

کنترل غیرخطی مرتبه کسری کاربردی

تألیف:

دکتر هادی دلاوری (عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی همدان)

مهندس حمید حیدری نژاد



سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه	:	دلآوری، هادی، ۱۳۶۰-
عنوان و نام پدید آور	:	کنترل غیرخطی مرتبه کسری کاربردی / هادی دلآوری، حمید حیدری نژاد.
مشخصات ناشر	:	همدان، دانشگاه صنعتی همدان، مرکز نشر، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	:	جدول، نمودار (بخش رنگی)، ج، ۳۵۴ ص.
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۹۵۹۸۵-۴-۰۰
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
نوع	:	معادله دیفرانسیل کسری
موضوع	:	Fractional Differential Equations
موضوع	:	مطلب
موضوع	:	Matlab
موضوع	:	مشتق گیری
موضوع	:	Fractional Calculus
موضوع	:	سابان
موضوع	:	Calculus
شناسه افزوده	:	حیدری، اد، حمید، ۱۳۷۱-
شناسه افزوده	:	ناشر: دانشگاه صنعتی همدان، مرکز نشر
رده بندی کنگره	:	۵۸۳۱۴
رده بندی دیودی	:	۵۱۵/۸۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۶۰۷۳۰۰۳

عنوان کتاب: کنترل غیرخطی مرتبه کسری کاربردی

پدیدآورندگان: دکتر هادی دلآوری و مهندس حمید حیدری نژاد

ناشر: مرکز نشر دانشگاه صنعتی همدان

چاپ اول: بهار ۱۳۹۹

تیراژ: ۱۰۰ جلد

قیمت: ۴۴۵۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۵۹۸۵-۴-۰۰

تلفن مرکز نشر: ۰۸۱۳۸۴۱۱۵۲۲

پیشگفتار.....	۱
فصل اول مفاهیم حسابان کسری.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ گذری بر تاریخچه حسابان کسری.....	۳
۳-۱ انگیزه وارد شدن به این کسری.....	۴
۴-۱ تابع گاما.....	۶
۱-۴-۱ تعریف تابع گاما.....	۶
۲-۴-۱ خواص تابع گاما.....	۷
۵-۱ تابع بتا.....	۹
۶-۱ تابع میتگ - لفلر.....	۱۱
۱-۶-۱ تعریف تابع میتگ - لفلر.....	۱۱
۲-۶-۱ خواص تابع میتگ - لفلر.....	۱۲
۳-۶-۱ تبدیل لاپلاس تابع میتگ - لفلر.....	۱۵
۷-۱ تعاریف حسابان کسری.....	۱۷
۱-۷-۱ تعریف انتگرال مرتبه کسری.....	۱۸
۲-۷-۱ تعریف عملگر مشتق مرتبه کسری گرانوالد - لتنیکوف.....	۲۰
۱-۲-۷-۱ خواص عملگر مشتق مرتبه کسری گرانوالد - لتنیکوف.....	۲۲
۲-۲-۷-۱ تبدیل لاپلاس عملگر مشتق مرتبه کسری گرانوالد - لتنیکوف.....	۲۳

- ۳-۷-۱ تعریف عملگر مشتق مرتبه کسری ریمان - لیوویل..... ۲۴
- ۱-۳-۷-۱ خواص عملگر مشتق مرتبه کسری ریمان - لیوویل..... ۲۴
- ۲-۳-۷-۱ تبدیل لاپلاس عملگر مشتق مرتبه کسری ریمان - لیوویل..... ۲۶
- ۴-۷-۱ تعریف عملگر مشتق مرتبه کسری کپوتو..... ۲۷
- ۱-۴-۷-۱ خواص عملگر مشتق مرتبه کسری کپوتو..... ۲۸
- ۲-۴-۷-۱ تبدیل لاپلاس عملگر مشتق مرتبه کسری کپوتو..... ۳۰
- ۸-۱ خواص کلی مشتق مرتبه کسری..... ۳۰
- ۱-۸-۱ خاصیت خطی ردن..... ۳۰
- ۲-۸-۱ قاعده لایبیتز..... ۳۱
- ۹-۱ تعبیر هندسی مساحت و انکزال مرتبه کسری..... ۳۲
- ۱-۹-۱ یک تعبیر فیزیکی از دفرانسیل ای مرتبه کسری..... ۳۶
- ۱۰-۱ برخی از کاربردهای حسابان کسری..... ۳۸
- ۱-۱۰-۱ مدل سازی مرتبه کسری مدارات انکترانه..... ۳۸
- ۲-۱۰-۱ مدل مرتبه کسری سیستم جرم - فنر - میر..... ۴۳
- ۳-۱۰-۱ مواد ویسکو الاستیک و حسابان کسری..... ۴۷
- ۴-۱۰-۱ مخابرات امن با استفاده از سیستم های آشوبی مرتبه کسری..... ۴۹
- ۵-۱۰-۱ کنترل کننده تناسبی - انتگرالی - مشتقی مرتبه کسری..... ۵۶
- ۱۱-۱ شبیه سازی..... ۵۹
- ۱۲-۱ جمع بندی..... ۶۵
- ۱۳-۱ مسائل..... ۶۷
- فصل دوم مفاهیم اساسی پایداری سیستم های غیر خطی مرتبه کسری..... ۷۱

۷۲.....	۱-۲ مقدمه
۷۳.....	۲-۲ پاسخ معادلات دیفرانسیل مرتبه کسری
۷۳.....	۱-۲-۲ پاسخ معادلات دیفرانسیل مرتبه کسری بر اساس تبدیل لاپلاس
۷۵.....	۳-۲ سیستم‌های غیرخطی مرتبه کسری و نقاط تعادل
۷۶.....	۵-۲ مفاهیم پایداری
۷۷.....	۵-۲ پایداری مجانبی $t^{-\alpha}$
۷۷.....	۶-۲ پایداری میتگ - لفلر
۸۰.....	۷-۲ پایداری سیستم‌های خطی نامتغیر با زمان مرتبه کسری
۸۸.....	۱-۷-۲ شرایط پایداری نامتغیر با زمان خطی سیستم خطی نامتغیر با زمان مرتبه کسری
۹۲.....	۸-۲ پایداری مبتنی بر توابع لیانوف
۹۳.....	۱-۸-۲ پایداری میتگ - لفلر تعمیم یافته
۹۵.....	۲-۸-۲ روش مستقیم لیانوف تعمیم یافته مرتبه کسری
۹۹.....	۳-۸-۲ روش مستقیم لیانوف مرتبه کسری با استفاده از تابع کلاس K
۱۰۵.....	۴-۸-۲ قانون نامعادلات توانی برای پایداری سیستم غیر خطی
۱۰۷.....	۵-۸-۲ مثال‌های کاربردی از بررسی پایداری سیستم غیر خطی مرتبه کسری
۱۱۱.....	۹-۲ تحلیل پایداری سیستم تأخیردار مرتبه کسری
۱۱۱.....	۱-۹-۲ پایداری سیستم‌های خطی نامتغیر با زمان تأخیردار مرتبه کسری
۱۱۲.....	۱-۱-۹-۲ پایداری مبتنی بر بردار ویژه
۱۱۵.....	۲-۱-۹-۲ پایداری زمان محدود
۱۱۹.....	۲-۹-۲ پایداری سیستم‌های غیر خطی تأخیردار مرتبه کسری
۱۲۳.....	۱۰-۲ جمع‌بندی

۱۱-۲ مسائل	۱۲۴
فصل سوم طراحی کنترل کننده مدلغزشی برای سیستم‌های مرتبه کسری	۱۲۷
۱-۳ مقدمه	۱۲۸
۲-۳ کنترل مدلغزشی سیستم خطی نامتغیر با زمان مرتبه کسری	۱۳۰
۱-۲-۳ طراحی کنترل مدلغزشی	۱۳۱
۱-۱-۲-۳ شرایط وجود مدلغزشی	۱۳۲
۲-۲-۳ تحلیل سطح لغزش	۱۳۴
۲-۲-۳ طراحی سطح لغزش بر پایه نامعادله ماتریسی خطی تعمیم یافته	۱۳۵
۱-۲-۲-۳ پایداری در سیستم‌های مرتبه کسری	۱۳۶
۳-۲-۳ معادلات دیفرانسیل مرتبه کسری با سمت راست گسسته	۱۳۸
۴-۲-۳ طراحی کنترل مدلغزشی برای سیستم‌های پایداری لیاپانوف تعمیم یافته	۱۴۰
۱-۴-۲-۳ شرایط وجود مدلغزشی	۱۴۱
۳-۳ ضروری بر طراحی کنترل مدلغزشی	۱۴۲
۴-۳ کنترل مدلغزشی مرتبه کسری برای سیستم غیرخطی	۱۵۰
۱-۴-۳ سطح لغزش تناسبی - مشتقی مرسوم	۱۵۱
۲-۴-۳ سطح لغزش تناسبی - مشتقی مرتبه کسری	۱۵۳
۵-۳ کنترل مدلغزشی مرتبه کسری تطبیقی	۱۵۹
۱-۵-۳ کنترل مدلغزشی مرتبه کسری تطبیقی برای سیستم غیرخطی	۱۵۹
۱-۱-۵-۳ طراحی قوانین تطبیق	۱۶۵
۲-۵-۳ کنترل مدلغزشی مرتبه کسری تطبیقی برای سیستم غیرخطی مرتبه کسری	۱۷۱
۱-۲-۵-۳ طراحی قوانین تطبیق	۱۷۷

۶-۳	کنترل مدلفزشی مرتبه کسری برای سیستم غیرخطی مرتبه کسری	۱۸۴
۱-۶-۳	کنترل مدلفزشی مرتبه کسری برای سیستم مرتبه کسری با مرتبه نامتناسب	۱۸۴
۲-۶-۳	کنترل مدلفزشی مرتبه کسری برای سیستم غیرخطی نامعین مرتبه کسری	۱۹۳
۷-۳	کنترل مدلفزشی ترمینال مرتبه کسری	۲۰۴
۱-۷-۳	کنترل مدلفزشی ترمینال مرتبه کسری برای سیستم غیرخطی	۲۰۵
۱-۱-۷-۳	کنترل مدلفزشی ترمینال مرتبه صحیح	۲۰۶
۲-۱-۷-۳	کنترل مدلفزشی ترمینال مرتبه کسری	۲۰۷
۲-۷-۳	کنترل مدلفزشی ترمینال مرتبه کسری برای سیستم غیرخطی مرتبه کسری	۲۱۳
۸-۳	ترکیب کنترل پسگام با کنترل مدلفزشی	۲۲۵
۱-۸-۳	کنترل پسگام	۲۲۶
۱-۱-۸-۳	کنترل پسگام مرتبه صحیح	۲۲۶
۲-۱-۸-۳	کنترل پسگام مرتبه کسری	۲۳۱
۲-۸-۳	کنترل پسگام مدلفزشی	۲۳۷
۳-۸-۳	کنترل پسگام مدلفزشی مرتبه کسری	۲۴۲
۹-۳	پایدارسازی سیستم غیرخطی مرتبه کسری بر پایه نامعادله ماتریسی خطی	۲۴۴
۱-۹-۳	طراحی کنترل پسخورد مبتنی بر نامعادله ماتریسی خطی	۲۴۶
۱۰-۳	جمع‌بندی	۲۵۸
۱۱-۳	مسائل	۲۵۹
	فصل چهارم شبیه‌سازی کنترل‌کننده مدلفزشی با نرم‌افزار MATLAB	۲۶۳
۱-۴	مقدمه	۲۶۴
۲-۴	مروری بر تکنیک‌های شبیه‌سازی	۲۶۵

۳-۴	تاریخچه نرم افزار MATLAB.....	۲۶۶
۴-۴	جعبه ابزارهای حسابان کسری.....	۲۶۷
۱-۴-۴	روش های تقریب مشتق و انتگرال مرتبه کسری.....	۲۶۸
۱-۱-۴-۴	روش بسط کسرهای نامتناهی و تکنیک درون یابی.....	۲۶۹
۲-۱-۴-۴	روش برازش منحنی.....	۲۷۱
۳-۱-۴-۴	تقریب با روش کرون.....	۲۷۳
۵-۴	سبب سازی کنترل کننده مدلفزشی برای سیستم غیرخطی.....	۲۷۴
۱-۵-۴	شبیه سازی سیستم غیرخطی.....	۲۷۴
۲-۵-۴	شبیه سازی کنترل کننده مدلفزشی مرتبه صحیح.....	۲۷۹
۳-۵-۴	شبیه سازی کنترل کننده مدلفزشی مرتبه کسری.....	۲۸۴
۶-۴	شبیه سازی کنترل کننده مدلفزشی مرتبه کسری برای سیستم مرتبه کسری.....	۲۸۸
۱-۶-۴	شبیه سازی سیستم غیرخطی مرتبه کسری.....	۲۸۹
۲-۶-۴	شبیه سازی کنترل کننده مدلفزشی مرتبه کسری.....	۲۹۲
۷-۴	شبیه سازی کنترل کننده مدلفزشی ترمینال.....	۲۹۹
۱-۷-۴	شبیه سازی کنترل کننده مدلفزشی ترمینال مرتبه کسری.....	۲۹۹
۸-۴	شبیه سازی کنترل کننده پسگام مدلفزشی.....	۳۰۶
۱-۸-۴	شبیه سازی کنترل کننده پسگام مدلفزشی مرتبه صحیح.....	۳۰۶
۲-۸-۴	شبیه سازی کنترل کننده پسگام مدلفزشی مرتبه کسری.....	۳۱۲
۱-۲-۸-۴	بررسی تأثیر اغتشاش و نامعینی.....	۳۱۶
۹-۴	جمع بندی.....	۳۱۹
۱۰-۴	مسائل.....	۳۲۰

- مراجع..... ۳۲۲
- پیوست ۱: اثبات لم ۲-۴ با استفاده از تبدیل لاپلاس..... ۳۳۰
- پیوست ۲: نحوه اضافه کردن جعبه‌ابزار مرتبه کسری به کتابخانه MATLAB..... ۳۳۰
- پیوست ۳: تشریح نقص مشتق‌گیری در سیمولینک..... ۳۳۲
- واژه‌نامه فارسی به انگلیسی..... ۳۳۵
- واژه‌نامه انگلیسی به فارسی..... ۳۴۱
- نمایه..... ۳۴۷

پیشگفتار

حسابان کسری یکی از موضوعات قدیمی علم ریاضیات به شمار می‌رود که در سال‌های اخیر پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در حوزه تحلیلی داشته است. به ویژه امروزه کاربرد حسابان کسری در مهندسی کنترل توجه بسیاری از محققان و مهندسان را به خود جلب نموده است. حسابان کسری توانسته است موجب بهبود کارایی و عملکرد بسیاری از سیستم‌های کنترلی شود. بسیاری از سیستم‌ها و فرایندها دارای معادلات دیفرانسیلی غیرخطی هستند که طراحی کنترل‌کننده مناسب برای این سیستم‌ها به منظور ارتقای کارایی و افزایش مقاومت آنها در مقابل نامعینی‌ها و اغتشاشات، امری ضروری به نظر می‌رسد. تحقیقات متعددی نشان داده‌اند که مدل‌سازی با استفاده از حسابان کسری سبب افزایش دقت در مدل‌سازی خواهد شد. ظهور مدل‌های مرتبه کسری موضوع طراحی کنترل‌کننده مبتنی بر این مدل‌ها، توجه مهندسان را به خود جلب کرده است. کتاب حاضر درصدد است ضمن معرفی سیستم‌های غیرخطی، مرتبه کسری، طراحی کنترل‌کننده‌های غیرخطی مرتبه کسری کاربردی را هم بصورت تئوریک و هم بصورت شبیه‌سازی با زبانی ساده و کاربردی مورد بحث و بررسی قرار دهد. مخاطبین این کتاب کلیه دانشجویان رشته‌های مهندسی از جمله مهندسی برق، مهندسی پزشکی، مهندسی مکانیک، مهندسی مکاترونیک، مهندسی شیمی و... رشته‌های علوم پایه از جمله ریاضی کاربردی، فیزیک و... و همچنین کلیه علاقه‌مندان ورود به زمینه‌های حسابان کسری می‌باشند.

در دو دهه گذشته، معادلات دیفرانسیل مرتبه کسری به طرز گسترده برای مدل‌سازی پدیده‌های مختلف فیزیکی مورد استفاده قرار گرفته است. در واقع، حسابان کسری در بسیاری از زمینه‌ها از جمله در معادلات دیفرانسیل و انتگرال، فیزیک، پردازش سیگنال، مکانیک سیالات، ویسکوالاستیک، زیست‌شناسی ریاضی، الکتروشیمیایی و بسیاری از زمینه‌های دیگر کاربرد دارد. حسابان کسری تبدیل به یک روش ریاضی جدید و جذاب شده است که می‌تواند در جهت حل مشکلات متنوع در ریاضیات، علوم و مهندسی به کار گرفته شود. موضوع بررسی پایداری سیستم‌های مرتبه کسری در سال‌های اخیر توجه بسیاری از محققان را به خود جلب نموده است. علاوه بر این طراحی کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری با سرعت بسیار بالایی در حال رشد است و امروزه جزء مباحث داغ حسابان کسری به شمار می‌رود که این موضوع در

مقالات متعددی گزارش شده است. همچنین حسابان کسری با بسیاری از کنترل‌کننده‌های غیرخطی مرتبه صحیح از جمله کنترل مدلفزشی و کنترل پسگام و... ترکیب شده است که نتایج شبیه سازی‌ها، بهبود عملکرد آن کنترل‌کننده‌ها را نشان می‌دهد. کنترل مدلفزشی یک کلاس خاص از کنترل ساختار متغیر است که به عنوان یک ابزار مؤثر برای مقابله با عدم قطعیت‌ها و اغتشاشات در بسیاری از سیستم‌های کاربردی مورد توجه قرار گرفته است. کنترل مدلفزشی و کنترل ساختار متغیر برای بهبود عملکرد و مقاومت سیستم حلقه بسته طراحی می‌شوند. کنترل مدلفزشی ویژگی‌های جذابی دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به عدم حساسیت به نا-مینی سازگار، کاهش مرتبه، سادگی در طراحی و مقاومت در مقابل اغتشاشات اشاره کرد.

در فصل اول، ابتدا به نیازهای ریاضیاتی مورد نیاز برای آشنایی با حسابان کسری ارائه می‌شود. سپس روابط مشتق و انتگرال مرتبه کسری در تعاریف ریمان - لیوویل، گرانوالد - لیتنیکوف و کپوتو ارائه خواهد شد. در خلال ارائه هریک از این تعاریف خصوصیات آن‌ها به طور مفصل تشریح می‌شود. در اینجا، که تبدیل لاپلاس اهمیت زیادی در حسابان کسری دارد، لذا نحوه محاسبه تبدیل لاپلاس، مدت‌های مرتبه کسری با تعاریف مختلف ارائه شده است. در انتهای این فصل برای درک اهمیت حسابان کسری چند مورد از مهم‌ترین کاربردهای آن ارائه شده است.

در فصل دوم مفاهیم پایداری سیستم‌های مرتبه کسری بررسی شده است. در ابتدا معادلات دیفرانسیل مرتبه کسری معرفی شده‌اند و به طور مختصر نحوه محاسبه پاسخ معادلات دیفرانسیل مرتبه کسری با استفاده از تبدیل لاپلاس ارائه شده است. سپس موضوعات اولیه بررسی پایداری سیستم‌های مرتبه کسری مانند نقطه تعادل سیستم‌های غیرخطی مرتبه کسری و پایداری میتگ - فلر ارائه شده است. پایداری سیستم‌های نامتغیر با زمان مرتبه کسری در یک بخش مجزا ارائه شده است. بحث پایداری سیستم‌های مرتبه کسری از جمله موضوعات داغ و چالش برانگیز حسابان کسری است. در فصل دوم موضوعات مهمی پیرامون پایداری سیستم‌های غیرخطی مرتبه کسری، پایداری مجانبی و پایداری مبتنی بر توابع کلاس K به طور مفصل بررسی شده‌اند. تئوری‌های مهم و کاربردی این بخش به طور کامل به اثبات رسیده‌اند، اساس این بخش بر پایه تئوری پایداری لیاپانوف تعمیم یافته برای سیستم‌های غیرخطی مرتبه کسری بنانهاده شده است. قانون معادلات

توانی برای کاربردی‌تر نمودن تئوری پایداری لیاپانوف تعمیم یافته مرتبه کسری ارائه شده است. در نهایت بحث پایداری سیستم‌های خطی و غیرخطی تأخیردار مرتبه کسری به طور کاربردی ارائه شده است. در تمام این فصل مثال‌های کاربردی جهت درک بهتر موضوع ارائه شده است.

هدف فصل سوم ارائه روش‌های طراحی کنترل‌کننده‌های مدلغزشی مرتبه کسری برای سیستم‌های غیرخطی مرتبه کسری است. در ابتدا به منظور ایجاد یک دیدگاه مناسب، طراحی کنترل مدلغزشی برای سیستم‌های خطی نامتغیر با زمان (مرتبه صحیح) تشریح شده است. سپس یک مرور کلی بر روش طراحی کنترل مدلغزشی (مرتبه صحیح) برای سیستم‌های غیرخطی (مرتبه صحیح) انجام شده است و در ادامه روش کنترل مدلغزشی مرتبه کسری برای سیستم‌های غیرخطی بر اساس روش مرسوم توسعه داده شده است. سپس کنترل مدلغزشی مرتبه کسری برای یک کلاس از سیستم‌های غیرخطی مرتبه کسری طراحی شده است. روش کنترل مدلغزشی تبدیل به دلیل همگرایی زمان محدود، از جمله روش‌های پرترفدار برای سیستم‌های غیرخطی است. در این بخش در ابتدا یک کنترل‌کننده مدلغزشی ترمینال مرتبه کسری برای سیستم‌های غیرخطی مرتبه دو طراحی گردیده است و سپس یک کنترل‌کننده مدلغزشی ترمینال مرتبه کسری برای یک کلاس از سیستم‌های غیرخطی مرتبه کسری طراحی شده است. کنترل پسونگام و ترکیب آن با کنترل مدلغزشی به دلیل مقاومت بالا در مقابل اغتشاشات و نامعینی‌ها هدواره مؤثر، توجه پژوهشگران قرار گرفته است، لذا در انتهای این فصل نحوه طراحی کنترل پسونگام برای یک کلاس از سیستم‌های غیرخطی مرتبه صحیح و مرتبه کسری تشریح شده است. سپس روش‌هایی به منظور ترکیب کنترل پسونگام با کنترل مدلغزشی ارائه شده است. در تمامی بخش‌ها نیز فصل اثبات پایداری کنترل‌کننده‌ها با استفاده از روش‌های مرسوم و روش‌های جدید مانند تئوری پایداری لیاپانوف تعمیم یافته برای سیستم‌های مرتبه کسری انجام شده است.

امروزه شبیه‌سازی‌های عددی و کامپیوتری کم‌هزینه‌ترین و مؤثرترین روش برای بررسی عملکرد سیستم‌ها و کنترل‌کننده‌هاست. با استفاده از شبیه‌سازی می‌توان بازدهی و ویژگی‌های عملکردی سیستم، تحت کنترل‌کننده را در شرایط شبه واقعی بررسی کرد. فصل چهارم این کتاب به این بحث مهم اختصاص یافته است. در این فصل یک سیستم نمونه برای پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌های طراحی شده در فصل سوم انتخاب شده است. سیستم

ژیروسکوپ با داشتن یک مدل غیر خطی مرتبه صحیح به دلیل رفتار غیر خطی آشوبی می تواند یک مدل مناسب برای محک زدن کنترل کننده های طراحی شده باشد. علاوه بر این اخیراً یک مدل فرضی غیر خطی مرتبه کسری نیز برای سیستم ژيروسکوپ ارائه شده است که با استفاده از کنترل کننده های مدلفزشی مرتبه کسری طراحی شده مورد بررسی قرار می گیرد. در تمامی بخش های فصل چهارم نحوه طراحی کنترل کننده ها بیان شده است و به طور مفصل نحوه شبیه سازی سیستم غیر خطی مرتبه صحیح و مرتبه کسری تحت کنترل کننده های مدلفزشی مرتبه صحیح و مرتبه کسری در نرم افزار MATLAB و محیط سیمولینک این نرم افزار تشریح شده است. برای پیاده سازی عملگرهای حسابان کسری در نرم افزار MATLAB از جعبه ابزارهای حسابان کسری رایج در مجامع علمی دنیا استفاده شده است.

کتاب حاضر، حاصل سالها مطالعه، تحقیق و تدریس در زمینه سیستم ها و کنترل کننده های مرتبه کسری می باشد که چندین سال زمان برای تصنیف، ویرایش و چندین مرحله بازخوانی کتاب صرف شده است. نگارندگان کتاب بر خود لازم می دانند تا از کلیه اساتید ارجمند و همکاران گرامی که مشوق تصنیف و انتشار این کتاب بوده اند و نظرات ارزشمند ایشان در نگارش این کتاب بسیار موثر بوده است، به میمانه تشکر و قدردانی نمایند. بی شک تصنیف این کتاب بدون حمایت های مستدام و بی نظر اعضای خانواده نگارندگان کتاب، میسر نبود، لذا از حمایت های بی دریغشان کمال تشکر و قدردانی را به عمل می آوریم. این کتاب تقدیم می گردد به تمامی عزیزانی که پیشرفت و ترقی نام کشور عزیزمان، مرهون تلاش ها، مجاهدت ها و از خودگذشتگی های ایشان است؛ تمامی عالمان، علما، فرهیختگان و شهیدان این مرز و بوم، به ویژه سردار شهید محمد دلاوری فرمانده گران خیز در عملیات رمضان.

از کلیه خوانندگان و فرهیختگان گرامی دعوت می شود تا نظرات، انتقادات و پیشنهادات خود را در رابطه با این کتاب به ایمیل delavari@hut.ac.ir ارسال فرمایند.