بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اراک

دانشکده فنی و مهندسی

کارشناسی ارشد مکاترونیک

عنوان:

بهبود اندازه‌گیری شتاب بر روی میز لرزه با استفاده از ترکیب داده‌های سنسوری

استاد راهنما:

دکتر امیرحسین ابوالمعصومی

استاد مشاور:

دکتر مهدی سلیمانی

پژوهشگر:

نیما رجبی

زمستان ۱۳۹۳

چکیده:

بهبود اندازه‌گیری شتاب بر روی میز لرزه با استفاده از ترکیب داده‌های سنسوری

مقدمه: امروزه در راستای مقاوم‌سازی ساختارهای بلند مرتبه که لقب آسمان خراش گرفته‌اند در مقابل حوادثی همچون زلزله و بررسی رفتار آنها در برابر باد کارهای جدی صورت گرفته است. لذا به لحاظ اهمیت این موضوع که با جان انسان‌ها در ارتباط است به ویژه در ایران که بر روی کمربند زلزله‌ای قرار دارد طرح‌ها و راهکارهای مختلفی توسط دانشمندان بررسی شده است. یکی از این راه‌ها برای پیاده‌سازی یک زلزله واقعی، طراحی میز لرزه در مقیاس آزمایشگاهی می‌باشد. با انجام این کار فرصتی در اختیار مهندسان عمران قرار می‌گیرد تا بتوانند پیش از ساخت سازه‌های خود در مقیاس واقعی مدل مربوطه را ساخته و بر روی میز لرزه تحت یک زلزله قرار داده و به بررسی پاسخ سازه بپردازند. میزهای لرزه بر اساس اندازه، درجات آزادی و نوع محرکه‌ی به کار رفته در آن‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. اما چیزی که در همه این موارد مشترک است میزان انطباق جابجایی، سرعت و شتاب شبیه‌سازی شده با جابجایی، سرعت و شتاب زمین لرزه واقعی می‌باشد که برای رسیدن به این هدف از کنترل‌کننده استفاده می‌شود. بنا بر این شتاب یکی از مولفه‌های اصلی یک زلزله در حالت شبیه‌سازی می‌باشد و باید اندازه‌گیری دقیقی از آن داشته باشیم، تحقق این امر با شتاب‌سنج‌های MEMS که حساسیت بالایی به لرزش دارند و بسیار نویز پذیر هستند امکان پذیر نیست. در این پایان نامه با پیاده‌سازی فیلتر کالمن از نوع فیلتر کالمن غیرخطی تعمیم یافته و فیلتر کالمن غیرخطی بهینه و بهره‌گیری از فن‌آوری ترکیب سنسوری به وسیله الگوریتم‌های ترکیب اطلاعات سنسورها برای دستیابی به قابلیت اطمینان و دقت بیشتر در اندازه‌گیری‌ها در یک میز شبیه‌ساز زلزله پرداخته می‌شود.

ساختار و عملکرد: برای این منظور ابتدا یک میز الکترومکانیکی شبیه‌ساز زلزله توسعه داده شده است. سیستم نیروی محرکه میز مذکور از یک موتور الکتریکی جریان متناوب سروو به همراه ball-screw تشکیل شده است. برای کنترل موتور الکتریکی از یک سیستم محرکه الکتریکی استفاده شده است. همچنین ارتباط میز با مدار کنترلی از طریق یک کارت اخذ اطلاعات و یک میکروکنترلر می‌باشد.

نتایج: عملکرد روش مذکور(استفاده از فیلتر کالمن در حلقه کنترلی) با آزمایش بر روی میز لرزه ارزیابی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که اندازه‌گیری شتاب تا مقدار قابل توجهی بهبود پیدا می‌کند.

کلمات کلیدی: ترکیب اطلاعات سنسوری، فیلتر کالمن تعمیم یافته، تئوری بیز، میز لرزه

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول - مقدمه ۱

۱-۱- معرفی میز لرزه ۲

۱-۲- تعریف مسئله ۲

۱-۳- مراحل انجام تحقیق ۴

فصل دوم - سنسورهای به کار رفته در میز لرزه و مساله ترکیب اطلاعات سنسوری ۵

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- معرفی کلی سنسورهای مختلف برای تعیین موقعیت در سیستم میز لرزه ۷

۲-۲-۱- سنسور شتابسنج ۷

۲-۲-۲- انکودر ۱۵

۲-۲-۳- سنسورهای نوری ۱۸

۲-۲-۴- نویز و عدم قطعیت در اطلاعات سنسوری ۲۰

۲-۳- ترکیب اطلاعات سنسوری ۲۲

۲-۳-۱- مزایای نظریه ترکیب اطلاعات سنسوری ۲۳

۲-۳-۲- سطوح مختلف ترکیب اطلاعات سنسوری ۲۴

۲-۴- مروری بر کارهای گذشته در زمینه ترکیب اطلاعات سنسوری ۲۵

فصل سوم - ساختار میز لرزه و شبیه‌سازی زلزله ۳۳

۳-۱- مقدمه ۳۴

۳-۲- مروری بر کارهای گذشته ۳۴

۳-۳- مدل سازی ۴۸

۳-۴- ساختار کنترل کننده ۵۴

۳-۴-۱- کنترل کننده مود لغزشی ناظر ۵۴

۳-۴-۲- سطح لغزش ۵۵

۳-۴-۳- حاشیه‌های بهره ۶۰

۳-۴-۴- استراتژی کنترل مود لغزشی ناظر ۶۳

۳-۵- ساختار اندازه‌گیری در میز لرزه ۶۵

۳-۵-۱- اندازه‌گیری جابجایی ۶۵

۳-۵-۲- سنسور محدوده حرکت..... ۶۶
۳-۵-۳- اندازه‌گیری شتاب..... ۶۷
فصل چهارم - بهبود اندازه‌گیری سرعت و شتاب به وسیله فیلتر کالمن..... ۷۰
۴-۱- مقدمه..... ۷۱
۴-۲- فیلتر کالمن خطی..... ۷۲
۴-۳- فیلتر کالمن تعمیم یافته..... ۷۷
۴-۴- فیلتر کالمن بهینه..... ۸۳
۴-۴-۱- تغییر فرم Unscented..... ۸۴
۴-۴-۲- فیلتر کالمن بهینه استاندارد..... ۸۷
۴-۵- استراتژی فیلتر کالمن..... ۹۳
فصل پنجم - پیاده‌سازی الگوریتم‌های مختلف ترکیب اطلاعات بر روی میز لرزه..... ۹۶
۵-۱- به کارگیری فیلتر کالمن تعمیم یافته برای بهبود اندازهگیری سرعت و شتاب در میز لرزه..... ۹۸
۵-۱-۱- مدل‌سازی معادلات سیستم در سیمولینک..... ۹۸
۵-۱-۲- پیاده‌سازی فیلتر کالمن ترکیبی تعمیم یافته..... ۱۰۱
۵-۲- به کارگیری فیلتر کالمن بهینه برای بهبود اندازه‌گیری سرعت و شتاب در میز لرزه..۱۰۹
۵-۲-۱- تعریف شرایط اولیه..... ۱۱۰
۵-۲-۲- پیاده‌سازی فیلتر کالمن ترکیبی بهینه..... ۱۱۱
۵-۳- ساختار طراحی آزمون‌ها برای ارزیابی بهبود اندازه‌گیری سرعت و شتاب..... ۱۱۴
۵-۳-۱- آزمون شماره یک..... ۱۱۸
۵-۳-۲- مجموعه آزمون‌های شماره دو..... ۱۱۹
۵-۳-۳- مجموعه آزمون‌های شماره سه..... ۱۲۷
فصل ششم - نتایج آزمایش‌ها و مقایسه عملکرد تخمینگرها برروی میز لرزه..... ۱۳۵
۶-۱- مقدمه..... ۱۳۶
۶-۲- نتایج به دست آمده از فیلترهای کالمن..... ۱۳۶
۶-۲-۱- آزمون شماره یک (بخش ۵-۳-۱)..... ۱۳۷
۶-۲-۲- مجموعه آزمون‌های شماره دو (بخش ۵-۳-۲)..... ۱۳۹
۶-۲-۳- مجموعه آزمون‌های شماره سه (بخش ۵-۳-۳)..... ۱۴۵
فصل هفتم - نتیجه گیری وارائه پیشنهادهایی برای ادامه کار..... ۱۵۴

۷-۱- نتیجه گیری ۱۵۵
۷-۲- پیشنهادهایی برای ادامه کار ۱۵۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۱) پارامترهای مورد نیاز برای طراحی وپیاده‌سازی..... ۵۵

جدول (۳-۲) مشخصات میز لرزه لرزا..... ۵۵

جدول (٦- ۱) اطلاعات زلزله Chlfant [٤٤]..... ۱٤۲

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل(۲-۱) ساختار شتاب‌سنج [۱]..... ۹

شکل(۲-۲) ساختار شتاب‌سنج خازنی [۱]..... ۱۰

شکل(۲-۳) دیاگرام مسیر جریان تبدیل ظرفیت خازنی به ولتاژ الکتریکی [۱]..... ۱۰

شکل(۲-٤) ساختار شتاب‌سنج پیزومقاومتی [۱]..... ۱۱

شکل(۲-۵) ساختار شتاب‌سنج پیزوالکتریکی [۱]..... ۱۳

شکل(۲-٦) ساختار شتاب‌سنج گاز گرم [۱]..... ۱٤

شکل(۲-۷) ساختار انکودر نسبی [۱]..... ۱٦

شکل(۲-۸) ساختار انکودر افزایشی [۱]..... ۱۷

شکل(۲-۹) پالس‌های تولید شده توسط انکودر افزایشی [۱]..... ۱۷

شکل(۲-۱۰) ساختار انکودر مطلق [۱]..... ۱۸

شکل(۲-۱۱) سنسور نوری یک‌طرفه [۱]..... ۱۹

شکل(۲-۱۲) سنسور نوری دو طرفه [۱]..... ۲۰

شکل(۲-۱۳) ترکیب اطلاعات بر اساس فیلتر کالمن (از راست به چپ) الف- ترکیب بردار حالت ب- ترکیب اندازه‌گیری [۳]..... ۲٤

شکل(۲-۱٤) نسخه‌های اولیه از بینی الکترونیکی [٤]..... ۲۵

شکل(۲-۱۵) ادغام سنسورهای مختلف برای اندازه گیری موقعیت و سرعت قطار [۵].....۲۶

شکل(۲-۱۶) تصویر دوربین CCD (به عنوان دوربین فیلمبرداری) و سنسور ژایروسکوپ [۶].....۲۷

شکل(۲-۱۷) شماتیکی از ربات دانشگاه تهران [۷].....۲۷

شکل(۲-۱۸) ربات دانشگاه بن گوریون [۹].....۲۸

شکل(۲-۱۹) راه اندازی آزمایشی بازوی ربات برای تست ترکیب سنسورها [۱۱].....۳۰

شکل(۲-۲۰) سیستم‌های سنجش غیر مخرب برای اندازه‌گیری محتوا و سفتی میوه سیب[۱۲].....۳۰

شکل(۲-۲۱) پیاده‌سازی دستگاه‌های مختلف برای انجام وظایف مشخص [۱۳].....۳۱

شکل(۲-۲۲) بلوک دیاگرام سیستم مسیر یابی و ترکیب اطلاعات [۱۴].....۳۲

شکل(۳- ۱) میز لرزه MILNE-OMO [۱۵].....۳۵

شکل(۳- ۲) میز لرزه طراحی شده توسط F. J. ROGERS [۱۵].....۳۵

شکل(۳- ۳) میز لرزه با استفاده از فنر که در ژاپن در سال ۱۹۵۸ ساخته شد[۱۵].....۳۶

شکل(۳- ۴) طرحی از میز لرزه‌ی RUGE [۱۵].....۳۷

شکل(۳- ۵) میز ۶ درجه آزادی SAMSON در جولیک آلمان [۱۵].....۳۸

شکل(۳- ۶) یک نمونه از میز لرزه UCIST [۱۷].....۳۹

شکل(۳- ۷) میز لرزه آزمایشگاهی برای شبیه‌سازی زلزله [۱۹].....۴۰

شکل(۳- ۸) میز لرزه ساخته شده در IIT و اجزای تشکیل دهنده‌ی آن [۲۳].....٤٢

شکل(۳- ۹) میز لرزه ساخته شده در هند [۲٦].....٤٤

شکل(۳-۱۰) میز شبیه ساز زلزله تک محوره در دانشگاه جانز هاپکینز [۲۷].....٤٥

شکل(۳-۱۱) میز لرزه مرکز تحقیقات زمین‌لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد [۳۰].....٤٧

شکل(۳-۱۲) میز لرزه ساخته شده در دانشگاه اراک [۳۲].....٤٨

شکل (۳-۱۳) اجزای اصلی سیستم میز لرزه.....٤٩

شکل(۳-۱٤) شرط لغزشی [۳٥].....٥٧

شکل (۳-۱٥) تعبیر ترسیمی معادلات (۳-۱۹) و (۳-۲۱) [۳٥].....٥٨

شکل (۳-۱٦) لرزش ناشی از سوئیچینگ کنترل ناقص [۳٥].....٥٩

شکل (۳-۱۷) لایه مرزی [۳٥].....٦١

شکل (۳-۱۸) نموداری از ارتباط اجزا و کنترل کننده مد لغزشی ناظر ٦٥

شکل(۳-۱۹) نحوه عملکرد انکودر مورد استفاده در میز [۳٦].....٦٦

شکل(۳-۲۰) انکودر خطی مدل JSS5L [۳٦].....٦٦

شکل(۳-۲۱) نمایی از عملکرد سنسور CNY70 [۳۷].....٦۷

شکل(۳-۲۲) بلوک دیاگرام عملکرد سنسور ADXL203 [۳۸].....٦۸

شکل(۳-۲۳) تصویر کارت اخذ اطلاعات PCI-1716 [۳۹].....٦۹

شکل (٤-۱) نحوه عملکرد فیلتر کالمن.....۷۳

شکل (٤-۲) تصور کلی از فیلتر کالمن خطی.....۷۷

شکل (٤-٣) تصور کلی از فیلتر کالمن تعمیم یافته..... ٨٣

شکل (٤-٤) تصور کلی از فیلتر کالمن بهینه..... ٩٣

شکل(٤-٥) ساختار پیاده‌سازی فیلتر کالمن و کنترلر ٩٥

شکل (٥-١) پیاده‌سازی معادله (٥-١) در سیمولینک ٩٩

شکل (٥-٢) پیاده‌سازی معادلات (٥-١)، (٥-٢) و (٥-٣) در سیمولینک..... ٩٩

شکل (٥-٣) پاسخ یک موتور ac به ورودی پله ٣ ولت و سپس ٣- ولت..... ١٠٠

شکل (٥-٤) پاسخ مدل غیرخطی به ورودی پله ١٠٠

شکل (٥-٥) ساختار پیاده‌سازی در سیمولینک..... ١٠٤

شکل (٥-٦) نحوه ارتباط سنسور شتاب با فیلتر کالمن تعمیم یافته و بهینه جهت حذف نویز شتاب..... ١١٩

شکل (٥-٧) نحوه کنترل سرعت میز لرزه به کمک سنسور شتاب و فیلتر کالمن تعمیم یافته..... ١٢٠

شکل (٥-٨) نحوه کنترل سرعت میز لرزه به کمک سنسور انکودر و فیلتر کالمن تعمیم یافته..... ١٢١

شکل(٥-٩) ترکیب اطلاعات سنسورهای شتاب و انکودر به منظور کنترل سرعت میز لرزه با کمک فیلتر کالمن تعمیم یافته..... ١٢٢

شکل (٥-١٠) نحوه کنترل سرعت میز لرزه به کمک سنسور شتاب و فیلتر کالمن بهینه..... ١٢٤

شکل (۵-۱۱) نحوه کنترل سرعت میز لرزه به کمک سنسور انکودر و فیلتر کالمن بهینه..... ۱۲۵
شکل (۵-۱۲) ترکیب اطلاعات سنسورهای شتاب و انکودر به منظور کنترل سرعت میز لرزه با کمک فیلتر کالمن بهینه..... ۱۲۵
شکل (۵-۱۳) ترکیب اطلاعات سنسورهای شتاب و انکودر به منظور کنترل سرعت میز لرزه با کمک فیلتر کالمن تعمیم یافته و فیلتر کالمن بهینه..... ۱۲۶
شکل (۵-۱٤) نحوه کنترل شتاب میز لرزه به کمک سنسور شتاب و فیلتر کالمن تعمیم یافته..... ۱۲۸
شکل (۵-۱۵) نحوه کنترل شتاب میز لرزه به کمک سنسور انکودر و فیلتر کالمن تعمیم یافته..... ۱۲۹
شکل (۵-۱٦) ترکیب اطلاعات سنسورهای شتاب و انکودر به منظور کنترل شتاب میز لرزه با کمک فیلتر کالمن تعمیم یافته..... ۱۳۰
شکل (۵-۱۷) نحوه کنترل شتاب میز لرزه به کمک سنسور شتاب و فیلتر کالمن بهینه..... ۱۳۱
شکل (۵-۱۸) نحوه کنترل شتاب میز لرزه به کمک سنسور انکودر و فیلتر کالمن بهینه..... ۱۳۲
شکل (۵-۱۹) ترکیب اطلاعات سنسورهای شتاب و انکودر به منظور کنترل شتاب میز لرزه با کمک فیلتر کالمن بهینه..... ۱۳۳

شکل (۵-۲۰) ترکیب اطلاعات سنسورهای شتاب و انکودر به منظور کنترل شتاب میز لرزه با کمک فیلترکالمن تعمیم یافته و فیلترکالمن بهینه.....۱۳٤
شکل (٦-۱) کنترل شتاب میز لرزه به کمک الگوریتم کنترلی مود لغزشی ناظر برای فیدبک در حالت (۱) استفاده از سنسور شتاب و فیلتر کالمن تعمیم یافته (۲) استفاده از سنسور شتاب و فیلتر کالمن بهینه و (۳) استفاده از سنسور انکودر بدون هرگونه فیلترینگ.....۱۳۸
شکل (٦-۲) نمودار مربوط به RMS خطای شبیه‌سازی شتاب (تست ۵-۳-۱).....۱۳۸
شکل (٦-۳) کنترل سرعت میز لرزه به کمک الگوریتم کنترلی مود لغزشی ناظر برای فیدبک در حالت (۱) استفاده از ترکیب سنسور شتاب/ انکودر و فیلتر کالمن تعمیم یافته (۲) استفاده از سنسور شتاب و فیلتر کالمن تعمیم یافته (۳) استفاده از سنسور انکودر و فیلتر کالمن تعمیم یافته و (٤) استفاده از سنسور انکودر بدون هرگونه فیلترینگ.....۱٤۰
شکل (٦-٤) نمودار مربوط به RMS خطای شبیه‌سازی سرعت (تست ۵-۳-۲-۱) ۱٤۱
شکل (٦-۵) کنترل سرعت میز لرزه به کمک الگوریتم کنترلی مود لغزشی ناظر برای فیدبک در حالت (۱) استفاده از ترکیب سنسور شتاب/ انکودر و فیلتر کالمن بهینه (۲) استفاده از سنسور شتاب و فیلتر کالمن بهینه (۳) استفاده از سنسور انکودر و فیلتر کالمن بهینه و (٤) استفاده از سنسور انکودر بدون هرگونه فیلترینگ ۱٤۲

شکل (٦-٦) نمودار مربوط به RMS خطای شبیه‌سازی سرعت (تست ٥-٣-٢-٢) ١٤٣
شکل (٦-٧) کنترل سرعت میز لرزه به کمک الگوریتم کنترلی مود لغزشی ناظر برای فیدبک در حالت (١) استفاده از ترکیب سنسور شتاب/ انکودر و فیلتر کالمن بهینه (٢) استفاده از سنسور شتاب/ انکودر و فیلتر کالمن تعمیم یافته..... ١٤٤
شکل (٦-٨) نمودار مربوط به RMS خطای شبیه‌سازی سرعت (تست ٥-٣-٢-٣) ١٤٥
شکل (٦-٩) کنترل شتاب میز لرزه به کمک الگوریتم کنترلی مود لغزشی ناظر برای فیدبک در حالت (١) استفاده از ترکیب سنسور شتاب/ انکودر و فیلتر کالمن تعمیم یافته (٢) استفاده از سنسور شتاب و فیلتر کالمن تعمیم یافته (٣) استفاده از سنسور انکودر و فیلتر کالمن تعمیم یافته و (٤) استفاده از سنسور شتاب بدون هرگونه فیلترینگ..... ١٤٦
شکل (٦-١٠) نمودار مربوط به RMS خطای شبیه‌سازی شتاب (تست ٥-٣-٣-١) ١٤٧
شکل (٦-١١) کنترل شتاب میز لرزه به کمک الگوریتم کنترلی مود لغزشی ناظر برای فیدبک در حالت (١) استفاده از ترکیب سنسور شتاب/ انکودر و فیلتر کالمن تعمیم یافته (٢) استفاده از سنسور شتاب و فیلتر کالمن تعمیم یافته (٣) استفاده از سنسور انکودر و فیلتر کالمن تعمیم یافته (٤) استفاده از سنسور شتاب بدون هرگونه فیلترینگ و (٥) استفاده از سنسور شتاب در حضور نویز اندازه‌گیری..... ١٤٨

شکل (٦-١٢) کنترل شتاب میز لرزه به کمک الگوریتم کنترلی مود لغزشی ناظر برای فیدبک در حالت (١) استفاده از ترکیب سنسور شتاب/ انکودر و فیلتر کالمن بهینه (٢) استفاده از سنسور شتاب و فیلتر کالمن بهینه (٣) استفاده از سنسور انکودر و فیلتر کالمن بهینه و (٤) استفاده از سنسور شتاب بدون هرگونه فیلترینگ..... ١٤٩

شکل (٦-١٣) نمودار مربوط به RMS خطای شبیه‌سازی شتاب (تست ٥-٣-٣-٢) ١٥٠

شکل (٦-١٤) کنترل شتاب میز لرزه به کمک الگوریتم کنترلی مود لغزشی ناظر برای فیدبک در حالت (١) استفاده از ترکیب سنسور شتاب/ انکودر و فیلتر کالمن بهینه (٢) استفاده از سنسور شتاب و فیلتر کالمن بهینه (٣) استفاده از سنسور انکودر و فیلتر کالمن بهینه (٤) استفاده از سنسور شتاب بدون هرگونه فیلترینگ و (٥) استفاده از سنسور شتاب در حضور نویز اندازه‌گیری..... ١٥١

شکل (٦-١٥) کنترل شتاب میز لرزه به کمک الگوریتم کنترلی مود لغزشی ناظر برای فیدبک در حالت (١) استفاده از ترکیب سنسور شتاب/ انکودر و فیلتر کالمن تعمیم یافته و (٢) استفاده از سنسور شتاب/ انکودر و فیلتر کالمن..... ١٥٢

شکل (٦-١٦) نمودار مربوط به RMS خطای شبیه‌سازی شتاب (تست ٥-٣-٣-٣) ١٥٢

۱–فصل اول

مقدمه

۱–۱– معرفی میز لرزه

میز لرزه برای شبیه سازی رفتار زلزله و به منظور مقاوم سازی و تحلیل رفتار سازه‌ها در معرض زلزله‌های مختلف می‌باشد. برای شبیه سازی کامل یک زلزله واقعی یک میز لرزه باید قادر به حرکت در سه جهت مرجع باشد. اما میز لرزه‌های چند مؤلفه‌ای بسیار گران می‌باشند و نیاز به دانش و تجربه ویژه‌ای برای ساخت و راه اندازی دارند. بنا بر این میزهای لرزه کوچک تک جهته برای تحلیل مدل‌های کوچک به جهت قیمت کم ساخت و راه‌اندازیشان برای مقاصد آموزشی مناسب‌تر هستند مخصوصا برای کشورهای در حال توسعه.

۱–۲– تعریف مسئله

پاسخ‌های حاصل از مدل‌سازی و شبیه‌سازی کامپیوتری سازه‌ها به دلیل پیچیدگی‌های آن و گاه ساده‌سازی‌هایی که انجام می‌شود با واقعیت متفاوت است. از این رو بهتر است برای مطالعه رفتارهای سازه، نمونه‌ای آزمایشگاهی از آن ساخته شود. یکی از مواردی که در مطالعات مهندسی از اهمیت بالایی برخوردار است، پیش‌بینی پاسخ سازه در زمان زلزله است.

برای این منظور، مدلی از سازه ساخته شده و بر روی میز لرزه قرار داده می‌شود و میز با شبیه‌سازی زلزله و یا هر موج مورد نظر دیگر به این مطالعات کمک می‌کند.

در ساخت و پیاده‌سازی میزهای لرزه که به عنوان یک سیستم مکاترونیکی به مطالعه پاسخ دینامیکی سازه کمک شایانی می‌کند، موضوعی که اهمیت دارد کم بودن میزان خطای شبیه‌سازی نگاشت زلزله می‌باشد. بنا بر این کنترل کننده میز لرزه تا حد امکان باید این خطا را کاهش دهدکه برای کامل شدن حلقه کنترلی از فیلتر کالمن چند نرخه جهت ترکیب اطلاعات برای داشتن اندازه‌گیری دقیق از جابه‌جایی، سرعت و به خصوص شتاب در حلقه کنترلی استفاده می‌کنیم.

در این پایان نامه به پیاده‌سازی یک کنترل‌کننده در حضور تخمینگر کالمن برای یک میز با یک درجه آزادی پرداخته شده است. محرک این میز یک موتور الکتریکی می‌باشد که از طریق یک ball-screw به صفحه متحرک متصل شده است. کنترل‌کننده در اینجا مود لغزشی[1] و تخمینگر مورد نظر فیلتر کالمن تعمیم یافته[2] و فیلتر کالمن بهینه[3] می‌باشد. کنترل کننده‌ها و تخمیگر از طریق یک کارت اخذ اطلاعات[4] با سایر اجزای سیستم در ارتباط است. بعد از پیاده‌سازی این تخمینگرها به مقایسه نتایج آنها بایکدیگر پرداخته می‌شود.

[1] Sliding Mode
[2] Extended kalman filter
[3] Unscentad kalman filter
[4] DAQ card

۱-۳- مراحل انجام تحقیق

هدف از کار حاضر طراحی فیلتر کالمن از نوع فیلتر کالمن تعمیم یافته و فیلتر کالمن بهینه به صورت چند نرخه به منظور حذف نویز و بهبود شتاب به دست آمده از سنسور شتاب‌سنج جهت ردیابی هر چه بهتر شتاب میز می‌باشد. سپس در فصل دوم مساله ترکیب اطلاعات تشریح خواهد شد و مروری بر کارهای گذشته در زمینه ترکیب سنسوری خواهیم داشت. در فصل سوم به مدل‌سازی و طراحی کنترل‌کننده میز لرزه پرداخته می‌شود. در فصل چهارم و پنجم نحوه طراحی و پیاده‌سازی الگوریتم‌های مختلف ترکیب اطلاعات سنسوری و فیلتر کالمن پرداخته می‌شود، و از آنجا که این روش در زمینه میز لرزه بررسی کامل نشده است، نیاز هست از آن در حلقه کنترلی استفاده شود. در فصل بعدی نتایج حاصل از فیلترهای کالمن و الگوریتم‌های ترکیب اطلاعات پیاده‌سازی شده بیان و در فصل پایانی نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای کارهای آتی ارائه خواهد شد.