

به نام خداوند جان و خرد

طراحی تحلیلی سیستم‌های فیدبکی با روش درونیابی

د. آلف پیتز دوراتو

استاد فقید دانشگاه مرکزی کوی آمریکا

مترجم: امین رضائی

عضو هیات علمی دانشگاه بناب

انتشارات دانشگاه بناب

تابستان ۱۳۹۵

آیا آنان که می‌دانند با آنان که نمی‌دانند برابری؟ (قرآن کریم)

پس از حمد و سپاس و ستایش به درگاه بی‌همتای احدیت و درود بر محمد مصطفی (ص)، عالی نمونه بشریت که در تاریخ دور تاریخ، بنا به فرمان نافذ صمدیت از میان مردمی برخاست که خود بودند در پس‌ترین حد توحش و ضلال و بربریت و آنگاه با قوانین شامل خویش هم ایشان را راهبری نمود. رهانید از بدویت و استعانت جوییم از قرآن کریم، کتابی که هست جاودانه و بی‌نقص تا ابدیت.

بسیار خرسندیم که ایزد با این فرصت را به ما ارزانی داشته تا گام‌هایی هر چند کوچک در راه توسعه و نشر دستاوردهای علمی کشور برداریم و با استمداد از عنایت خداوند و در پرتو همت نویسندگان، مترجمان و متخصصان زمین و متعهد بتوانیم در اعتلاء علمی و فرهنگی کشور عزیزمان ایران سهمی ناچیز داشته باشیم.

انتشارات دانشگاه بناب با اهداف علمی و فرهنگی در جهت ارتقاء آگاهی و معلومات اقدام به نشر آثار مورد نیاز جامعه علمی و دانشگاهی به قلم اساتید فرهیخته دانشگاه می‌نماید و تلاش در جهت رشد و شکوفایی هر چه بیشتر در زمینه‌های مختلف علمی را در سرلوحه فعالیت‌های خویش قرار داده است.

اگرچه تلاش بر این بوده که این مجموعه عاری از هرگونه نقص و اشتباه باشد ولی می‌دانیم کار بی‌نقص فقط از دانای کل برمی‌آید و این کار نیز بی‌خلل نیست لذا از محبت خوانندگان، محققان و صاحب نظران جهت ارایه نظرات و پیشنهادات برای هر چه بهتر شدن سطح علمی انتشارات این دانشگاه باری می‌طلبیم.

انتشارات دانشگاه بناب

این کتاب به‌عنوان متممی برای کتاب‌های مقدماتی موجود درباره کنترل فیدبکی در نظر گرفته شده است. اغلب کتاب‌های مقدماتی در این زمینه، تکنیک‌های طراحی آزمون و خطا را بر پایه روش‌های مکان هندسی و معیار پایداری نایکویست ارائه می‌کنند. هدف این متمم، ارائه روشی تحلیلی برای طراحی فیدبکی است. روش تحلیلی انتخاب شده، روش درونیابی است چون به کمترین مقدار ریاضیات نیاز دارد. واژه تحلیلی بدین معناست که مساله وجود یک راه حل سامان‌دهی شده است و زمانی که راه حلی وجود دارد، الگوریتمی تضمینی برای حل مساله در دسترس است. این روش در تقابل شدید با روش‌های آزمون و خطا است که در آنها وجود یک راه حل مشخص نیست و الگوریتم آزمون و خطا شاید به راه حلی برسد و یا شاید هم نرسد.

در دانشگاه نیومکزیکو^۱، ما یک واحد توابع تبدیل بر پایه روش تحلیلی ارائه شده در اینجا (اکثر مباحث فصل‌های ۱ و ۳) طی حدود شش ساعت درسی در درس کنترل فیدبکی مقدماتی دوره کارشناسی، تدریس می‌کنیم. این دوره برای همه گرایش‌های مهندسی برق اجباری شده است. ما همچنین مطالبی درباره روش تحلیلی^۲ با تمرکز روی طراحی کنترل دیجیتال (فصل ۴) و طراحی کنترل مقاوم (فصل ۵)، در دومین درس کنترل که اختیاری است، گنجانده‌ایم. سخنرانی‌های خاصی درباره طراحی تحلیلی بر پایه این مطلب در تعدادی از دانشگاه‌های خارج از ایالات متحده از جمله دانشگاه کاتانیا^۳، پلی تکنیک تورین^۴، دانشگاه رم^۵ و دانشگاه کالابریا^۶ ارائه شده است.

در خارج از ایالات متحده، اولین درس کنترل معمولاً طراحی تحلیلی به وسیله روش‌های فضای حالت را شامل می‌شود که ما آن را در دومین درس کنترل^۷ پوشش می‌دهیم. اغلب گرایش‌ها در مهندسی برق، مکانیک و شیمی یک درس کنترل مقدماتی دارند که در آن می‌توان بعضی مطالب درباره طراحی تحلیلی را گنجاند. بیشتر مطالب پیشرفته در زمینه طراحی تحلیلی، هم بر پایه توابع تبدیل و هم بر پایه فضای حالت، را می‌توان در دروس بعدی کنترل گنجاند. با این که شاید مدل‌ها از رشته‌ای به رشته دیگری متفاوت باشد ولی تئوری برای اغلب رشته‌ها مشترک است.

¹ University of New Mexico

² University of Catania

³ Polytechnic of Turin

⁴ University of Rome/Tre

⁵ University of Calabria

مایلم از همه کسانی که با خواندن دست نوشته اصلی، نظرات مفیدی را ارائه داده‌اند قدردانی کنم: تنودور جافریس^۱ از دانشگاه ماساچوست/امرست^۲؛ جو حوزه^۳ از دانشگاه تگزاس ای اند ام^۴؛ مارتین کالیسکی^۵ از دانشگاه پلی تکنیک ایالت کالیفرنیا^۶؛ مایکل پولیز^۷ از دانشگاه اوکلند^۸ و دیوید تیلور^۹ از انستیتو تکنولوژی جورجیا^{۱۰}. من برای کمک‌های گرانبهایی که از چائوکی عبدالله^{۱۱} از کالج خودم در توسعه این کتاب دریافت کردم، سپاسگزارم. من همچنین مایلم از پروفیسور لونیجی فورتونا^{۱۲} از دانشگاه کاتانیا^{۱۳}؛ جورج منگا^{۱۴} از پلی تکنیک تورین، آنتونیو تورنامبه^{۱۵} از دانشگاه رم و لوسیانو کاروتنوتو^{۱۶} از دانشگاه کالابریا به خاطر عنایتشان به کنفرانس‌های داده شده در دانشگاه‌هایشان درباره طراحی تحلیلی سپاسگزارم. این کنفرانس‌ها در توسعه مطالب ارائه شده در اینجا بسیار سودمند بوده‌اند.

پیتر دوراتو

¹ Theodor Djaferis

² University of Massachusetts/Amherst

³ Jo Howze

⁴ Texas A & M University

⁵ Martin Kalish

⁶ California Polytechnic State University

⁷ Michael Pollalis

⁸ Oakland University

⁹ David Taylor

¹⁰ Georgia Institute

¹¹ Chaouki Abdallah

¹² Luigi Fortuna

¹³ University of Catania

¹⁴ Giuseppe Menga

¹⁵ Antonio Tornambe

¹⁶ Luciano Carotenuto

فصل ۱ مقدمه

۱	۱-۱ طراحی تحلیلی در برابر طراحی آزمون و خطا
۳	۲-۱ برخی از روش‌های طراحی تحلیلی
۵	۳-۱ پایداری داخلی
۶	۴-۱ روش درونیابی
۸	۵-۱ مدلسازی و مثال‌های عددی
۸	۶-۱ پیش‌نیازها

فصل ۲ طراحی جبرانسازهای پایدار

۱۱	۱-۲ مقدمه
۱۲	۲-۲ پارامتری‌سازی یونیت
۲۰	۳-۲ طراحی با جبرانسازهای پایدار
۲۲	۴-۲ نکات و مراجع
۲۲	۵-۲ مسائل

فصل ۳ طراحی با جبرانسازهای ناپایدار

۲۵	۱-۳ مقدمه
۲۵	۲-۳ طراحی Q-پارامتر
۳۳	۳-۳ پارامتری‌سازی یولا
۳۴	۴-۳ کنترل مدل داخلی
۳۵	۵-۳ نکات و مراجع
۳۶	۶-۳ مسائل

فصل ۴ طراحی کنترل دیجیتال

۳۹	۱-۴ مقدمه
۴۰	۲-۴ پایداری داخلی
۴۱	۳-۴ پاسخ بی‌تپش
۴۱	۴-۴ طراحی L-پارامتر دیجیتال
۴۳	۵-۴ طراحی Q-پارامتر دیجیتال
۴۵	۶-۴ نکات و مراجع
۴۵	۷-۴ مسائل

فصل ۵ طراحی مقاوم

۴۷	۱-۵ مقدمه
۴۸	۲-۵ طراحی حاشیه بهره
۵۲	۳-۵ پایداری سازی مقاوم
۵۵	۴-۵ پایداری سازی همزمان دو پلنت
۵۸	۵-۵ سیستم‌های غیرفعال
۶۱	۶-۵ نکات و مراجع
۶۲	۷-۵ مسائل

پیوست الف رونیابی با توابع SPR

۶۵	الف-۱ مقدمات
۶۶	الف-۲ الگوریتم رونیابی
۶۹	الف-۳ رونیابی کردن رونیته به وسیله توابع SPR

پیوست ب معیارهای پایداری

۷۳	ب-۱ معیار پایداری نایکونیست
۷۷	ب-۲ مکان هندسی ریشه‌ها
۷۸	ب-۳ معیار پایداری لینارد - چپارت
۸۱	فهرست مراجع