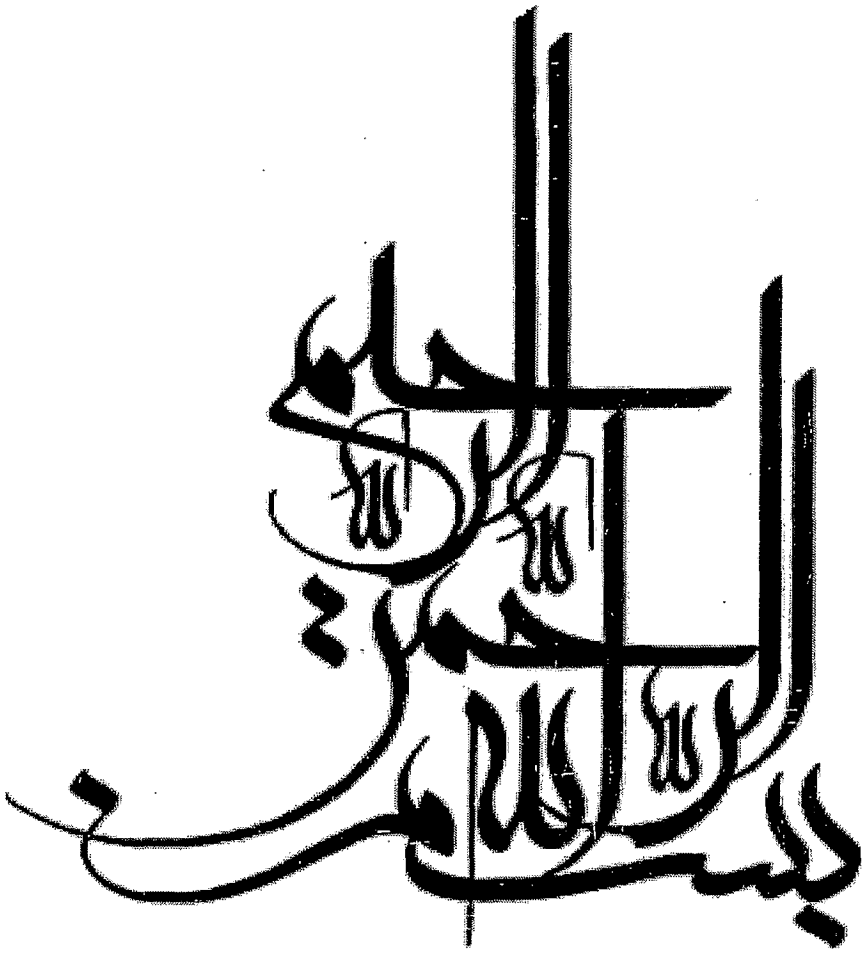


١٢٤٧٩٧

دانشگاه یزد

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی برق - مخابرات

آشکارسازی توزیعی حفره‌های طیفی در سیستم‌های رادیو شناختی

استاد راهنما: دکتر علی اکبر تدین تفت

استاد مشاور: دکتر مصطفی درختیان

پژوهش و نگارش: سمیه مصلح قهفرخی

۱۳۸۸/۷/۱

مرکز اطلاعات و مدارک علمی یزد

اسفندماه ۱۳۸۷

۱۲۶۷۹۷

به پاس تعبیر عظیم و انسانی‌شان از کلمه ایثار و از خودگذشتن،
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان، که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است
به پاس قلب‌های بزرگشان، که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می‌گراید
و به پاس محبت‌های بی‌دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند

این مجموعه را به **پدر**، **مادر** و **همسر** عزیزم تقدیم می کنم

تشکر و قدردانی:

حمد و سپاس خداوند بلند مرتبه را که همواره با قدرت بی‌پایان و لطف بیکرانش از بهترین و رضایت بخش‌ترین راه‌ها، در همه مراحل زندگی به یاریم می‌شتابد.

اینک که به یاری حق سبحانه و تعالیٰ توانسته‌ام منزلی دیگر از منازل تحصیل را سپری کنم و خوشه‌چین میوه‌هایی جانبخش از درخت دانش و معرفت باشم بر خویش وظیفه می‌دانم به پاس تلاش و لطف همیشگی استادان گرانقدر، از آنان قدردانی کنم.

از جناب آقای دکتر علی اکبر تدین تفت که راهنمایی ها و شکیبایی ایشان، مرا در به انجام رسانیدن این پایان‌نامه یاری رساند و علاوه بر مباحث علمی درس‌های فراوان دیگری از ایشان آموختم، بسیار سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر مصطفی درختیان که مشاوره این پایان‌نامه را بر عهده داشتند و با راهنمایی‌های ارزشمندشان، کمک شایانی در پیشبرد این پایان‌نامه داشتند، کمال تشکر و سپاس را دارم.

از جناب آقای دکتر محمدرضا عارف و جناب آقای دکتر قاسم میرجلیلی که زحمت داوری این پایان نامه را تقبل نمودند، صمیمانه سپاسگزارم.

در پایان از مرکز تحقیقات مخابرات ایران، که حمایت از این پروژه را بر عهده گرفتند متشکرم.

مدیریت تحصیلات تکمیلی	صورتجلسه دفاعیه پایان نامه دانشجوی دوره کارشناسی ارشد	شناسه: ب/ک/۳

جلسه دفاعیه پایان نامــه تحصیلی آقای/ خانم: سمیه مصلح دانشجوی کارشناسی ارشد

رشتــه/گرایش: برق- مخابرات

تحت عنوان: آشکار سازی توزیعی حفره های طیفی در سیستم های رادیو شناختی

و تعداد واحد: ۶ درتاریخ ۱۳۸۷/۱۲/۷ باحضور اعضای هیأت داوران (به شرح ذیل) تشکیل گردید.

پس از ارزیابی توسط هیأت داوران، پایان‌نامه با نمره: به عدد ۱۹/۸ به حروف نوزده و هشت

و درجه عالی مورد تصویب قرارگرفت.

عنوان	نام و نام خانوادگی	امضاء
استاد/ استادان راهنما:	دکتر علی اکبر تدین تفت	
استاد/ استادان مشاور:	دکتر مصطفی درختیان	
متخصص وصاحبنظرداخلی:	دکتر قاسم میرجلیلی	
متخصص و صاحبنظر خارجی:	دکتر محمد رضا عارف	

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه (ناظر)

نام ونام خانوادگی: محمد جواد صراف

امضاء

چکیده

یک جزء مهم در سیستم‌های رادیو شناختی، سنجش طیف است که وظیفه سنجش طیف و معرفی کانال‌های خالی قابل استفاده را بر عهده دارد. هدف اصلی در یک سیستم رادیو شناختی استفاده بهینه از طیف فرکانسی است به گونه‌ای که تداخل ایجاد شده برای کاربر اولیه حداقل شود. این هدف را می‌توان با استفاده از یک گیرنده محقق نمود، منتها در شرایطی که کانال دچار پدیده فیدینگ یا اثر سایه می‌گردد عملکرد این آشکارسازی به شدت افت می‌کند. برای غلبه بر این مشکل، استفاده از آشکارسازهای مشارکتی پیشنهاد شده است. در روش آشکارسازی مشارکتی از یک سیستم آشکارسازی توزیعی استفاده می‌شود و بدین وسیله قادریم سیگنال کاربران اولیه را، حتی در شرایطی که کانال دچار پدیده فیدینگ یا اثر سایه شده است، بصورت دقیق آشکارسازی کنیم. یکی از مباحث مهم در یک سیستم آشکارسازی توزیعی، مبحث ادغام اطلاعات می‌باشد.

در این پایان‌نامه، برای آشکارسازی دقیق سیگنال کاربران اولیه، یک سیستم آشکارسازی توزیعی با N گیرنده و یک مرکز ادغام نیمن - پیرسون را در نظر می‌گیریم و فرض می‌کنیم قوانین تصمیم‌گیری در گیرنده‌های محلی از قبل معلوم بوده و تصمیم‌گیری در هر گیرنده مستقل از گیرنده دیگر است. در چنین سیستمی، تصمیم‌گیری نهایی بر اساس ادغام مناسب تصمیمات رسیده از گیرنده‌های محلی صورت می‌پذیرد. برای ادغام بهینه اطلاعات بر اساس معیار نیمن - پیرسون لازم است تا P_d و P_{fa} در هر گیرنده را بدانیم. لذا هر گیرنده علاوه بر نتیجه تصمیم‌گیری خود، اطلاعات دیگری مانند P_d و P_{fa} را نیز به مرکز ادغام ارسال می‌دارد.

با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های نظری ثابت می‌شود قواعد ادغام رایجی مانند AND، OR و Majority حالت‌های خاصی از قاعده ادغام نیمن - پیرسون هستند. از طرف دیگر ، با استفاده از قاعده ادغام نیمن - پیرسون ارائه شده در این پایان‌نامه، بالاترین باند آشکارسازی توزیعی به ازای مقادیر مختلف P_{fa} بدست می‌آید. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهند که استفاده از قاعده ادغام نیمن - پیرسون ارائه شده، عملکرد سیستم را به شدت بهبود می‌بخشد.

واژه‌های کلیدی :آشکارسازی توزیعی، سیستم‌های رادیو شناختی، ادغام اطلاعات، معیار نیمن - پیرسون

فهرست مندرجات

۱ مقدمه **۱**

۱-۱ شبکه‌های آشکارسازی ۱

۱-۲ آشکارسازی توزیعی در مقابل آشکارسازی متمرکز ۵

۱-۳ ساختار پایان‌نامه ۶

۲ آشکارسازهای توزیعی **۹**

۲-۱ مقدمه ۹

۲-۲ مروری بر نظریه آشکارسازی ۱۰

۲-۳ آشکارسازی بهینه ۱۱

۲-۴ آشکارسازی توزیعی ۱۳

۲-۵ ادغام تصمیمات دودویی ۱۴

۲-۶ مروری بر کارهای قبلی ۱۶

۲-۷ نتیجه‌گیری ۲۴

۳ آشکارساز نیمن - پیرسون در حالت ۲ تایی **۲۵**

۳-۱ مقدمه ۲۵

۳-۲ ساختار بهینه شبکه‌های آشکارسازی ۲۶

۳-۲-۱ ساختار بهینه گیرنده‌های محلی ۲۷

۳-۲-۲ ساختار بهینه مرکز ادغام ۳۱

۳-۳ بررسی معیار نیمن پیرسون در مرکز ادغام برای حالت $N = ۲$ ۳۳

۳-۳-۱ حالت اول $GR_1 < GR_2$ ۳۶
۳-۳-۲ حالت دوم $GR_1 > GR_2$ ۴۲
۳-۳-۳ حالت خاص $GR_1 = GR_2$ ۴۶
۳-۴ نتایج شبیه سازی ۵۰
۳-۵ نتیجه گیری ۵۷

۴ آشکارساز نیمن - پیرسون در حالت N تایی **۵۸**
۴-۱ مقدمه ۵۸
۴-۲ بررسی معیار نیمن پیرسون در مرکز ادغام برای حالت $N = ۳$ ۵۹
۴-۲-۱ حالت اول: $GR_3 < GR_2 < GR_1 < GR_2GR_3$ ۶۱
۴-۳ نتایج شبیه سازی در حالت $N = ۳$ و $N = ۵$ ۶۷
۴-۴ آشکارساز نیمن - پیرسون در حالت N تایی ۶۹
۴-۵ نتیجه گیری ۶۹

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادها **۸۱**

مراجع **۸۵**

لیست اشکال

(۱-۱) شبکه آشکارسازی موازی [۵] ۴

(۱-۲) شبکه آشکارسازی زنجیره‌ای [۵] ۴

(۱-۳) نمونه‌ای از شبکه آشکارسازی درختی [۵] ۴

(۲-۱) ساختار مرکز ادغام بهینه [۹] ۲۰

(۳-۱) تابع $P(L(\mathbf{u}) > \eta \mid \mathcal{H}_.)$ ۳۸

(۳-۲) منحنی ROC مرکز ادغام در حالت $GR_1 < GR_2$ ۴۱

(۳-۳) تابع $P(L(\mathbf{u}) > \eta \mid \mathcal{H}_.)$ ۴۳

(۳-۴) منحنی ROC مرکز ادغام در حالت $GR_1 > GR_2$ ۴۶

(۳-۵) تابع $P(L(\mathbf{u}) > \eta \mid \mathcal{H}_.)$ ۴۸

(۳-۶) منحنی ROC مرکز ادغام در حالت $GR_1 = GR_2$ ۵۰

(۳-۷) منحنی ROC مرکز ادغام برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۵۳

(۳-۸) منحنی ROC مرکز ادغام برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۵۳

(۳-۹) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۵۴

(۳-۱۰) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۵۴

(۳-۱۱) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۵۵

(۳-۱۲) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۵۵
(۳-۱۳) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۵۶
(۳-۱۴) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۵۶
(۴-۱) تابع $P(L(\mathbf{u}) > \eta \mid \mathcal{H}_0)$ ۶۳
(۴-۲) منحنی ROC مرکز ادغام در حالت $GR_3 < GR_2 < GR_1 < GR_2GR_3$ ۶۷
(۴-۳) منحنی ROC برای سیستمی شامل $N = 4$، $N = 6$، $N = 8$ و $N = 10$ ۶۹
(۴-۴) منحنی ROC مرکز ادغام برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۷۰
(۴-۵) منحنی ROC مرکز ادغام برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۷۰
(۴-۶) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۷۱
(۴-۷) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۷۲
(۴-۸) منحنی ROC مرکز ادغام برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۷۳
(۴-۹) منحنی ROC مرکز ادغام برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۷۳
(۴-۱۰) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۷۴
(۴-۱۱) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۷۵
(۴-۱۲)منحنی ROC مرکز ادغام برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۷۶

(۴-۱۳) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۷۷
(۴-۱۴) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۷۸
(۴-۱۵) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۷۹
(۴-۱۶)منحنی ROC مرکز ادغام برای مسأله آشکارسازی سیگنال MPSK ۷۹
(۴-۱۷)منحنی ROC مرکز ادغام برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۸۰
(۴-۱۸) منحنی تابع قدرت مرکز ادغام، برای مسأله آشکارسازی سیگنال معلوم ۸۰

لیست جداول

(۲-۱) قواعد ممکن برای ادغام دو تصمیم دودویی ۱۵

(۳-۱) محدوده‌های متفاوت η و مقایسه آن با مقادیر $L(\mathrm{u})$ در حالت $N = ۲$ ۳۷

(۳-۲) محدوده تغییرات α و محاسبه قاعده تصمیم‌گیری ۳۹

(۳-۳) محاسبه P_d در بازه‌های متفاوت ۴۰

(۳-۴) محدوده‌های متفاوت η و مقایسه آن با مقادیر $L(\mathrm{u})$ در حالت $N = ۲$ ۴۲

(۳-۵) محدوده تغییرات α و محاسبه قاعده تصمیم‌گیری ۴۴

(۳-۶) محاسبه P_d در بازه‌های متفاوت ۴۵

(۳-۷) محدوده‌های متفاوت η و مقایسه آن با مقادیر $L(\mathrm{u})$ در حالت $N = ۲$ ۴۷

(۳-۸) محدوده تغییرات α و محاسبه قاعده تصمیم‌گیری ۴۸

(۳-۹) محاسبه P_d در بازه‌های متفاوت ۴۹

(۴-۱) حالت‌های متفاوتی که یک سیستم آشکارسازی با سه گیرنده می‌تواند اتخاذ کند ۶۱

(۴-۲) محدوده‌های متفاوتη و مقایسه آن با مقادیر $L(\mathrm{u})$ در حالت $N = ۳$ ۶۲

(۴-۳) محدوده تغییرات α و محاسبه قاعده تصمیم‌گیری و احتمال آشکارسازی در هر بازه ۶۴

(۴-۴) محدوده تغییرات α و محاسبه قاعده تصمیم‌گیری و احتمال آشکارسازی در هر بازه ۶۵

(۴-۵) محدوده تغییرات α و محاسبه قاعده تصمیم‌گیری و احتمال
آشکارسازی در هر بازه ۶۶

فصل ۱

مقدمه

۱-۱ شبکه‌های آشکارسازی

سالیان متمادی است که در گیرنده‌های مخابراتی و بویژه در سیستم‌های مراقبت[1]، مثل رادار و سونار[2] ، از روش‌های مختلف چندگانگی[3] برای بهبود کیفیت آشکارسازی استفاده می‌شود بطوریکه در رادارهای امروزی استفاده از روش چندگانگی زمانی (ارسال و دریافت قطاری از پالس‌ها) امری کاملا مرسوم است [۱]. یکی دیگر از روش‌های موثر برای بهبود کارایی[4] و افزایش قابلیت اطمینان[5] سیستم، استفاده از شیوه چندگانگی مکانی است. در این روش بجای یک گیرنده از چندین گیرنده متصل به هم که در ناحیه مورد نظر پخش شده‌اند، استفاده می‌شود. در این سیستم اگر چه گیرنده‌ها هر کدام بطور مستقل عمل می‌کنند ولی به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند تا کارایی کل سیستم بهتر شود. نحوه اتصال گیرنده‌ها به یکدیگر، بسته به کاربرد متفاوت است. ممکن است خروجی برخی از گیرنده‌ها به ورودی گیرنده‌های دیگر متصل باشد و یا ممکن است خروجی همه گیرنده‌ها به یک پردازنده مرکزی (مرکز ادغام[6]) متصل باشد. در هر صورت در این سیستم، یکی از گیرنده‌ها و یا در برخی از موارد یک پردازنده مرکزی مسئول تصمیم‌گیری نهایی در مورد وجود و یا عدم وجود سیگنال هدف

[1] Survillance systems
[2] Sonar
[3] Diversity
[4] Performance
[5] Reliability
[6] Fusion Center

می‌باشد.

اصولا یک سیستم آشکارسازی را که متشکل از دو یا چند گیرنده بوده و این گیرنده‌ها توسط کانال‌های ارتباطی به نحوی با یکدیگر مرتبط باشند، شبکه آشکارسازی[1] می‌نامند[۲]. به عبارت دیگر، یک شبکه آشکارسازی مشتمل بر تعدادی گیرنده با موقعیت‌های جغرافیایی متفاوت است که به نحوی توسط کانال‌های ارتباطی به یکدیگر و در برخی از موارد به یک مرکز ادغام متصل شده‌اند. در اینجا، گیرنده مفهومی عام است و می‌تواند هر نوع حسگری [2] باشد.

از امتیازات شبکه‌های آشکارسازی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود[۳]. لازم به ذکر است که اهمیت هر یک از امتیازات ذکر شده بستگی به نوع شبکه و نحوه اتصال گیرنده‌ها به یکدیگر دارد:

۱. افزایش قابلیت اطمینان: در صورت از کار افتادن یک یا چند گیرنده، شبکه قادر است با بهره‌گیری از سایر گیرنده‌ها به کار خود ادامه دهد.

۲. افزایش قابلیت انعطاف[3]: با تغییر آرایش گیرنده‌ها و نحوه اتصالشان به یکدیگر می‌توان شبکه‌هایی با قابلیت‌های مختلف را بدست آورد.

۳. افزایش سرعت آشکار سازی: در برخی از شبکه‌ها به دلیل ارسال همزمان تعدادی مشاهده به یک پردازنده مرکزی، سرعت آشکارسازی افزایش می‌یابد.

۴. مقاوم شدن[4] سیستم در مقابل محوشدگی[5] هدف: اگر هدف، به دلیل قرار گرفتن در یک موقعیت خاص، از دید یک یا چند گیرنده قابل رؤیت نباشد، سایر گیرنده‌ها قادر به دیدن هدف خواهند بود.

۵. امکان استفاده از گیرنده‌هایی با قابلیت‌های متفاوت: با استفاده از شبکه‌ای متشکل از گیرنده‌هایی با قابلیت‌های مختلف می‌توان سیستمی کارا بدست آورد. به عنوان مثال در یک شبکه راداری می‌توان با تلفیق تعدادی گیرنده الکترومغناطیسی با فرکانس‌های

[1] Detection Network
[2] Sensor
[3] Flexibility
[4] Robustness
[5] Fading

کاری مختلف و تعدادی گیرنده مادون قرمز، احتمال آشکارسازی اهداف را بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد.

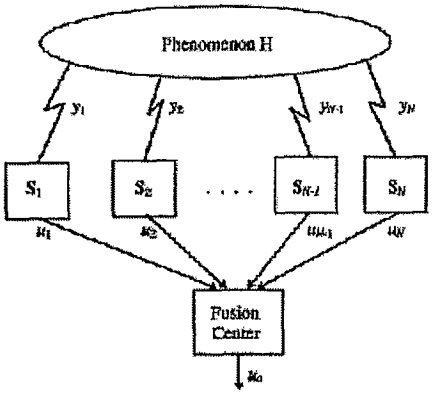
۶. امکان استفاده بهتر از امکانات و تجهیزات موجود: به عنوان مثال در یک منطقه نظامی می‌توان با شبکه کردن رادارهای موجود، احتمال خطا در آشکارسازی اهداف را کاهش داده و تصمیمات دقیق‌تری گرفت.

یکی از مسایل مهم در طراحی شبکه‌های آشکارسازی، انتخاب آرایشی[1] مناسب برای پیوستن گیرنده‌ها به یکدیگر است. در متداول‌ترین آرایش که شبکه آشکارسازی موازی[2] نام دارد، گیرنده‌ها بطور موازی به یک پردازنده مرکزی (مرکز ادغام) متصل می‌شوند (۱-۱). در این شبکه خروجی تمام گیرنده‌های محلی از طریق کانال‌های رابط به مرکز ادغام ارسال می‌شود، جایی که با ادغام مناسب داده‌های رسیده، در مورد وجود و یا عدم وجود هدف تصمیم نهایی گرفته می‌شود. در صورت تایید وجود هدف $u_o = ۱$ و در غیر اینصورت $u_o = ۰$ است. در یک شبکه موازی، حالت ایده‌آل آن است که گیرنده‌ها مشاهدات خود را بطور همزمان به مرکز ادغام ارسال و در آنجا بر اساس روش‌های معمول، آشکارسازی انجام گیرد. روش دیگر اتصال گیرنده‌ها به یکدیگر، آرایش زنجیره‌ای[3] است(۱-۲). در این روش گیرنده‌ها به صورت زنجیره‌ای به یکدیگر متصل می‌شوند بطوریکه هر گیرنده با توجه به مشاهده خود و خروجی گیرنده قبلی‌اش، یک خروجی تولید و آن را به گیرنده بعدی می‌فرستد. این کار از دومین گیرنده شروع شده و ادامه می‌یابد تا اینکه آخرین گیرنده تصمیم نهایی را می‌گیرد[۴]. این شبکه به دلیل ایجاد تاخیر زیاد در تصمیم‌گیری نهایی و همچنین افت شدید کارایی در هنگام قطع اتصالات ما بین گیرنده‌ها، کمتر مورد توجه قرار گرفته است[۵]. آرایش‌های دیگری نیز توسط برخی از مؤلفین مورد بررسی قرار گرفته که از آن جمله‌اند:

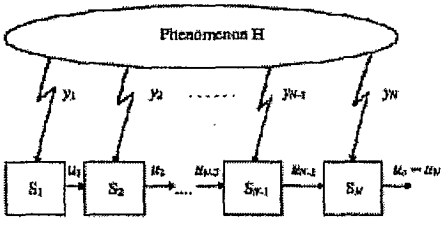
۱. شبکه درختی[4]: در این شبکه، هر گیرنده در گره یک درخت دودویی[5] قرار دارد و گیرنده واقع در ریشه درخت مسئول تصمیم‌گیری نهایی است[۶]. بعنوان مثال شکل (۱-۳) را ببینید.

---

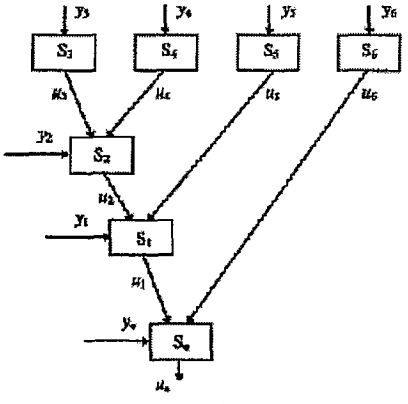
[1] Topology
[2] Parallel Network
[3] Serial Network
[4] Tree Network
[5] Binary Tree



شکل (۱-۱): **شبکه آشکارسازی موازی** [۵]



شکل (۱-۲): **شبکه آشکارسازی زنجیره‌ای** [۵]



شکل (۱-۳): **نمونه‌ای از شبکه آشکارسازی درختی** [۵]

۲. شبکه نیمه موازی[1]: این شبکه مشابه شبکه موازی است با این تفاوت که مرکز ادغام خود یک گیرنده است.

۳. شبکه موازی با پسخوراند[2] : در این شبکه که دارای ساختاری مشابه با شبکه موازی است، تصمیم نهایی به تمام گیرنده‌ها پسخور می‌شود و هر گیرنده، خروجی خود

[1]Semi – parallel
[2]Feedback

را با توجه به مشاهده فعلی و تصمیم نهایی قبلی (که پسخور شده است)، بهنگام می‌کند[۷، ۸].

در ادامه، به بررسی شبکه آشکارسازی توزیعی موازی پرداخته و مزیت و کاستی‌های آن را نسبت به شبکه آشکارسازیِ متمرکز مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۲-۱ آشکارسازی توزیعی در مقابل آشکارسازی متمرکز

در این بخش، نحوه عملکرد یک شبکه آشکارسازی موازی مورد بحث قرار می‌گیرد. در این شبکه هر گیرنده با توجه به مشاهده دریافتی‌اش، یک خروجی تولید و آن را به مرکز ادغام ارسال می‌کند. حالت ایده‌آل وقتی است که مشاهدات دریافتی توسط گیرنده‌ها مستقیما به مرکز ادغام ارسال شده و در آنجا با توجه به مشاهدات دریافتی، آشکارسازی به شیوه سنتی[1] انجام شود. به این شیوه ادغام مشاهدات، آشکارسازی متمرکز[2] گویند[۹]. در واقع، آشکارسازی سنتی به حالتی اطلاق می‌شود که در آن یک پردازنده مرکزی با دریافت کلیه مشاهدات، عمل آشکارسازی را بصورت متمرکز انجام دهد. آشکارسازی متمرکز به حالتی اطلاق می‌شود که در آن گیرنده‌ها فقط وظیفه جمع‌آوری و ارسال مشاهدات را بر عهده دارند و قسمت عمده عملیات آشکارسازی در مرکز ادغام صورت می‌گیرد. در این روش برای ارسال مشاهدات، نیاز به کانال‌هایی با پهنای باند خیلی زیاد داریم که در خیلی از موارد عملی، در دسترس نبوده و یا مقرون به صرفه نیست. علاوه بر این، مسأله خطای کانال‌های رابط و در بعضی از کاربردها، مسأله امنیت اطلاعات ارسالی می‌توانند مشکل‌ساز باشند[۱۰]. برای غلبه بر این مشکلات، از دهه نود میلادی بحث آشکارسازی توزیعی[3] به عنوان یکی از مباحث مهم تحقیقاتی مطرح شد. در این روش هر گیرنده با انجام برخی از پردازش‌های اولیه روی مشاهده دریافتی، حاصل را که معمولا فشرده‌ای از مشاهدات دریافتی است به مرکز ادغام ارسال می‌کند، در نتیجه مرکز ادغام فقط به اطلاعات جزئی رسیده از گیرنده‌ها دسترسی دارد و قطعا در مقایسه با روش آشکارسازی متمرکز، قدری افت کارایی خواهیم داشت [۱۱]. بهرحال اتلاف کارایی را می‌توان با پردازش بهینه در گیرنده‌های محلی و مرکز

[1] Classic Detection
[2] Centralized Detection
[3] Distributed Detection

ادغام به حداقل رساند. معمولا میزان پردازش اولیه در گیرنده‌ها بسته به کاربرد و امکانات موجود متفاوت است. واضح است که هرچه میزان اطلاعات رسیده از گیرنده‌ها بیشتر باشد، افت کارایی کمتر خواهد بود و این به قیمت افزایش پهنای باند مورد نیاز و کم شدن سرعت تصمیم‌گیری در مرکز ادغام است. در یک حالت حدی که به دلیل سادگی بیشتر مورد توجه محققان قرار گرفته است[۳]، هر گیرنده همچون یک آشکارساز محلی عمل کرده و بر اساس مشاهده دریافتی خود، در مورد وجود و یا عدم وجود هدف تصمیم‌گیری و نتیجه را که یک بیت است ارسال می‌کند. از دیدگاه تئوری اطلاعات، این بدان معنی است که هر مشاهده پس از انجام پردازش‌های اولیه به یک بیت تبدیل می‌شود. بنظر می‌رسد که محدود کردن خروجی گیرنده‌ها به یک بیت چندان معقول نباشد زیرا باعث افت شدید کارایی می‌گردد [۱۲]. در حالیکه ممکن است کانال‌های رابط قادر باشند اطلاعات بیشتری را حمل کنند. از این جهت مسأله آشکارسازی توزیعی چند بیتی[1] مطرح می‌شود که در این روش هر گیرنده بازای هر مشاهده تعدادی بیت داده ارسال می‌کند[۱۳]. به عبارت دیگر، هر گیرنده همانند یک چندی‌کننده[2] عمل می‌کند. تعداد بیت‌های ارسالی بازای هر مشاهده، بستگی به ظرفیت کانال‌های رابط دارد. در این پایان‌نامه، فرض می‌کنیم که هر آشکارساز علاوه بر ارسال نتیجه تصمیم‌گیری خود به مرکز ادغام، پارامترهای دیگری از قبیل احتمال آشکارسازی و احتمال هشدار غلط خود را نیز به مرکز ادغام ارسال می‌کند.

۱-۳ ساختار پایان‌نامه

در این پایان‌نامه، روش آشکارسازی توزیعی و کاربرد آن در شبکه‌های آشکارسازی موازی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. هدف، بررسی اصولی شبکه‌های آشکارسازی موازی به همراه مرکز ادغام و ارائه یک نظام فرمولی منسجم برای آن است. فرضی که در این پایان‌نامه در نظر گرفته می‌شود، استقلال شرطی مشاهدات گیرنده‌ها تحت هر دو فرضیه وجود و عدم وجود هدف می‌باشد. این فرض در اکثر شبکه‌های آشکارسازی، از جمله شبکه‌های آشکارسازی راداری، کاملا پذیرفتنی است [۱۵، ۱۴]. در واقع احتمال آنکه فرآیندهای نویزی مشاهده شده توسط گیرنده‌های متفاوت در موقعیت‌های مکانی متفاوت و زوایای دید متفاوت را که قطعا

[1] Multi – Bit Distributed Detection
[2] Quantize

در زمان‌های متفاوتی دریافت شده، وابسته باشند، قابل توجه نیست [۱۶]. اگر چه در برخی از موارد خاص باید در صحت وجود چنین فرضی شک کرد ولی بدلیل سادگی در طراحی، این فرض بعنوان فرض اصلی پذیرفته می‌شود[۱۷]. از طرف دیگر بدلیل اهمیت تثبیت نرخ هشدار غلط در آشکارسازی سیگنال کاربران اولیه در سیستم‌های رادیوی شناختی، در این پایان‌نامه معیار نیمن - پیرسون[1] بعنوان معیار بهینگی انتخاب می‌گردد.

و اما ساختار موضوعاتی که در بخش‌های مختلف این پایان‌نامه مورد بحث قرار می‌گیرند، به قرار زیر است:

در فصل دوم، مفاهیم اساسی در زمینه آشکارسازی سنتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور ابتدا کلیاتی در مورد نظریه آشکارسازی سیگنال در نویز مطرح شده و مهم‌ترین معیارهای بهینگی معرفی می‌شوند. سپس مسأله آشکارسازی توزیعی و ادغام تصمیمات دودویی در یک شبکه آشکارسازی توزیعی موازی مطرح می‌گردد و در نهایت مروری بر کارهای انجام شده در این زمینه تا کنون خواهیم داشت.

در فصل سوم، مسأله آشکارسازی توزیعی بهینه با تاکید بر تثبیت نرخ هشدار غلط مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از روش بهینه‌سازی ضرائب لاگرانژ، ساختاربهینه گیرنده‌های محلی و مرکز ادغام در یک شبکه آشکارسازی موازی بدست می‌آید. خواهیم دید که با فرض استقلال شرطی مشاهدات گیرنده‌ها، آزمون بهینه در هر یک از گیرنده‌های محلی و مرکز ادغام، آزمون نسبت درست‌نمایی است. با مشخص شدن ساختار بهینه گیرنده‌های محلی و مرکز ادغام، مسأله طراحی بهینه یک شبکه آشکارسازی به مسأله یافتن سطوح آستانه بهینه در گیرنده‌های محلی و مرکز ادغام تبدیل می‌شود. سپس، به بررسی مسأله مورد نظر در این پایان‌نامه، آشکارسازی سیگنال کاملا معلوم در نویز سفید گوسی، پرداخته و ساختار بهینه گیرنده‌های محلی را بدست می‌آوریم. مشاهده می‌گردد که گیرنده بهینه در این حالت یک فیلتر منطبق است. استفاده از تابع توزیع گوسی برای نویز، بدلیل سادگی و انطباق خوب با نتایج تجربی و تحلیل‌های نظری است. از طرف دیگر، شکل نسبتا مناسب تابع چگالی احتمال این توزیع علاوه بر سادگی تحلیل و طراحی باعث می‌شود تا آشکارساز بهینه در چنین نویزی دارای آزمونی ساده‌تر از نویزهای غیرگوسی باشد [۱۸]. در ادامه با فرض آنکه گیرنده‌های محلی از قبل بصورت بهینه طراحی شده‌اند، به بررسی قاعده ادغام نیمن - پیرسون در مرکز

[1] Neyman-Pearson