

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بهینه‌سازی محدب

جلد ۲ (کاربردها و الگوریتم‌ها)

نویسندگان
استفان بوید
لایون وندنبرگ

مترجمان
دکتر جعفر پوررستم
استادیار دانشکده مهندسی برق و رایانه دانشگاه تبریز

مهندس سیدحسین موسوی
دانشجوی دکتری مخابرات سیستم دانشگاه تبریز

انتشارات دانشگاه تبریز

تبریز-۱۳۹۹

سرشناسه	بویداستینون پی، ۱۹۵۸- م، Boyd, Stephen P. 1958-
عنوان و نام پدیدآور	بهبه‌سازی محدب/ نویسندگان استفان بوید، لایون وندنبرگ؛ مترجم جعفر پوررستم، سیدحسین موسوی، میرمهدی صفری؛ ویراستار ادبی محمدرضا عابدی.
مشخصات نشر	تبریز: دانشگاه تبریز، انتشارات، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	ج۲: مصور، جدول.
فروست	انتشارات دانشگاه تبریز
شابک	دوره: ۹۷۸-۶۰۰-۸۸۶۴-۹۳-۶ : ج.۱ : ۹۷۸-۶۰۰-۸۸۶۴-۹۴-۳ : ج.۲ : ۹۷۸-۶۰۰-۸۸۶۴-۹۵-۰
وضعیت فهرست نویسی	ج.۲ : ۹۷۸-۶۰۰-۸۸۶۴-۹۵-۰
یادداشت	فیبا
یادداشت	عنوان اصلی: Convex Optimization, c2004
یادداشت	جلد دوم کتاب حاضر توسط جعفر پوررستم و سیدحسین موسوی ترجمه شده‌است.
	کتاب حاضر قبلا با همین عنوان با ترجمه حنان لهراسبی توسط دانشگاه شاهد، معاونت پژوهش و فناوری، مرکز چاپ و انتشارات در سال ۱۳۹۹ به‌صورت تک جلدی منتشر شده است.
مندرجات	ج.۱: مباحث نظری- ج.۲: کاربردها و الگوریتم‌ها.
موضوع	بهبه‌سازی ریاضی
موضوع	Mathematical optimization
موضوع	توابع محدب
موضوع	Convex functions
شناسه افزوده	وندنبرگ، لیون، ۱۹۶۴- م.
شناسه افزوده	Vandenberghe, Lieven, : ۱۹۶۴-
شناسه افزوده	پوررستم، جعفر، ۱۳۵۷-، مترجم
شناسه افزوده	موسوی، سیدحسین، ۱۳۶۲-، مترجم
شناسه افزوده	دانشگاه تبریز، انتشارات
رده بندی کنگره	QA۴۰۲/۵
رده بندی دیویی	۵۱۹/۶
شماره کتابشناسی ملی	۷۵۹۹۹۶۷
وضعیت رکورد	فیبا



بهبه سازی محدب ج. ۲ کاربردها و الگوریتم‌ها

تألیف:	استفان بوید - لایون وندنبرگ
ترجمه:	دکتر جعفر پوررستم - مهندس سیدحسین موسوی
ویراستار ادبی:	دکتر محمدرضا عابدی
ناشر و فروست:	انتشارات دانشگاه تبریز، ۷۹۲
تاریخ و نوبت چاپ:	شهریور ۱۴۰۰-اول
شمارگان:	۵۰۰ نسخه
شابک دوره:	۹۷۸-۶۰۰-۸۸۶۴-۹۳-۶
شابک جلد ۲:	۹۷۸-۶۰۰-۸۸۶۴-۹۵-۰
قیمت:	۱۰۰۰۰۰۰ ریال
سایت:	http://pprs.tabrizu.ac.ir
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	اداره چاپ دانشگاه تبریز
طراح جلد:	سحرالسادات موسوی

این اثر مشمول قانون حمایت از مولفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر شخص حقیقی یا حقوقی که تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر منتشر، پخش، عرضه، تکثیر یا تجدید چاپ نماید مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

نشانی: تبریز، بلوار ۲۹ بهمن، دانشگاه تبریز- تلفن: ۰۴۱۳۳۹۵۰۰۱ و ۰۴۱۳۳۹۲۶۵۵
 نمابر: ۰۴۱۳۳۹۴۱۱۹ آدرس پست الکترونیکی: publication@tabrizu.ac.ir

فهرست

پیش‌گفتار نویسنده

پیش‌گفتار مترجمان

بخش ۲ کاربردها

فصل ششم

تقریب و برازش

۹	۱-۶ تقریب نُرم
۲۳	۲-۶ مسأله‌های نُرم کمینه
۲۶	۳-۶ تقریب تنظیم‌شده
۳۸	۴-۶ تقریب مقاوم
۵۰	۵-۶ تابع برازش و درون‌یابی
۷۱	کتاب‌شناسی
۷۲	تمرینات

فصل هفتم

تخمین آماری

۸۱	۱-۷ تخمین توزیع پارامتری
۹۱	۲-۷ تخمین توزیع غیرپارامتری
۹۷	۳-۷ طراحی آشکارساز بهینه و آزمایش فرض
۱۱۰	۴-۷ کران‌های چپی شف و چرنوف
۱۲۳	۵-۷ طراحی آزمایش
۱۳۳	کتاب‌شناسی
۱۳۴	تمرینات

فصل هشتم

مسائل هندسی

- ۱-۸ انعکاس در یک مجموعه ۱۴۱
- ۲-۸ فاصله بین مجموعه ها ۱۴۸
- ۳-۸ مسائل فاصله و زاویه اقلیدسی ۱۵۱
- ۴-۸ بیضی‌گون‌های حجم افراطی ۱۵۸
- ۵-۸ تمرکز ۱۶۶
- ۶-۸ دسته‌بندی ۱۷۳
- ۷-۸ تعیین مکان و موقعیت ۱۸۴
- ۸-۸ برنامه‌ریزی طبقه ۱۹۲
- کتاب‌شناسی ۲۰۲
- تمرینات ۲۰۳

بخش ۳ الگوریتم‌ها

فصل نهم

کمینه‌سازی نامقید

- ۱-۹ مسائل کمینه‌سازی نامقید ۲۱۷
- ۲-۹ روش فرود ۲۲۵
- ۳-۹ روش فرود گرادیان ۲۲۹
- ۴-۹ روش تندترین فرود ۲۳۹
- ۵-۹ روش نیوتن ۲۴۹
- ۶-۹ خودسازگاری ۲۶۵
- ۷-۹ اجرا ۲۸۰
- کتاب‌شناسی ۲۸۷
- تمرینات ۲۸۸

فصل دهم

کمینه‌سازی مقید با معادله

- ۱-۱۰ مسائل کمینه‌سازی مقید با معادله ۳۰۱

فهرست خ

۳۰۷.....	۲-۱۰ روش نیوتن با قیدهای معادله
۳۱۵.....	۳-۱۰ روش نیوتن با شروع نشدنی
۳۳۲.....	۴-۱۰ پیاده‌سازی
۳۴۶.....	کتاب‌شناسی
۳۴۷.....	تمرینات

فصل یازدهم

روش‌های نقطه داخلی

۳۵۳.....	۱-۱۱ مسائل کمینه‌سازی مقید به نامعادله
۳۵۵.....	۲-۱۱ تابع حائل لگاریتمی و مسیر مرکزی
۳۶۲.....	۳-۱۱ روش حائل
۳۷۵.....	۴-۱۱ امکان‌پذیری و روش‌های فاز I
۳۸۳.....	۵-۱۱ تحلیل پیچیدگی از طریق خودسازگاری
۳۹۶.....	۶-۱۱ مسائل با نامعادله‌های تعمیم‌یافته
۴۱۱.....	۷-۱۱ روش‌های نقطه داخلی اصلی-دوگان
۴۱۹.....	۸-۱۱ اجرا
۴۲۸.....	کتاب‌شناسی
۴۳۰.....	تمرینات

۴۴۵.....	منابع
۴۶۰.....	نمادگذاری
۴۶۳.....	نمایه

پیش‌گفتار نویسنده

این کتاب در مورد بهینه‌سازی محدب، دسته‌ خاصی از مسائل بهینه‌سازی ریاضی، است که شامل مسائل حداقل مربعات^۱ و برنامه‌ریزی خطی می‌شود. به‌وضوح روشن است که مسائل حداقل مربعات و برنامه‌ریزی خطی، تئوری نسبتاً کاملی دارند که در انواع کاربردها پیش می‌آیند و می‌توانند به‌شکل موثری به‌طور عددی حل شوند. نکته اساسی کتاب این است که همان روند را می‌توان برای کلاس بزرگ‌تری از مسائل بهینه‌سازی محدب به‌کار گرفت. درحالی‌که ریاضیات بهینه‌سازی محدب در حدود یک قرن مورد مطالعه قرار گرفته است، پیش‌رفت‌های مرتبط اخیر علاقه‌مندی جدیدی را نسبت به موضوع شبیه‌سازی کرده‌اند. اولین باز‌شناسی این بود که روش‌های نقطه داخلی، برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی در ۱۹۸۰ توسعه یافتند، روش‌هایی که می‌توانند برای حل مسائل بهینه‌سازی محدب مورد استفاده قرار گیرند. این روش‌های جدید ما را قادر می‌سازند تا برخی کلاس‌های جدید مسائل بهینه‌سازی محدب، مانند برنامه نیمه‌معین و مخروط مرتبه‌دوم را تقریباً به سادگی برنامه‌ریزی خطی حل کنیم.

پیش‌رفت دوم کشف این نکته است که مسائل بهینه‌سازی محدب (فرا‌تر از حداقل مربعات و برنامه‌ریزی خطی) در عمل رایج‌تر از آن‌چه قبلاً تصور می‌شد، هستند. از سال ۱۹۹۰ بسیاری از کاربردها در زمینه‌هایی نظیر سیستم‌های کنترل اتوماتیک، تخمین و پردازش سیگنال، ارتباطات و شبکه‌ها، طراحی مدار الکترونیکی، تجزیه و تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی، آمار و امور مالی کشف شده‌اند. همچنین بهینه‌سازی محدب کاربرد گسترده‌ای در بهینه‌سازی ترکیبی و بهینه‌سازی سراسری پیدا کرده است که از آن برای پیدا کردن کران‌های مقدار بهینه و همچنین جواب‌های تقریبی استفاده می‌شود. ما معتقدیم که بسیاری از کاربردهای دیگر بهینه‌سازی محدب، هنوز در انتظار کشف می‌باشند.

مزایای زیادی برای شناسایی یا فرمول‌بندی یک مسئله به‌عنوان مسئله بهینه‌سازی محدب وجود دارد. اساسی‌ترین مزیت این است که مسئله می‌تواند با به‌کارگیری روش‌های نقطه داخلی و یا روش‌های بهینه‌سازی محدب خاص دیگر، به‌شکلی بسیار قابل اعتماد و کارا، حل گردد. این روش‌های حل به اندازه کافی قابل اعتمادند که می‌توانند در یک ابزار طراحی یا تجزیه و تحلیل رایانه‌ای یا حتی یک سیستم کنترل واکنش‌پذیر یا اتوماتیک زمان واقعی تعبیه شوند. همچنین، مزایای نظری یا مفهومی برای فرمول‌بندی یک مسئله به‌عنوان مسئله

^۱ Least Square

بهینه‌سازی محدب وجود دارد. به‌عنوان مثال، مسأله دوگان متناظر، اغلب تفسیر جالبی از مسأله اصلی ارائه می‌هد و گاهی اوقات منجر به روشی کارآمد یا توزیع شده برای حل آن می‌شود.

از دیدگاه ما بهینه‌سازی محدب به اندازه کافی یک موضوع مهم است که هر کس که از ریاضیات محاسباتی استفاده می‌کند، باید اطلاعات حداقلی در مورد آن داشته باشد. علاوه بر این، طبیعتاً پس از جبر خطی پیش‌رفته (موضوعاتی مانند حداقل مربعات، مقادیر منفرد) و برنامه‌ریزی خطی، بهینه‌سازی محدب موضوع مهم بعدی است.

هدف این کتاب

در بسیاری از روش‌های بهینه‌سازی عام، رویکرد معمول این است که فقط روش را روی مسأله آزمایش کنیم تا حل شود. در مقابل، برخورداری از همه مزایای بهینه‌سازی محدب فقط زمانی اتفاق می‌افتد که مسأله از قبل محدب باشد. البته، بیش‌تر مسائل بهینه‌سازی محدب نیستند و ممکن است تشخیص مسائلی که محدب‌اند یا اصلاح یک مسأله به‌طوری که مسأله جدید محدب گردد، دشوار باشد.

هدف اصلی ما این است که به خواننده کمک کنیم تا دانش کاری خود را در زمینه بهینه‌سازی محدب افزایش دهد؛ یعنی مهارت‌ها و زمینه موردنیاز برای شناسایی، فرمول‌بندی و حل مسائل بهینه‌سازی محدب را توسعه دهد.

توسعه دانش کاری بهینه‌سازی محدب، به‌خصوص برای خواننده‌ای که عمدتاً علاقه‌مند به برنامه‌های کاربردی است، می‌تواند از دید ریاضی مورد تقاضا باشد. با تجارب ما سرمایه‌گذاری (عمدتاً برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی در مهندسی برق و علوم رایانه)، اغلب بازدهی خوب و گاهی اوقات نتیجه بسیار خوبی دارد.

چندین کتاب در مورد برنامه‌ریزی خطی و به‌طور کلی در برنامه‌ریزی غیرخطی وجود دارد که بر فرمول‌بندی مسأله، مدل‌سازی و کاربردها تمرکز کرده‌اند. چندین کتاب دیگر، تئوری بهینه‌سازی محدب، یا روش‌های نقطه داخلی و تحلیل پیچیدگی آن‌ها را پوشش می‌دهند. این کتاب حالت بینابینی دارد و کتابی است که در مورد بهینه‌سازی محدب کلی که بر فرمول‌بندی مسأله و مدل‌سازی تمرکز دارد.

البته این متن در مورد تحلیل، یا ریاضیات بهینه‌سازی محدب بحث نمی‌کند؛ چندین کتاب هستند که این موضوعات را به‌خوبی پوشش داده‌اند. کتاب حاضر همچنین در باب بررسی الگوریتم‌های بهینه‌سازی محدب بحث نمی‌کند. در عوض ما فقط چند الگوریتم خوب را