پردازش داده های رادار

Radar Data Processing

مهندس محمدرضا معزی
عضوهیأت علمی دانشگاه امام‌حسین علیه السلام ***دانشکده‌افسری***

چکیده :
پردازش اطلاعات به معنی حذف اطلاعات ناخواسته و تقویت اطلاعات مورد نظر و استخراج داده های جدید از آنها می باشد . در این مقاله مروری بر « پردازش داده های رادار » یعنی حذف سیگنالهای بازگشتی از عوامل ناخواسته مثل کوه و ابر و شناسایی داده های اهداف و ردیابی آنها انجام می گردد.

واژه های کلیدی :
رادار ـ پردازش داده ها ـ ردیابی ـ RDP –TWS

مقدمه

در سالهای اخیر توجّه فراوانی به مسأله مطالعه و به کار گیری پردازش اتوماتیک داده ها در سیستمهای رادار صورت گرفته است . دلیل این امر ، نیاز مبرم سیستمهای مراقبت مدرن به داده های بسیار دقیق در کنترل ترافیک هوایی و کاربردهای دفاعی می باشد.

موقعیت ، سرعت ،مانور و احتمالاً هویت هر هدف مورد نظر می تواند به وسیله پردازش داده های رادار [1](RDP) با دقت و قابلیت اعتماد بیشتری نسبت به اطلاعات خام فراهم گردد. پردازش داده های رادار هم در حسگرهای با آنتن چرخان [2]و هم در آرایه های فازی [3]به کار می رود . در سیستم تک راداری ، پردازش اطلاعات ، به وسیلهٔ یک کامپیوتر که بین استخراج گر داده ها و نمایشگر واقع شده انجام می گردد و در شبکه های راداری می تواند در مرکز اصلی متمرکز شده و یا بین سایتهای راداری مختلف توزیع گردد.

- *معرفی پردازش* داده های *رادار*

پردازش داده های رادار می تواند به عنوان مجموعه الگوریتمهایی تعریف شود که با به کار گیری آنها امکان انجام اعمال زیر فراهم گردد: (Farina ,1985.12-15)

1-Radar Data Processing
2- Mechanical Scan
3- Phased Array
4-Scan

۱. شناسایی علائم مربوط به یک هدف در مرورهای [۴]متوالی .
۲. ردیابی یا تخمین پارامترهای سینماتیک هدف(موقعیت ، سرعت ، شتاب)
۳. تفکیک اهداف متفاوت و ایجاد ردیابی های جداگانه برای هریک .
۴. تفکیک علائم غلط از علائم صحیح مربوط به اهداف.
۵. تنظیم وفقی آستانه پردازشگر سیگنال به منظور افزایش یا کاهش حساسیت رادار در جهات خاص .
۶. برنامه ریزی روال رد یابی با یک دقت ثابت در یک رادار آرایه فازی برای تعقیب اهداف مانور دهنده .
۷. دسته بندی مؤثر اطلاعات به دست آمده از رادارهای مختلف در یک شبکه برای حصول تصویر بهتری از تعقیب اهداف مانور دهنده .

در بین موارد فوق ،چهار مورد اول مهمترین اعمال پردازش داده های راداری می باشد که می توان آنها را در یک جمله « تعقیب همزمان چند هدف »[۱] (MTT) (Blackman, 1984,pp.4-15) خلاصه کرد. اصول اساسی MTT برای نخستین بار توسط «آقای وکس» در سال ۱۹۵۵ شناسایی و به کار گرفته شد. او مشاهده کرد که بین مسائل تعقیب در رادار و مسئله فیزیک هسته ای تشابهی وجود دارد و آن لزوم تعیین مسیر واقعی یک ذره در میان نویز است . او سه مرحلهٔ زیر را مشترکاً برای همه مسائل تعقیب چند هدف فرض کرد :

شکل دهی ردیابی اولیه (تولد) استمرار ردیابی (حیات) و خاتمه ردیابی (مرگ).

1- Multiple Target Tracking

کار اساسی بعدی در این زمینه در سال ۱۹۶۴ با انتشار مقاله « سیتلر » و به کار گرفته شدن فرمول« بیز » در زمینه همکاری های پیشین انجام گرفت . روش وی تا دهه ۷۰ بیشتر مطرح نبود . مقالات« بارشالوم »و« سینگر» در سالهای ۷۴-۷۱ توسعه ای در تکنیکهای مدرن MTT با ترکیب تئوری فیلتر کالمن (Farina ,1985,PP.36-41) و همبستگی پیش آورد که تا کنون نیز مورد استفاده فراوانی داشته است .

- *تبیین سیستمهای راداری*

در سالهای قبل از جنگ جهانی دوم رادار وسیله بسیار سادهای جهت آشکار سازی و تشخیص هواپیما بود ولی امروزه به کمک رشد و پیشرفت تکنولوژی دیجیتال و استفاده روز افزون از کامپیوتر ، رادار به وسیله بسیار مفید و قابل انعطافی تبدیل شده است که با استفاده از روشهای وفقی و کنترلهای اتوماتیک و کامپیوتری قادر به ارائه تصویر مناسبی از محیط اطراف خود است . این رشد مرهون لزوم وجود تواناییهای مختلف و کارآیی گسترده در رادارهای نظامی و غیر نظامی است .

کاربردهای نظامی به قدری متنوع ومتغیر است که هریک سیستم رادار جداگانه ای را می طلبد. مثلاً یک سیستم دفاع هوایی و کنترل آتش نیاز به جستجوی حجم زیادی از فضا دارد تا هدفهای با سرعت کم و زیاد راکه در محدوده وسیعی از ارتفاع نیز می گنجد آشکار سازی و تعقیب کند تا در صورت لزوم علیه اهداف هوایی و سطحی کنترل آتش نماید. ضمن اینکه لازم است امکان مدیریت ناوبری و تهیه اطلاعات مقدماتی از وضع دشمن را نیز فراهم کنند . امور هوانوردی کشوری نیز مستلزم شمول کنترل ترافیک هوایی ،اجتناب از تصادف ، هواشناسی و مدیریت ناوبری می باشد.

در کاربردهای وسیع ذکر شده برای رادارهای نظامی و غیر نظامی ، رادار در محیطی کار می کند که گاهی با مخربهایی نظیر کلاتر[1] (اکوهای بازگشتی از عوامل ناخواسته مثل کوه و ابر)، اختلالهای عمومی و تداخل با دیگر فرکانسهای رادیویی مواجه است.

علی رغم پیچیدگی رادارها طبقه بندی آنها بر اساس اعمال اولیه شان مفید است :

الف) رادار مراقب

این رادار در جستجوی اهداف (مثل هواپیماو کشتی) در یک قطاع معین از فضا است و می تواند برد ، زاویه سمت ، زاویه ارتفاع، سرعت شعاعی و در صورت امکان شکل ، بعد و نوع هدف را تعیین کند .

ب) رادار رد یاب

این رادار پارامترهای هدف را با دقت بهتری نسبت به رادار مراقب تخمین می زند و سلولهای تفکیک[1] (R.C) آن کوچکترند.این رادار بیم مدادیآنتن خودرا تنها در ناحیه ای از فضا جهت می دهد که هدف وجود داشته باشد تا به طور پیوسته آن را تعقیب نماید.

ج) رادار با جاروب الکترونیکی

این رادار می تواند هم جستجو و هم ردیابی را در یک زمان به صورت دو رادار مجزا که هر کدام برای یکی از مقاصد مذکور بهینه شده است انجام دهد . توانایی رادار در ایجاد پرتوهای با اشکال گوناگون در هر جهت دلخواه باعث می

1- Clutter
1- Resoloution Cell

شود جستجو ، تعقیب چند هدفی،انتقال داده‌ها،تعیین مسیرموشک وکارهای مختلف دیگر به طور همزمان تحقق یابند .

د) رادار مراقب ثانوی

این سیستم از روش پرسش و پاسخ برای جستجو و تعیین هویت اهداف استفاده می کند . سیستم شامل یک گیرنده پرسشگر زمینی ، یک آنتن ، یک فرستنده ترانس پوندر[۲]در هواپیما ، یک نمایشگر است . پرسشگر پالسهای کد شده ای که باعث تحریک ترانس پوندر می شود تولید و به طور اتوماتیک هویت و ارتفاع هدف را دریافت می کند . اطلاعات دیگر مربوط به برد و سمت از طریق گیرنده زمینی دیگری مثل رادار ردیاب از طریق پردازش پاسخها بدست می آید.

ردیابی اهداف می تواند توسط یک رادار مراقب نیز صورت گیرد . این کار با تحلیل مختصات هدف که در دوره های متوالی آنتن اندازه گیری می شود انجام می گیرد . کیفیت این ردیابی به زمان بین مشاهده ها، صحت محل مشاهده و تعداد اهداف ناخواسته حوالی هدف مورد تعقیب وابسته می باشد . این رادار TWS[۱] نامیده می شود.

قدیمی ترین روش ردیابی ،علامت گذاری محل هدف در هر دوره آنتن روی صفحه رادار توسط یک اپراتور می باشد که قطعاً با دقت بسیار کمی همراه است ؛ خصوصاً اینکه اگر هدف بیش از یکی بوده و یا چندین ساعت ردیابی ادامه یابد . امروزه با دستیابی به تکنولوژی پردازش دیجیتال داده ها و روش ADT[۲] آشکار سازی هدف و ردیابی به طور اتوماتیک انجام می گردد. مرحله اول ADT شامل

2- Transponder
1- Track While Scan
2- Automatic Detection and Tracking

پردازش سیگنال به مفهوم پردازش روی اطلاعات خام رادار و جمع بندی آنها برای اعلام اهداف بوده و مرحله دوم آن که پردازش اطلاعات نامیده می شود جهت حذف اهداف غلط و تعقیب همزمان اهداف مورد نظر بر اساس مشخصه حرکتیشان به کار گرفته می شود.خوشبختانه اکثر اهداف مهم مثل هواپیما ، موشک ، کشتی و وسایل نقلیه ، مشخصات حرکتی یکتایی دارند و می توان آنها را از یکدیگر تمیز داد.

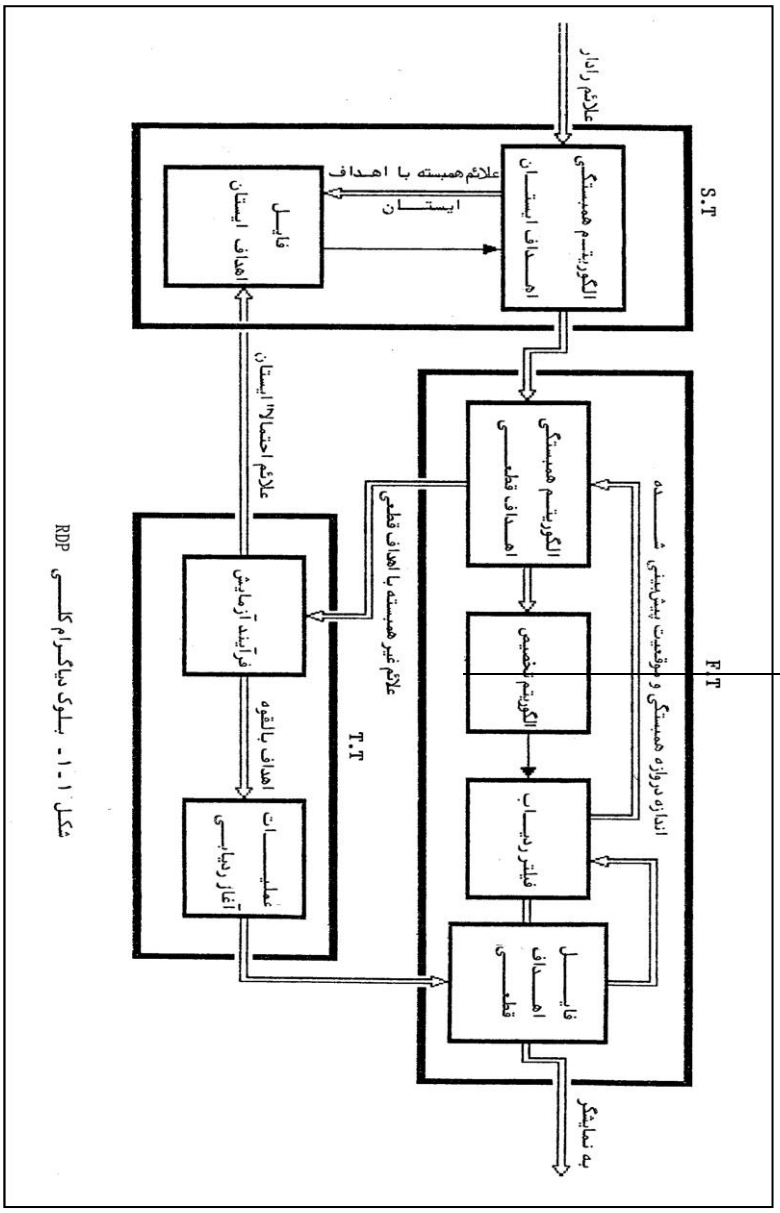
- **بلوک دیاگرام پردازش** داده های **رادار**

بلوک دیاگرام کلی واحد پردازشگر رادار شامل سه بلوک اصلی F.T , S.T, T.T است که به ترتیب مربوط به ردیابی های قطعی [1]، ایستان[2] ، آزمایشی[3] می باشند (شکل ۱) (معزی ،۱۳۷۱،ص ۶) ورودی این واحد ، دنباله داده هایی است که از استخراج گر داده ها ارسال می شود و شامل انواع مختلف داده هاست .

بلوک S.T وظیفه جدا کردن داده های مربوط به کلاتر را به عهده دارد . این بلوک مانند یک غربال عمل کرده و به کمک فایل اهداف ایستا (که می توان به آن نقشه کلاتر[4] نیز گفت) داده های همبسته با اهداف ساکن موجود را تشخیص داده و در نو کردن نقشه کلاتر به کار می گیرد . داده های باقیمانده که شامل نقاط مربوط به اهداف مورد ردیابی قبلی ،اهداف جدید ، علائم غلط و کلاتر جدید می باشد به بلوک F.Tوارد می شوند. این بلوک نیز مشابه بلوک

1- Firm Track
2- Stationary Track
3- Tentative Track
4- Clutter Map
5- False alarm

قبلی عمل کرده و داده های همبسته با اهـداف مـورد رد یـابی موجـود را جـدا کرده و در عملیات ردیابی یعنی فیلتر کردن و پیش بینـی بـه کـار مـی گیـرد . مابقی داده ها به بلوک .T.T وارد می شوند . این داده ها ممکن است مربـوط بـه اهداف جدید ، کلاتر جدید و یا علائم غلط باشند که با انجام آزمـایش روی ایـن داده ها علائم غلط[5] حذف شده و اهداف بالقوه از آنها جدا می گردند . این نقـاط تحت عملیات آغاز رد یابی قرار گرفته و به فایل ردیابی های قطعی تحویـل داده می‌شوند تا به عنوان اهـداف جدیـد مـورد ردیـابی قـرار گیرنـد. نقـاطی کـه در چنددور متوالی آنتن دیده‌شده لکن حرکت چندانی نـداردمـی‌تواننـد بـه عنـوان کلاتر جدید تلقی‌گشـته وبـه فایـل اهـداف ایسـتان منتقـل گردنـدتـادر نقشـه کلاترسهیم شوند.



شکل ۱-۱- بلوک دیاگرام کلی RDP

فرآیند تأیید ردیابی برای اهداف بالقوه شامل پیش بینی کردن موقعیت هدف در دوره بعدی آنتن و سپس آزمایش همبستگی در ناحیه اطراف موقعیت پیش بینی شده برای هدف مورد نظر می باشد . هرگاه هدف دو یا سه بار در چهار یا پنج دور متوالی آنتن در ناحیه همبستگی قرار گرفت ، وجود هدف تأیید شده و نقاط متناظر از فایل ردیابی های بالقوه به فایل ردیابی های قطعی منتقل می گردند .

علائم وارد شده به بلوک .F.T عبارتند از:

الف) کلاتر

ب) نقاط مربوط به اهداف مورد ردیابی

ج) علائم غلط

د) نقاط مربوط به اهداف جدید

کلاتر موجود شامل دو بخش کلاتر جدید و کلاتر باقیمانده ، ناشی از عملکرد غیر ایده آل بلوک ردیابی های ایستان است . وجود « نویز » خطای اندازه گیری موجب می گردد نقاط مربوط به اهداف ، موقعیت واقعی را نشان ندهند. گاهی هم به علت کوچکتر بودن احتمال آشکار سازی (pd) ممکن است در یک دور آنتن گزارشی از موقعیت یک هدف وجود نداشته باشد .

- *عملکرد واحد پردازش داده ها*

در بلوک .F.T می بایست از بین علائم غلط ، کلاتر و نقطهٔ منحرف شده (که این هم ممکن است وجود نداشته باشد) موقعیت واقعی هدف تشخیص داده شده و برای آینده آن در مرور بعدی آنتن محلی پیش بینی گردد. روال کار این است که در ابتدا حول موقعیت از قبل پیش بینی شده یک هدف دروازه ای در نظر گرفته ، نقاط واقع شده ، به عنوان نقاط همبسته جدا گردد. به عبارت دیگر

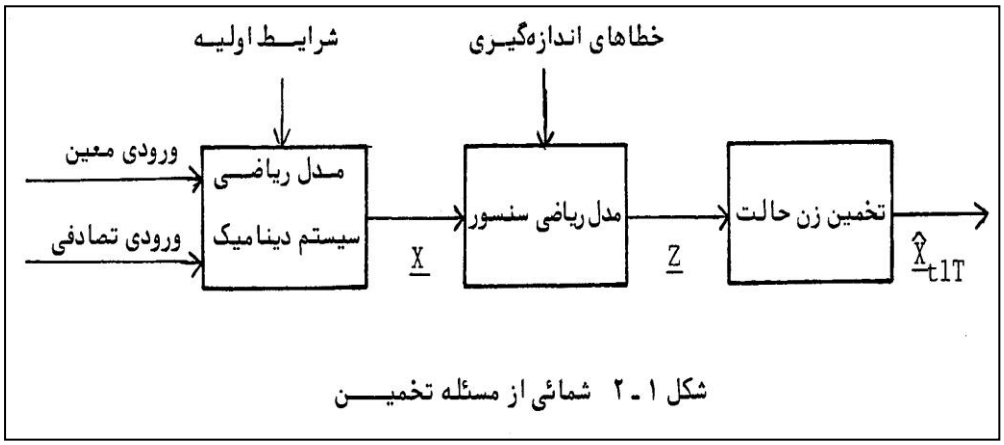
عمل دروازه بندی [1]و تست همبستگی [1]صورت پذیرد. تمام نقاط همبسته برای نو کردن ردیابی نامزد هستند کار وقتی مشکلتر می شود که هدف دیگری در حوالی این هدف در حال حرکت باشد و در بین نقاط همبسته ، نقطه مربوط به آن نیز وجود داشته باشد . دو روش عمده برای عمل تخصیص[2] یک نقطه به یک هدف مورد نظر وجود دارد . نخستین روش موسوم به نزدیکترین همسایه[3] است . در این روش به هر هدف فقط نزدیکترین نقطه به موقعیت پیش بینی شده تخصیص یافته ، باقیمانده دور ریخته می شوند . روش دیگر همه همسایه ها[4]است که تمام نقاط همبسته را بر اساس فاصله آنها از موقعیت پیش بینی شده وزن دهی کرده ، نقطهٔ حاصل از مجموع وزن دهی شده آنها را به هدف مورد نظر تخصیص می دهد . در هر دو روش در صورتی که هیچ نقطه ای در دروازه قرار نگرفته باشد، موقعیت پیش بینی شده قبلی ، نقطه تخصیص یافته خواهد بود . در صورتیکه این مورد در چند دوره متوالی اتفاق بیفتد ردیابی مزبور حذف می گردد.

پس از انجام عمل تخصیص نوبت به نو کردن ردیابی با استفاده از نقطه تخصیص یافته می رسد.

این عمل مهم به عهده فیلتر ردیاب (قلب سیستم RDP)می باشد . فیلتر ردیاب باید با ترکیب آماری از موقعیت پیش بینی شده قبلی و نقطه تخصیص یافته ، موقعیت فعلی را تخمین زند و با استفاده از برآوردی که برای سرعت دارد موقعیتی را در مرور بعدی آنتن پیش بینی نماید.

1- Gating
1- Correlation
2- Allocation
3- Nearest Neighbor
4- All Neighbors

اساس کار پردازش اطلاعات بر تئوری تخمین و یا فیلتر کردن تصادفی استوار است که خود شاخهٔ مهمی از تئوری سیستمهای دینامیک مدرن است (فکور یکتا ، ۱۳۷۰،ص۴۵) . عمل تخمین یک مقدار از یک وضعیت سیستم نامشخص با پارامترهای داده شده همراه با نویز را تخمین تصادفی[1] گویند . در عمل تخمین اطلاعات مخدوش به نویز در زمانهای 0 تا T در دسترس می باشد. هدف تخمین حالت سیستم در زمان t است در صورتیکه t =T باشد به عمل تخمین ، فیلتر کردن[2] و در صورتیکه t>T ،پیشگوئی[3] و اگر t<T باشد هموارکردن[4] گویند . در مسأله رد یابی دو مورد اول به کار گرفته می شوند . شکل (۲) تصویری از مسأله تخمین است که در آن X نمایش بردار حالت و Z بردار اندازه گیری و x تخمین حالت در زمان t بر اساس اطلاعات در فاصله 0 تا T می باشد .

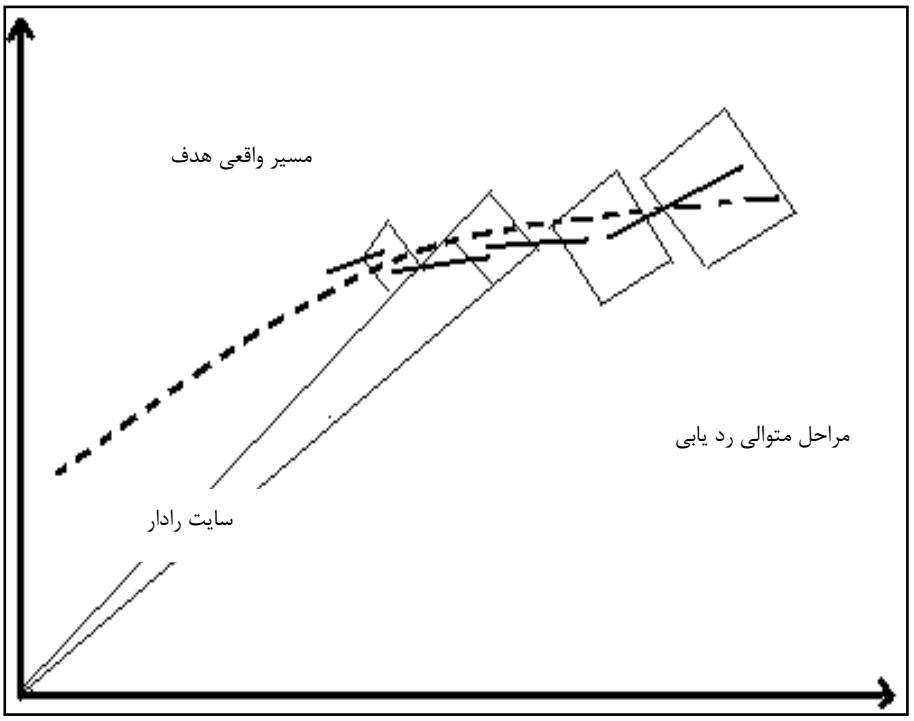


شکل ۱ ـ ۲ شمائی از مسئله تخمین

1- Estimation
2- Filtering
3- Prediction
4- Smoothing

شکل (۳) شمایی از رد یابی را نشان می دهد.

در این شکل که دروازه همبستگی نیز نمایش داده شده است هر چه تعـداد مرورهای آنتن رادار از روی هدف افزایش یابد یا به عبارت دیگر هر چه اطلاعات بیشتری از مسیر هدف دریافت گردد ابعاد دروازه که متناسب بـا تخمـین اسـت کاهش یافته ، مسیر تخمین به مسیر واقعی نزدیک می گردد.



شکل (۳) مراحل متوالی ردیابی

منابـع

- Farina ,A .cf studer ,F.A ."Radar data Processing " Reseaerch studies press 1985.
- Blackman ,s.s. , "Multiple target tracking with radar application ", Artech House 1984.
- Wax.N,"signal to nosie improvement and statistics of tracking populations " , Journal of applied physics ,vol ,26 May 1955.PP.586.595.
- معزی ،محمد رضا « طراحی و پیاده سازی پردازشگر اطلاعات رادار بر اساس ریز پردازندهٔ TMS320C25» پایان نامه کارشناسی ارشـد ، دانشگاه صنعتی اصفهان ۱۳۷۱.
- فکوریکتا ،علی « پردازش اطلاعـات رادار » پایـان نامـه کارشناسـی ارشد ، دانشگاه صنعتی اصفهان ۱۳۷۰.