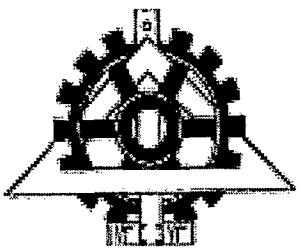
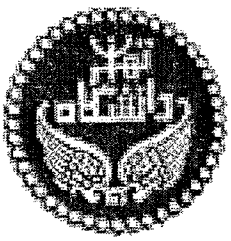
بسم الله الرحمن الرحيم

٩٣٩٧٥





دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان:

اندازه‌گیری زوایای سمت و فراز با استفاده از رویکرد ترکیب اطلاعات سنسوری

۱۳۸۷ /۲/۳۰

نگارش:

بهروز صادقی کوشک قاضی

استاد راهنما:

آقای دکتر بهزاد مشیری

پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ

مهندسی برق _کنترل

بهمن ۱۳۸۶

۴۳۹۷۵

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان:

اندازه‌گیری زوایای سمت و فراز با استفاده از رویکرد ترکیب اطلاعات سنسوری

نگارش: **بهروز صادقی کوشک قاضی**

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته
مهندسی برق-کنترل

از این پایان نامه در تاریخ ۱۳۸۶/۱۱/۱۵ در مقابل هیأت داوران دفاع به عمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

معاونت آموزشی تحصیلات تکمیلی پردیس دانشکده‌های فنی :	دکتر جواد فیض
رئیس دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر:	دکتر پرویز جبه‌دار مارالانی
معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده :	دکتر سعید نادراصفهانی
استاد راهنما :	دکتر بهزاد مشیری
عضو هیأت داوران :	دکتر پرویز جبه‌دار مارالانی
عضو هیأت داوران :	دکتر فرزاد رجایی سلماسی
عضو هیأت داوران :	دکتر کریم سلحشور

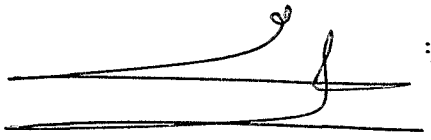
تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب **بهروز صادقی کوشک قاضی** تأیید می‌نمایم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: **بهروز صادقی کوشک قاضی**

امضای دانشجو:



تقدیم به:

مادر مهربانم

سپاسگزاری

لازم است مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت به تمام کسانی که در انجام این پژوهش مرا یاری کردند ابراز نمایم؛

استاد راهنمای گرامی و ارجمندم، جناب آقای دکتر بهزاد مشیری
خانواده عزیز و ارجمندم

چکیده

در این پروژه هدف بر آن بوده است تا اطلاعات خام آلوده به نویزی که از سنسورهای ردیابی هدف متحرک برای اندازه‌گیری زوایای سمت و فراز هدف مورد تعقیب بدست می آید را تحت عمل الگوریتم- های تخمین قرار دهیم تا داده های خام اولیه به مقادیر فیلتر شده تبدیل گردد (که دارای خطای کمتری میباشد) و همچنین تحت عمل الگوریتم‌های ترکیب اطلاعات سنسوری قرار دهیم تا به مقادیری با دقت بالاتر و قابلیت اطمینان بیشتر دست یابیم.

علی‌رغم آن که در تحقیق های پیش از این معادلات فرآیند و اندازه‌گیری (در نمایش فضای حالت هدف متحرک) معمولاً بصورت خطی در نظر گرفته شده است، لکن از آنجا که در این پروژه پارامترهای مورد اندازه‌گیری زوایای سمت و فراز هدف متحرک است و حرکت هدف در نمایش فضای حالت در دستگاه مختصات دکارتی مدل می گردد، لذا معادلات اندازه‌گیری در این پروژه بصورت غیر خطی در نظر گرفته می شود. معادلات فرآیند (حرکت هدف) به هر دو صورت خطی و غیر خطی مورد مطالعه قرار گرفته است.

در این تحقیق سعی شده است تا ردیابی مدل‌های مختلف حرکت هدف با سنسورهای با صحت گوناگون بهمراه الگوریتم‌های مختلف تخمین و روش‌های مختلف ترکیب اطلاعات مورد بررسی جامع قرار گیرد تا مشخص گردد که برای ردیابی هدف متحرک با سنسورهای با صحت گوناگون و مدلهای مختلف حرکت هدف از چه الگوریتم تخمین و کدام روش ترکیب اطلاعات بایستی استفاده کرد تا عمل ردیابی به بهترین کیفیت انجام گیرد.

موضوع مهمی که در کارهای قبلی به آن توجه نشده است و در اینجا مورد بررسی کامل قرار گرفته است بررسی تأثیر بهبود مدل سازی حرکت هدف در بهبود عملیات ردیابی است. برای این امر از مدل شتاب فرآیند مارکوف استفاده شده است. نتایج شبیه سازیها نشان میدهد که استفاده از این مدل باعث بهبود عملکرد ردیابی نسبت به حالتی که از مدل شتاب ترتیب وینر استفاده کنیم می شود.

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

۱ مقدمه ۲

۱-۱ کلیات ۲

۱-۲ ساختار تحقیق ۶

۲ ابزارهای تخمین موقعیت و جهت هدف متحرک در دستگاههای مختصات ۸

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲ دستگاههای مختصات مورد استفاده ۸

۲-۲-۱ معرفی دستگاههای مختصات دکارتی و کروی ۸

۲-۲-۲ استفاده از دستگاههای مختصات دکارتی و کروی به فراخور وضعیت مساله . ۱۰

۲-۳ ردیابی و تخمین وضعیت هدف متحرک ۱۱

۲-۳-۱ کلیات ۱۱

۲-۳-۲ تخمین حالت یک شیء پرنده ۱۳

۲-۳-۳ تخمین گر کالمن ۱۴

۲-۳-۴ تخمین گر کالمن تعمیم یافته ۱۷

۲-۳-۴-۱ تخمین گر کالمن تعمیم یافته مرتبه اول ۱۸

۲-۳-۴-۲ فیلتر کالمن تعمیم یافته مرتبه دوم ۱۹

۲-۳-۴-۳ تخمین گر کالمن Unscented ۲۱

۳ مبانی نظریه ترکیب اطلاعات سنسوری ۲۶

۳-۱ ترکیب داده ۲۶

۳-۱-۱ عدم قطعیت در اطلاعات سنسوری ۲۸

۳-۱-۲ محدودیتها و مزایای کلی نظریه ترکیب اطلاعات ۲۹

۳-۱-۳ ساختار کلی سیستم مبتنی بر نظریه ترکیب اطلاعات سنسوری ۳۰

۳-۱-۴ سطوح مختلف ترکیب اطلاعات سنسوری ۳۴

۳-۲ ترکیب تخمین ۳۶

۳-۲-۱ ترکیب اندازه گیری ۳۷
۳-۲-۲ روش ترکیب بردار حالت ۳۹
۳-۲-۳ بهینه بودن ترکیب فیلتر کالمن با پسخور ۴۲
۳-۲-۳-۱ فرمولاسیون مسئله ۴۳
۳-۲-۳-۲ بهینگی جهان شمول ترکیب بردار حالت با پسخور ۴۵
۳-۲-۳-۳ خطاهای تخمین محلی ۴۷
۳-۲-۳-۴ ویژگی‌های پسخور ۴۷
۳-۲-۳-۵ گسترش به ترکیب تخمین مختلط ۴۸

۴ شبیه سازی مدلهای گوناگون حرکت هدف بهمراه روشهای مختلف تخمین و ترکیب ۵۲

۴-۱ مقدمه ۵۲
۴-۲ مدل خطی حرکت هدف ۵۳
۴-۲-۱ کلیات و شبیه سازیهای اولیه ۵۳
۴-۲-۲ مقایسه EKF مرتبه اول و دوم ۶۰
۴-۲-۳ مقایسه EKF مرتبه اول و دوم با UKF ۶۳
۴-۲-۴ تأثیر صحت سنسورها در خطای EKF و UKF و فرآیند ترکیب ۶۴
۴-۲-۵ بررسی نقش زمان نمونه برداری در عملکرد ردیابی ۷۰
۴-۳ مدل خطی حرکت هدف با مدل شتاب هدف بصورت فرآیند مارکوف ۷۱
۴-۳-۱ معادلات توصیف کننده ۷۱
۴-۳-۲ بررسی اثر مدل شتاب فرآیند مارکوف در رهگیری هدف ۷۵
۴-۳-۳ نقش زمان تأخیر دینامیک شتاب بر فرآیند رهگیری ۷۷
۴-۳-۴ تأثیر میزان نویز سنسورها در فرآیند رهگیری ۸۱
۴-۳-۵ افزایش محدوده مجازبرای زمان نمونه برداری ۸۵
۴-۴ مدل غیر خطی حرکت هدف متحرک ۸۶
۴-۴-۱ شرح معادلات و نتایج اولیه ۸۶
۴-۴-۲ گسترش تحلیل برای تغییرات صحت سنسورها ۹۴

۵ نتیجه گیری ۱۰۳

فهرست شکل‌ها

عنوان ..... صفحه

شکل ۲-۱ : مولفه های دستگاه مختصات دکارتی و کروی ۱۰
شکل ۲-۲ : فرآیند تخمین حالت یک نقطه متحرک[۱۳] ۱۳
شکل ۲-۳ : همگرایی واریانس تخمین ها[۱۳] ۱۴
شکل ۲-۴ : مراحل کارکرد طبیعی فیلترکالمن[۱۳] ۱۶
شکل ۲-۵ : مقایسه کیفی UKF و EKF [۱۵] ۲۲
شکل ۳-۱ : کاربرد نظریه ترکیب اطلاعات سنسوری در فرآیند تشخیص تانک[۲۰] ۲۸
شکل ۳-۲ : فراوانی و تکمیل در ترکیب اطلاعات سنسوری[۲۰] ۳۰
شکل ۳-۳ : نمایش یک سیستم ترکیب داده حسگرهای مختلف[۲۰] ۳۱
شکل ۳-۴ : مراحل کلی ترکیب داده[۱۲] ۳۱
شکل ۳-۵ : انواع روشهای ترکیب در ترکیب داده حسگرهای مختلف[۲۰] ۳۳
شکل ۳-۶ : ترکیب داده سطح پائین[۱۲] ۳۴
شکل ۳-۷ : ترکیب داده سطح میانی[۱۲] ۳۵
شکل ۳-۸ : ترکیب داده سطح بالا[۱۲] ۳۵
شکل ۳-۹ : ترکیب داده در سطوح مختلف[۱۲] ۳۶
شکل ۳-۱۰ : شمای کلی روش ترکیب اندازه گیری[۲۲] ۳۸
شکل ۳-۱۱ : شمای کلی روش ترکیب بردار حالت [22] ۴۰
شکل ۳-۱۲: شمای کلی ترکیب بردار حالت با پسخور[۳۲] ۴۲
شکل ۳-۱۳: شمای کلی ترکیب تخمین مختلط ۴۹
شکل ۴-۱ : ردیابی هدف در محور X ۵۶
شکل ۴-۲ : ردیابی هدف در محور Y ۵۷
شکل ۴-۳ : ردیابی هدف در محور Z ۵۷
شکل ۴-۴ : اندازه گیری و ترکیب داده برای زاویه سمت ۵۸
شکل ۴-۵ : اندازه گیری و ترکیب داده برای زاویه فراز ۵۸
شکل ۴-۶ : تخمین و ترکیب داده برای زاویه سمت ۵۹
شکل ۴-۷ : تخمین و ترکیب داده برای زاویه فراز ۵۹
شکل ۴-۸ : خطای تخمین فاصله هدف با EKF و ترکیب آن ۶۷
شکل ۴-۹ : خطای تخمین زاویه سمت با EKF و ترکیب آن ۶۷
شکل ۴-۱۰ : خطای تخمین زاویه فراز با EKF و ترکیب آن ۶۸
شکل ۴-۱۱ : خطای تخمین فاصله هدف با UKF و ترکیب آن ۶۸
شکل ۴-۱۲ : خطای تخمین زاویه سمت با UKF و ترکیب آن ۶۹
شکل ۴-۱۳ : خطای تخمین زاویه فراز با UKF و ترکیب آن ۶۹
شکل ۴-۱۴ : ردیابی زاویه سمت هدف با EKF-SINGER ۷۵

فهرست شکل ها

شکل ۴-۱۵ : ردیابی زاویه فراز هدف با EKF-SINGER ۷۶
شکل ۴-۱۶ : اثر تغییرات آلفا بر روی خطای فاصله با EKF ۷۸
شکل ۴-۱۷ : اثر تغییرات آلفا بر روی زاویه سمت با EKF ۷۸
شکل ۴-۱۸ : اثر تغییرات آلفا بر روی زاویه فراز با EKF ۷۹
شکل ۴-۱۹ : اثر تغییرات آلفا بر روی خطای فاصله با UKF ۷۹
شکل ۴-۲۰ : اثر تغییرات آلفا بر روی زاویه سمت با UKF ۸۰
شکل ۴-۲۱ : اثر تغییرات آلفا بر روی زاویه فراز با UKF ۸۰
شکل ۴-۲۲ : خطای تخمین فاصله هدف با EKF-SINGER و ترکیب آن ۸۲
شکل ۴-۲۳ : خطای تخمین زاویه سمت هدف با EKF-SINGER و ترکیب آن ۸۲
شکل ۴-۲۴ : خطای تخمین زاویه فراز هدف با EKF-SINGER و ترکیب آن ۸۳
شکل ۴-۲۵ : خطای تخمین فاصله هدف با UKF-SINGER و ترکیب آن ۸۳
شکل ۴-۲۶ : خطای تخمین زاویه سمت هدف با UKF-SINGER و ترکیب آن ۸۴
شکل ۴-۲۷ : خطای تخمین زاویه فراز هدف با UKF-SINGER و ترکیب آن ۸۴
شکل ۴-۲۸ : واگرایی رهگیری زاویه فراز هدف با EKF و ترکیب آن ۸۵
شکل ۴-۲۹ : ردیابی هدف در محور X با EKF برای مدل غیرخطی ۸۷
شکل ۴-۳۰ : ردیابی هدف در محور Y با EKF برای مدل غیرخطی ۸۸
شکل ۴-۳۱ : ردیابی هدف در محور Z با EKF برای مدل غیرخطی ۸۸
شکل ۴-۳۲ : ردیابی زاویه سمت هدف با EKF برای مدل غیرخطی ۸۹
شکل ۴-۳۳ : ردیابی زاویه فراز هدف با EKF برای مدل غیرخطی ۸۹
شکل ۴-۳۴ : ردیابی هدف در محور Z با EKF-SINGER برای مدل غیرخطی ۹۱
شکل ۴-۳۵ : ردیابی زاویه فراز هدف با EKF-SINGER برای مدل غیرخطی ۹۱
شکل ۴-۳۶ : ردیابی زاویه سمت هدف با UKF برای مدل غیرخطی ۹۲
شکل ۴-۳۷ : ردیابی زاویه فراز هدف با UKF برای مدل غیرخطی ۹۳
شکل ۴-۳۸ : ردیابی زاویه سمت هدف با UKF-SINGER برای مدل غیرخطی ۹۳
شکل ۴-۳۹ : ردیابی زاویه فراز هدف با UKF-SINGER برای مدل غیرخطی ۹۴
شکل ۴-۴۰ : خطای تخمین فاصله هدف با EKF و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۹۵
شکل ۴-۴۱ : خطای تخمین زاویه سمت هدف با EKF و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۹۵
شکل ۴-۴۲ : خطای تخمین زاویه فراز هدف با EKF و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۹۶
شکل ۴-۴۳ : خطای تخمین فاصله هدف با EKF-SINGER و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۹۶
شکل ۴-۴۴ : خطای تخمین زاویه سمت هدف با EKF-SINGER و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۹۷
شکل ۴-۴۵ : خطای تخمین زاویه فراز هدف با EKF-SINGER و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۹۷
شکل ۴-۴۶ : خطای تخمین فاصله هدف با UKF و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۹۹
شکل ۴-۴۷ : خطای تخمین زاویه سمت هدف با UKF و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۹۹
شکل ۴-۴۸ : خطای تخمین زاویه فراز هدف با UKF و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۱۰۰
شکل ۴-۴۹ : خطای تخمین فاصله هدف با UKF-SINGER و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۱۰۰

فهرست شکل ها

شکل ۴-۵۰ : خطای تخمین زاویه سمت هدف با UKF-SINGER و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۱۰۱
شکل ۴-۵۱ : خطای تخمین زاویه فراز هدف با UKF-SINGER و ترکیب آن برای مدل غیرخطی ۱۰۱

فهرست جدول‌ها

عنوان ..... صفحه

جدول ۴-۱ مقادیر خطای تخمین و ترکیب و زمان شبیه سازی ۶۳
جدول ۴-۲ صحت سنسورهای اندازه گیری زاویه ۶۶
جدول ۴-۳ مقادیر خطای تخمین و ترکیب و اثر مدل سینگر ۷۶
جدول ۴-۴ مقادیر خطای تخمین و ترکیب برای مدل غیرخطی ۹۰

مقدمه

۱ مقدمه

۱-۱ کلیات

هنگامی که با مساله ردیابی هدف متحرک[1] روبه رو می شویم بایست توجه خود را به این نکته مهم معطوف کنیم که موقعیت هدف متحرک در دستگاه مختصات دکارتی[2] و یا جهت هدف متحرک در دستگاه مختصات کروی[3] کمیت هایی هستند که برای ما بصورت کامل دقیق و مشخص نیستند. این کمیت ها ناخواسته، تحت تاثیر عوامل محیطی از قبیل شرایط جوی، سرعت باد و... قرار می گیرند و از آنجا که ما قادر به تعیین دقیق میزان تاثیر این عوامل در هر لحظه از زمان نیستیم، لذا هیچ گاه نمی توانیم اطلاعات وضعیت هدف را بصورت کاملاً دقیق مشخص نمائیم. لذا در این حالت گفته می شود که معادلات حاکم بر حرکت هدف تحت تاثیر نویز (عواملی با تاثیر به میزان نامشخص در لحظات مختلف) قرار گرفته است و یا آلوده به نویز شده است. از آنجا که حذف این عوامل نویزی امکان پذیر نمی باشد، تعیین مقادیر دقیق وضعیت هدف نیز خارج از حیطه امکان است. لذا بهترین کاری که در این راستا می توان انجام داد تخمین[4] وضعیت هدف متحرک مورد مطالعه است.

تخمین در واقع فرآیند استنباط مقدار یک کمیت مورد مطالعه از روی مشاهدات غیر مستقیم، غیر دقیق و نا مطمئن می باشد. دقیقاً همانند آنچه در عمل برای تعقیب اشیاء پرنده متحرک اتفاق می افتد. لذا در این تحقیق ابتدا ابزارهای مختلف تخمین که از آنها استفاده شده است معرفی می گردد که عبارتند از تخمینگر کالمن تعمیم یافته[5] (EKF) که خود دارای دو نوع مرتبه اول و مرتبه دوم می باشد و همچنین تخمینگر کالمن Unscented[6](UKF).

---

[1] Tracking Moving Target
[2] Cartesian Coordinate
[3] Spherical Coordinate
[4] Estimation
[5] Extended Kalman Filter
[6] Unscented Kalman Filter

از آنجا که هدف اصلی این تحقیق، تخمین زوایای سمت[۱] و فراز[۲] هدف متحرک است، نیاز به آشنایی با پارامترهای دستگاه مختلف کروی داریم، لکن جهت انجام ساده سازی و پرهیز از پیچیدگی مسائل، مدل سازی حرکت اهداف در دستگاه مختصات دکارتی انجام می پذیرد که موارد مربوط به این دستگاه و ارتباط آن با دستگاه مختصات کروی در فصل دوم آمده است. لذا با توجه به این که روابط تبدیل مختصات از دستگاههای دکارتی به کروی و بالعکس معلوم می باشد، سعی می شود که به فراخور وضعیت مساله مورد نظر وضعیت هدف در دستگاه مختصاتی مورد مطالعه قرار بگیرد که باعث سهولت بیشتر امر گردد. اغلب سنسورهای ردیاب، اطلاعات وضعیت هدف را در دستگاه مختصات کروی ارائه می نمایند، (همانند رادار و ژیروسکوپ و...) زیرا با داشتن این اطلاعات می توان عملیات نشانه گیری[۳] هدف متحرک و شلیک را اجرا نمود. لکن مدل سازی حرکت هدف (حتی ساده ترین اهداف با حرکت مستقیم الخط) دردستگاه مختصات کروی بسیار پیچیده خواهد بود. لذا برای مدل سازی حرکت هدف از دستگاه مختصات دکارتی استفاده می گردد. این امر باعث سادگی معادلات نمایش فضای حالت سیستم خواهد گردید و این باعث می‌شود که استفاده از تخمین‌گرهای حالت برای هدف مورد تعقیب تسهیل گردد.

موضوع مورد اهمیت بعدی وسیله اندازه گیری یعنی سنسور یا ابزاردقیق است که برای انجام اندازه گیری ها بکار می رود. سنسورهای مختلفی برای این منظور طراحی شده اند. از آن جمله می توان به انواع مختلف ژیروسکوپ، انواع مختلف رادارهای نظامی، سیستم های تعقیب‌گر الکترواپتیکی[۴] و سیستم های تعقیب‌گر مادون قرمز[۵] اشاره کرد.

با توجه به اینکه هر کدام از این سنسورها دارای محدودیت های عملکردی خاص خود هستند که باعث ایجاد خطا در اندازه‌گیری‌های آنها میگردد، لذا بجای طراحی و ساخت سنسورهای جایگزین گران

[1] Azimuth
[2] Elevation
[3] Aiming
[4] Electro-Optical Tracker System
[5] Infra-red (IR) Tracker system

قیمت برای دستیابی به صحت بالاتر می‌توان از ترکیب اطلاعات چند سنسور برای رسیدن به صحت بیشتر، درجه نایقینی[۱] کمتر و قابلیت اطمینان[۲] بیشتر استفاده کرد.

مسأله ترکیب تخمین[۳] یا ترکیب داده[۴] برای تخمین، بدین صورت است که چگونه میتوان از اطلاعات موجود در چندین مجموعهٔ داده، به منظور تخمین یک مقدار نامعلوم (یک پارامتر یا فرآیند) به بهترین نحو استفاده کرد. این مجموعه داده معمولا از چندین منبع به دست می‌آیند (مانند چندین سنسور). ترکیب تخمین دارای کاربردهای زیادی در زمینه های مختلف به خصوص در زمینه های ناوبری، ردیابی و... می باشد (برای نمونه به [۱]، [۲]، [۳]، [۴] و [۵] مراجعه کنید). فرآیند ترکیب به دو صورت ترکیب اندازه‌گیری[۵] (و یا متمرکز[۶]) و ترکیب بردار حالت[۷] (گسترده[۸] یا غیرمتمرکز[۹]) انجام می‌گیرد (مطابق [۶]، [۷]، [۸]، [۹]، [۱۰] و [۱۱]).

ترکیب داده به فرآیند ترکیب اطلاعات بدست آمده از میان داده‌های خام اولیه اشاره دارد. به منظور درک صحیح از محیط اطراف باید از ترکیب چندین حسگر استفاده نمود چرا که اندازه‌گیری اغلب حسگرها غیرمطمئن و دارای نایقینی می‌باشند، لذا لازم است برای گرفتن بهترین جواب، نتایج چندین حسگر با هم ترکیب شوند. تعریفی که در [۱۲] از این موضوع ارائه می شود به این شرح است: ترکیب اطلاعات سنسوری[۱۰] عبارت است از ترکیب توأمان[۱۱] اطلاعات اخذ شده از منابع و سنسورهای مختلف، بنحوی که نتیجه حاصل، جامع و مانع بوده و قابل استعمال برای انجام خودمختار[۱۲] وظیفه‌ای از پیش تعیین شده باشد.

در این تحقیق از مباحث مطروح در مورد تخمین و ترکیب جهت محاسبه زوایای سمت و فراز یک

---

[1] Uncertainty
[2] Reliability
[3] Estimation Fusion
[4] Data Fusion
[5] Measurement Fusion
[6] Centralized
[7] State Vector Fusion
[8] Distributed
[9] Decentralized
[10] Sensor Data Fusion
[11] Synergistic Combination
[12] Autonomous

هدف متحرک استفاده خواهیم کرد. در نمایش فضای حالت[۱] هدف متحرک، متغیرهای حالت[۲] عبارتند از موقعیت، سرعت و شتاب در هر سه راستای x و y و z محورهای مختصات دکارتی. لکن از آنجا که پارامترهای مورد اندازه گیری زوایای سمت و فراز هدف متحرک می باشند، لذا معادلات اندازه‌گیری[۳] در نمایش فضای حالت سیستم بصورت غیر خطی خواهند بود. در مورد معادلات حرکت (معادلات فرآیند[۴]) هدف متحرک حالت های خطی و غیر خطی مورد بررسی قرار گرفته اند. عملکرد تخمین گرهای مطرح شده نظیر EKF وUKF بهمراه روش های مختلف ترکیب اطلاعات (روش ترکیب اندازه‌گیری و روش ترکیب بردار حالت) مورد بررسی کامل قرار گرفته است و نتایج جدید بدست آمده ارائه شده است.

علاوه بر موارد بالا مورد بسیار مهمی که در این فصل در آن پرداخته شده است و در کارهای قبلی محققین مورد توجه قرار نگرفته است، تأثیر بهبود مدل سازی حرکت هدف بر عملکرد تخمین و ترکیب اطلاعات است. علی رغم آن که اکثر پژوهشگران نویز فرآیند[۵] را به صورت سفید و گوسی مدل می کنند که معادله شتاب هدف را به صورت افزایشی[۶] تحت تأثیر قرار می دهد (آنچنان که به صورت مدل شتاب ترتیب وینر[۷] در می آید) ولی این نکته را نباید از نظر دور داشت که مدل سازی شتاب هدف به این صورت فرضی است که صرفاً جهت سادگی معادلات در نظر گرفته شده است. اگر بخواهیم مدلی نزدیک تر به واقعیت برای شتاب هدف متحرک در نظر بگیریم بایست بجای آن که شتاب را بصورت مدل شتاب ترتیب وینر (که درآن مقدار متغیر تصادفی در هر دو لحظه نسبت به هم مستقل است) در نظر بگیریم، آن را بصورتی مدل کنیم که در آن میزان متغیر تصادفی در هر لحظه دارای خود همبستگی[۸] در یک همسایگی زمانی باشد (آنچنان که به صورت مدل شتاب فرآیند مارکوف[۹] در می آید). این مدل سازی بسیار به واقعیت فیزیکی نزدیک تر است. نتیجه حاصل از این نحوه جدید مدل سازی و تأثیری که این

---

[1] State Space Representation
[2] State Variables
[3] Measurement Equations
[4] Process Equations
[5] Process Noise
[6] Incremental
[7] Wiener Sequence Acceleration Model
[8] Auto Correlation
[9] Markov Process Acceleration Model

مدل سازی در بهبود عملکرد تخمین و ترکیب و همچنین گسترش ناحیه کار سیستم دارد برای تخمینگرهای مختلف و روش های مختلف ترکیب به تفصیل مورد مطالعه قرار گرفته است.

۱-۲ ساختار تحقیق

در فصل دوم این تحقیق دستگاههای مختصات مورد استفاده و روابط بین آنها و مبنای انتخاب دستگاه مختصات مناسب شرح داده شده است .همچنین در این فصل مباحث ردیابی و تخمین و تخمین گرهای مورد استفاده در بخش های بعدی (که شامل فیلتر کالمن تعمیم یافته مرتبه اول و دوم و فیلتر کالمن Unscented (UKF) می‌گردد) بطور کامل شرح داده شده است . در فصل سوم مبانی نظریه ترکیب اطلاعات سنسوری و روش های مختلف ترکیب اطلاعات همراه با معادلات مربوطه آورده شده است. در فصل چهارم از ابزارهای فصل دو و سه جهت اندازه گیری زوایای سمت و فراز استفاده کرده ایم و مدلهای مختلف حرکت هدف (خطی و غیر خطی) بهمراه روش های مختلف تخمین و ترکیب مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج بدست آمده ارائه گردیده است . همچنین در این بخش تأثیر میزان نویز سنسورها در فرآیند ردیابی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین مدل شتاب فرآیند مارکوف معرفی گردیده است و نشان داده شده است که استفاده از این مدل نسبت به مدل شتاب ترتیب وینر (که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرد) از چه مزیت هایی برخوردار است. نتایج جالب بدست آمده با این روش جدید در این فصل ارائه گردیده است . فصل پنجم به نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد هایی جهت ادامه تحقیق اختصاص یافته است.

ابزارهای تخمین موقعیت و جهت هدف متحرک در دستگاههای مختصات