra Wide Band

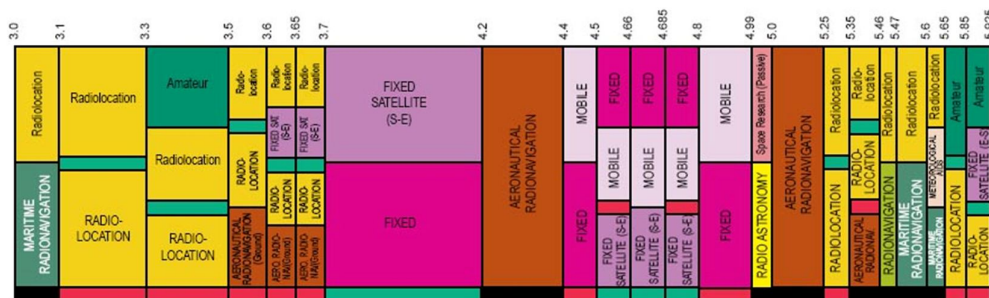
# فصل ۱

مقدمه

## ۱- مقدمه

### ۱-۱- مقدمه

اختصاص طیف توسط سازمان های جهانی مخابرات<sup>۱</sup> یا سازمان های کشوری متخصص در این امر صورت می گیرد. این مراجع وظیفه دارند محدوده طیف فرکانسی را، برای استفاده کاربران متقاضی تعیین کنند و برای کاربران مجوز صادر کنند. محدوده فرکانسی بین ۳ تا ۶ گیگا هرتز، که توسط سازمان جهانی مخابرات به کاربران متفاوت اختصاص داده شده است را نشان می دهد [۱].



تخصیص باند فرکانسی بین ۳ تا ۶ گیگاهرتز توسط FCC [۱]

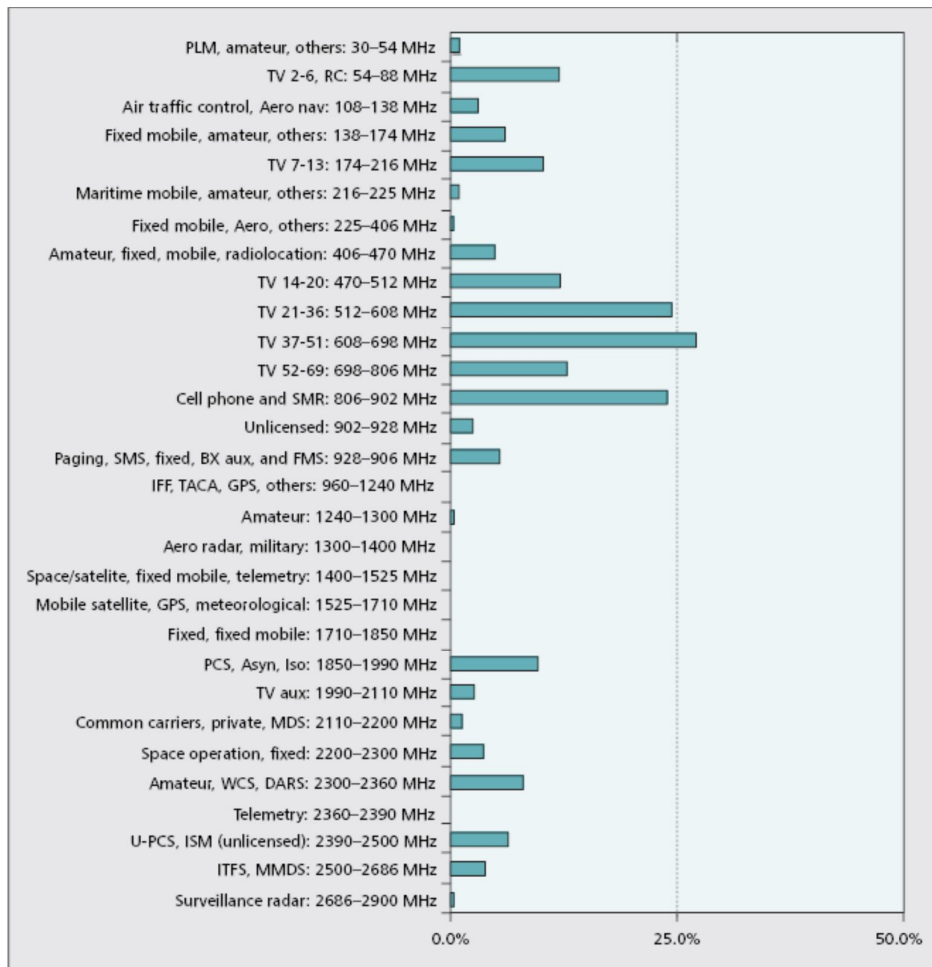
با افزایش تعداد استاندارد های سیستم های مخابراتی بی سیم، مقدار فرکانس های تخصیص داده نشده (بدون مجوز) کاهش پیدا کرده است. با این وجود هنوز هم قسمت های زیادی از باند های فرکانسی مجوز دار، در زمان خاص و موقعیتهای ویژه، بدون استفاده می ماند. به عبارت دیگر، حتی اگر یک محدوده خاص از فرکانس ها به یک کاربرد مشخص اختصاص داده شود، امکان دارد در یک زمان خاص و در یک موقعیت جغرافیایی ویژه آن را بدون استفاده یافت.

سازمان جهانی مخابرات میزان زمان استفاده از طیف مجوزدار را بین ۱۵ درصد تا ۸۵ درصد تخمین زده است [۲-۳]. علاوه بر این، اندازه گیری هایی که توسط گروهی از محققان در

<sup>۱</sup> Federal Communications Commission (FCC)

دانشگاه برکلی انجام شده است، نشان می دهد که تنها ۳۰ درصد طیف فرکانسی تخصیص یافته به کاربرد های مختلف به طور کامل در تمامی زمان ها مورد استفاده قرار می گیرد. این ایده با نگاهی به نمودار تخصیص فرکانس قوت می یابد.

• میزان درصد متوسط استفاده از طیف الکترومغناطیسی در شش منطقه متفاوت (در منطقه ای در فاصله ی ۱۸ کیلومتری شهر واشینگتون)، در محدوده فرکانسی ۳۰ MHz تا ۳ GHz را نشان می دهد [۵].



میزان متوسط استفاده از طیف در شش منطقه متفاوت [۵]

در • نیز میزان توان در فرکانس های مختلف در آزمایش های انجام شده در یک منطقه شهری نشان داده شده است.