بسمه تعالی

کنترل بهینه و حساب تغییرات

مولف

Eind R. Pinch

ترجمه

دکتر محمد هادی فراهی

دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

تابستان ۱۳۸۵

www.ketab.ir

سرشناسه:	پنچ، انت .Pinch, Eind R
عنوان و پدیدآوران:	کنترل بهینه و حساب تغییرات / مؤلف انیدار پنچ؛ ترجمه محمد هادی فراهی.
مشخصات نشر:	مشهد: بنفشه، ۱۳۸۵.
مشخصات ظاهری:	۲۸۴ ص.: مصور.
شابک:	(ISBN: 964-6576-50-8)
شرایط تهیه و بها:	۲۶۰۰۰ ریال.
یادداشت:	فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیپا.
یادداشت:	Optimal Control and the Calculus of Variations 1993.
موضوع:	حساب تغییرات.
موضوع:	نظریه کنترل.
شناسه افزوده:	فراهانی، محمد هادی، ۱۳۲۷ - ، مترجم.
رده‌بندی کنگره:	QA ۳۱۵
نشانه اثر:	۱۳۸۵ ۹ک ۹ پ /
رده‌بندی دیویی:	۵۱۵/۶۴
شماره کتابخانه ملی:	۸۵-۲۰۱۳۲ م

کنترل بهینه و حساب تغییرات

تألیف

انیداز پنچ

ترجمه

محمد هادی فراهی

وزیری، ۲۸۸ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، پاییز ۱۳۸۵

امور فنّی و چاپ: مؤسسهٔ چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۲۶۰۰۰ ریال

www.ketab.ir

پیشگفتار مولف

هدف این کتاب معرفی نظریه کنترل بهینه به خوانندگانی است که علاقه جدی به مفاهیم ریاضی این نظریه دارند. به نظر می‌رسد پیش زمینه‌ای در آنالیز، جبر و روشهای ریاضی به ان اندازه که یک دانشجوی کارشناسی ساعی بریتانیایی بعد از دو سال فرا می‌گیرد برای مطالعه کتاب کافی باشد. فهرستی از کتب که مطالب فوق را پوشش می‌دهند در کتابنامه آخر کتاب آورده شده است.

موضوع محوری در نظریه کنترل بهینه اصل بیشینه پونتریاگین است. بعضی از مولفین این اصل را به طور کامل و بر اساس این فرض که خواننده پیش زمینه‌ای قوی در نظریه اندازه و آنالیز تابعی دارد، اثبات کرده‌اند. یک اشکال این دیدگاه این است که اثبات را غیر قابل دسترسی برای علاقه‌مندان به ریاضی کاربردی و مهندسی می‌کند که می‌خواهند از نتایج این اصل برای حل مسایل کاربردی استفاده نمایند. آنچه لازم به ذکر است یک اثبات کامل اما مقدماتی از اصل بیشینه‌سازی می‌باشد و این کار در فصل ٦ انجام شده است.

مولف چندین سال نظریه کنترل بهینه را برای دانشجویان سال سوم کارشناسی ریاضی تدریس کرده است و دیدگاههای متفاوتی را در تدریس این موضوع آزموده است. به تجربه دریافته‌ام که دانشجویان، مفاهیم نظریه کنترل بهینه را هنگامی کاملاً درک می‌کنند و می‌توانند از توان و زیبایی اصل بیشینه استفاده کنند که به این اصل بعد از مطالعه بهینه سازی توابع و روشهای حساب

www.ketab.ir

تغییرات بپردازند. این دیدگاهی است که در این کتاب نیز رعایت شده است. با نگاهی به مساله کمینه کلی توابع یک متغیره شروع می‌کنیم و سنگ بنا را در همین جا می‌گذاریم.

کتاب شامل تعداد زیادی مثال کاربردی و نیز تمرینات زیادی برای دانشجویان است. کاملاً ضروری است که دانشجویان به حل تمرینات اقدام کنند؛ تنها هنگامی که یک نظریه عمومی در مثالهای ویژه مورد استفاده قرار گیرد درک عمیق از نظریه شروع می‌شود و تداوم می‌یابد. این روش ممکن است قدری سخت باشد . ولی کاملاً اساسی است. جواب تمرینات در بخش آخر کتاب همراه با راهنماییهایی که به دانشجویان در حل مسایل خیلی مشکل کمک می‌کند، اورده شده است.

افراد زیادی در اینجا، در منچستر، بوده‌اند که کمک آنها بسیار با ارزش بود. خانم فرانسکا ان ویسل، دست نوشته‌های اینجانب را به زیبایی و با حوصله تایپ کرده‌اند. دکتر پل مارتین تایپ شده‌ها را با دقت وافر مطالعه نمود. مولف از دکتر گرانت واکر به خاطر بحث‌های مفید وی در هنگامی که بخش مجموعه‌های محدب را در حال نوشتن بود، تشکر ویژه دارد. به جز از اشخاص فوق، از دکتر گرام لیتل برای کمک ارزنده ایشان در بخش مشکل اثبات اصل بیشینه نیز تشکر و سپاسگزاری می‌کنم.

مولف دیاگرام‌ها را با استفاده از نرم‌افزار Ghost 80 روی ماشین Amdahl 5890 300 E در دانشگاه منچستر رسم کرده است. تجربیات کسب شده در این مورد ارزشمند بوده‌اند. استفاده از یک نرم‌افزار گرافیکی خوب برای رسم مسیرهای بهینه و منحنی‌های کلید ان چیزی است که مولف به خوانندگان توصیه می‌کند.

اینند. آر. پینج

www.ketab.ir

پیشگفتار مترجم

کتاب حاضر اشاره به مطالب اصلی نظریه کنترل بهینه دارد. نظریه‌ای جدید که از متن حساب تغییرات و نظریه بهینه‌سازی بیرون آمده است.

این کتاب اگرچه برای یک درس نظریه کنترل بهینه در رشته ریاضی و ریاضی کاربردی برای یک نیمسال تحصیلی ایده‌ال است، اما می‌تواند برای مهندسین و محققین علوم تجربی نیز که علاقه‌مند به این موضوع هستند، کاملاً مفید باشد.

شروع نظریه کنترل بهینه، با بررسی مساله کمینه سازی توابع چند متغیره آغاز می‌شود، سپس بحث از اینجا با شرح و تفسیری در حساب تغییرات به سمت موضوع اصلی، یعنی دستگاههای کنترل بهینه که با معادلات دیفرانسیل خطی همراهی می‌شوند هدایت می‌گردد. این دیدگاه دانشجویان را قادر می‌سازد تا هم‌ذات بودن این سه زمینه مهم ریاضیات را مشاهده کنند.

در این کتاب و در هر فصل، بخشهایی به تمرینات اختصاص یافته و نیز در هر بخش مثالهای کاربردی زیادی حل شده‌اند. حل کامل بعضی از تمرینات و یا راهنماییهای آنها، در آخر کتاب پیش‌بینی شده که کتاب را برای محققین، بدون حضور در کلاس، به اندازه دانشجویی که در کلاس به این درس می‌پردازد، جذاب می‌کند.

در اینجا لازم می‌دانم که صمیمانه‌ترین تشکرات قلبی خود را از همکار گرامی و دانشمندم، جناب آقای دکتر محمد صال مصلحیان، که ویراستاری کتاب را به عهده گرفتند ابراز دارم. از

www.ketab.ir

آقای مسعود چابک‌سوار که تقبل زحمت حروفچینی وصفحه آرایی ظریفانه کتاب را انجام دادند نیز صمیمانه سپاسگزارم.

بی‌تردید کتاب حاضر خالی از ایراد و اشکال نیست. از خوانندگان گرامی تقاضا دارم چنانچه به مواردی از اشکال در ترجمه برخورد کردند منت نهاده اینجانب را مطلع سازند، قبلاً از این مساعدت سپاسگزاری می‌کنم.

محمد هادی فراهی
دانشگاه فردوسی مشهد ۱۳۸۵

www.ketab.ir

فهرست مندرجات

۱ مقدمه ۹

بیشینه و کمینه توابع ۱۰

حساب تغییرات ۱۲

کنترل بهینه ۱۸

۲ بهینه سازی در R^n ۲۲

توابع یک متغیره ۲۲

نقاط بحرانی، نقاط انتهایی و نقاط ناپیوستگی ۲۶

توابع چند متغیره ۲۸

کمینه سازی مقید ۳۲

www.ketab.ir

یک تعبیر هندسی ٣٦

تشخیص کمینه از بیشینه ۴٠

۳ حساب تغییرات ۴۵

مسأله با نقطه انتهایی ثابت ۴۵

مسایل با نقطه انتهایی غیر ثابت ۵۴

محاسبه منحنی‌های کمینه ٦٠

مسایل ثابت محیطی ٦٩

شرایط کافی ٧٣

میدان اکسترمال‌ها ٧۵

انتگرال ناوردای هیلبرت ٧٨

نیمه میدان‌ها و شرط ژاکوبی ٨٢

۴ کنترل بهینه ۱: نظریه ٨٨

مقدمه ٨٨

کنترل یک دستگاه ساده مرتبه اول ٨٩

www.ketab.ir

دستگاههایی که با معادلات دیفرانسیل معمولی همراه شده‌اند ۹۰
مسأله کنترل بهینه ۹۲
اصل بیشینه پونتریاگین ۹۹
کنترل بهینه به منحنی‌های هدف ۱۲۳
۵ کنترل بهینه ۲: کاربردها ۱۲۷
مقدمه ۱۲۷
کنترل زمان بهینه در یک دستگاه خطی ۱۲۷
کنترل بهینه به منحنی‌های هدف ۱۶۷
کنترل‌های تکین ۱۷۸
کنترل بهینه سوخت ۱۸۱
مسایلی که در آنها هزینه به $x(t_1)$ بستگی دارد ۱۹۰
دستگاه‌های خطی با تابع هزینه درجه دوم ۱۹۵
معادله پایای ریکاتی ۲۰۰

www.ketab.ir

حساب تغییرات تعدیل شده ۲۰۳

۶ اثبات اصل بیشینه پونتریاگین ۲۰۸

مجموعه‌های محدب در R^n ۲۱۰

معادلات خطی شده وضعیت ۲۱۷

رفتار تابع هامیلتونی H روی مسیر بهینه ۲۱۹

شرایط کافی برای کنترل بهینه ۲۴۵

ضمیمه، پاسخ و راهنمایی تمرینات ۲۴۷

فهرست الفبایی ۲۷۵

واژه نامه انگلیسی - فارسی ۲۷۸

www.ketab.ir