

برنامه‌ریزی ریاضی در شرایط عدم اطمینان
رویکردهای تصادفی، فازی و استوار

دکتر عادل آذر
دکتر مجتبی فرخ

تهران

۱۳۹۷



سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)
پژوهشکده تحقیق و توسعه علوم انسانی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	پیشگفتار
۵	فصل اول: عدم اطمینان و مدل سازی آن
۵	۱-۱ مفاهیم اولیه
۵	۱-۱-۱ عدم اطمینان
۶	۱-۱-۲ ریسک
۷	۱-۱-۳ نسبت خطر و ریسک
۷	۱-۱-۴ احتمال
۸	۱-۱-۵ نسبت ریسک و عدم اطمینان
۱۱	۱-۲ طبقه بندی منابع عدم اطمینان
۱۷	۱-۲-۱ عدم اطمینان های معرفتی
۲۸	۱-۲-۲ عدم اطمینان زبانی
۳۵	۱-۳ طبقه بندی عدم اطمینان
۳۵	۱-۴ نظریه احتمال و فازی
۴۰	۱-۴-۱ نظریه فازی و اصل امتناع نقیضین
۴۳	۱-۵ مدل سازی عدم اطمینان
۴۸	۱-۵-۱ تصادفی
۴۹	۱-۵-۲ خطر/فاجعه/بحران/اختلال
۵۰	۱-۵-۳ عدم اطمینان عمیق
۵۲	۱-۶ مدل سازی استوار عدم اطمینان
۵۴	پرسش های فصل اول
۵۴	منابع

صفحه	عنوان
۵۷	فصل دوم: برنامه‌ریزی تصادفی
۵۸	۲-۱ برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای با بازگشت
۵۸	۲-۱-۱ فرموله‌سازی
۶۳	۲-۲ برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای با پارامترهای تصادفی گسسته
۶۸	۲-۲-۱ تعریف سناریوها
۷۰	۲-۲-۲ برنامه‌ریزی تصادفی مبتنی بر سناریو
۷۲	۲-۳ ارزیابی جواب‌های برنامه‌ریزی تصادفی
۷۲	۲-۳-۱ ارزش مورد انتظار اطلاعات کامل
۷۳	۲-۳-۲ ارزش برنامه‌ریزی تصادفی
۸۰	۲-۴ برنامه‌ریزی تصادفی عدد صحیح
۸۵	۲-۵ برنامه‌ریزی تصادفی غیرخطی
۸۶	۲-۶ برنامه‌ریزی تصادفی چند مرحله‌ای با بازگشت
۸۹	۲-۶-۱ سناریو و درخت آن
۹۷	۲-۷ برنامه‌ریزی تصادفی استوار
۹۷	۲-۸ برنامه‌ریزی با قیود احتمالی
۱۰۲	مسائل فصل دوم
۱۰۸	منابع
۱۱۰	فصل سوم: روش‌های حل مسائل برنامه‌ریزی تصادفی
۱۱۰	۳-۱ مقدمه
۱۱۲	۳-۲ روش دانتزیگ - ولف
۱۱۲	۳-۲-۱ مسائل چندبخشی (بلوکی)
۱۱۷	۳-۲-۲ الگوریتم تجزیه دانتزیگ - ولف
۱۲۴	۳-۳ روش تجزیه بندرز
۱۲۵	۳-۳-۱ الگوریتم تجزیه بندرز
۱۲۷	۳-۳-۲ حالت ناموجه بودن مسئله فرعی بندرز
۱۲۸	۳-۳-۳ مسئله فرعی چندگانه بندرز
۱۳۴	۳-۴ روش L-شکل و الگوریتم تجزیه تصادفی
۱۳۶	۳-۴-۱ برش بهینگی
۱۳۸	۳-۴-۲ برش موجه

صفحه	عنوان
۱۴۰	۳-۴-۳ الگوریتم L- شکل
۱۴۶	۳-۴-۴ الگوریتم تجزیه تصادفی
۱۵۰	۳-۵ الگوریتم آزادسازی لاگرانژ
۱۵۵	۳-۵-۱ روش تجزیه لاگرانژ
۱۵۷	۳-۵-۲ روش بهینه‌سازی زیرگرادین
۱۶۰	۳-۵-۳ مراحل الگوریتم زیرگرادین
۱۶۵	مسائل فصل سوم
۱۷۱	منابع
۱۷۲	فصل چهارم: نظریه مجموعه‌های فازی
۱۷۲	۴-۱ مجموعه فازی
۱۷۳	۴-۱-۱ تعریف مجموعه فازی
۱۷۴	۴-۲ مفاهیم پایه‌ای مجموعه‌های فازی
۱۷۴	۴-۲-۱ تکیه‌گاه مجموعه فازی
۱۷۵	۴-۲-۲ ارتفاع مجموعه فازی
۱۷۵	۴-۲-۳ برش α مجموعه فازی
۱۷۵	۴-۳ نظریه تجزیه
۱۷۶	۴-۴ زیرمجموعه و تساوی فازی
۱۷۷	۴-۵ عملگرهای مجموعه‌های فازی
۱۷۸	۴-۶ اصل گسترش
۱۸۰	۴-۷ اعداد فازی
۱۸۱	۴-۷-۱ عملگرهای تعمیم‌یافته
۱۸۱	۴-۸ اعداد فازی LR
۱۸۳	۴-۸-۱ عملگرهای جبری اعداد فازی
۱۸۴	۴-۹ اندازه‌های فازی
۱۸۵	۴-۹-۱ اندازه امکان
۱۸۷	۴-۹-۲ اندازه الزام
۱۸۸	۴-۱۰ روابط بین اندازه‌های امکان و الزام
۱۸۸	۴-۱۰-۱ رویدادهای قطعی
۱۸۸	۴-۱۰-۲ رویدادهای فازی

صفحه	عنوان
۱۸۹	مسائل فصل چهارم
۱۹۱	منابع
۱۹۲	فصل پنجم: برنامه‌ریزی ریاضی فازی
۱۹۲	۵-۱ مقدمه
۱۹۵	۵-۲ مسئله برنامه‌ریزی خطی با منابع فازی
۱۹۹	۵-۲-۱ رویکرد وردگای (مدل نامتقارن)
۲۰۵	۵-۲-۲ رویکرد ورنرز (مدل نامتقارن)
۲۰۸	۵-۳ مسئله برنامه‌ریزی خطی با منابع و هدف فازی
۲۰۹	۵-۳-۱ رویکرد زیمرمن (مدل متقارن)
۲۱۳	۵-۳-۲ رویکرد کاناس (مدل نامتقارن)
۲۱۹	۵-۴ مسئله برنامه‌ریزی خطی با پارامترهای فازی در تابع هدف
۲۲۱	۵-۵ مسئله برنامه‌ریزی خطی با ضرایب تماماً فازی
۲۲۷	مسائل فصل پنجم
۲۳۰	منابع
۲۳۳	فصل ششم: برنامه‌ریزی امکانی
۲۳۴	۶-۱ برنامه‌ریزی خطی با منابع و ضرایب فنی مبهم
۲۳۴	۶-۱-۱ رویکرد رامیک و ریمانک
۲۳۹	۶-۱-۲ رویکرد تاناکا و همکاران
۲۴۲	۶-۲ برنامه‌ریزی خطی با ضرایب هدف مبهم
۲۴۲	۶-۲-۱ رویکرد لای و هوانگ
۲۵۰	۶-۲-۲ رویکرد راملفنگر و همکاران
۲۵۵	۶-۳ برنامه‌ریزی خطی با ضرایب فنی و هدف مبهم
۲۵۵	۶-۳-۱ رویکرد لای و هوانگ
۲۵۸	۶-۴ برنامه‌ریزی خطی با ضرایب مبهم
۲۵۸	۶-۴-۱ رویکرد لای و هوانگ
۲۵۹	۶-۴-۲ رویکرد خیمنز
۲۷۲	۶-۴-۳ برنامه‌ریزی با محدودیت‌های شانس فازی
۲۸۶	مسائل فصل ششم
۲۸۹	منابع

صفحه	عنوان
۲۹۲	فصل هفتم: برنامه‌ریزی استوار
۲۹۳	۷-۱ برنامه‌ریزی استوار تصادفی مبتنی بر سناریو
۲۹۳	۷-۱-۱ مدل مالوی و همکاران (۱۹۹۵)
۳۰۳	۷-۱-۲ رویکرد کولیس و یو
۳۱۲	۷-۲ بهینه‌سازی استوار مبتنی بر مجموعه‌های عدم اطمینان بسته
۳۱۶	۷-۲-۱ مجموعه‌های عدم اطمینان
۳۲۴	۷-۲-۲ مدل‌های استوار مبتنی بر مجموعه‌های عدم اطمینان
۳۳۶	مسائل فصل هفتم
۳۳۹	منابع
۳۴۲	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۳۴۶	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۳۵۰	نمایه موضوعی

پیشگفتار

در دنیای کنونی، بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری با شرایط عدم اطمینان احاطه شده‌اند. منشأ اصلی این شرایط نقصان و بعضاً فقدان اطلاعات برای تصمیم‌گیری است. در رویکردهای کلاسیک برنامه‌ریزی ریاضی، فرض بر این است که داده‌های مسئله از قبل مشخص و قطعی هستند؛ این در حالی است که این فرض در عمل غیرمنطقی است. در اغلب مسائل تصمیم‌گیری، با نوعی شانس، نادقیقی و ابهام در داده‌ها مواجهیم. طی چند دهه گذشته، رویکردهای مختلفی برای مدل‌سازی ریاضی این گونه مسائل ارائه شده است که هر یک با توجه به منابع مختلف عدم اطمینان سعی در مدیریت و کنترل شرایط برای کمک به مدیران در تصمیم‌گیری‌های واقع‌بینانه دارند. سه نوع برنامه‌ریزی تصادفی، فازی و استوار از جمله مهم‌ترین رویکردهایی هستند که در این زمینه مورد توجه چشمگیر محققان و مدل‌سازان این حوزه قرار گرفته‌اند و از کارآمدی بالایی در حل مسائل سازمانی برخوردارند. کتاب حاضر به تشریح مبانی و کاربرد این رویکردها بر اساس آخرین دستاوردهای علمی می‌پردازد.

کتاب حاضر هفت فصل دارد. در فصل اول به مفاهیم اولیه عدم اطمینان و رویکردهای مدل‌سازی آن پرداخته می‌شود. در فصل‌های دوم و سوم برنامه‌ریزی تصادفی و روش‌های حل این گونه مدل‌ها ارائه شده است. فصل چهارم مربوط به تشریح مفاهیم پایه‌ای نظریه مجموعه‌های فازی است. در فصل‌های پنجم و ششم نیز روش‌های برنامه‌ریزی فازی و امکانی ارائه شده است، و در فصل هفتم روش‌های برنامه‌ریزی استوار مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل اول بعد از تشریح مفاهیم عدم اطمینان، ریسک، احتمال و خطر و طبقه‌بندی منابع عدم اطمینان شامل عدم اطمینان تصادفی و شناختی، به بیان نظریه احتمال و مجموعه‌های فازی و در نهایت مدل‌سازی ریاضی عدم اطمینان می‌پردازیم. در فصل دوم برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای و چندمرحله‌ای با ویژگی‌های پیوسته، عدد صحیح، خطی، غیرخطی و سپس برنامه‌ریزی احتمالی را بررسی خواهیم کرد. در فصل سوم روش‌های حل مسائلی با ساختار برنامه‌ریزی تصادفی شامل روش‌های دانتریگ و ولف، تجزیه بندرز، L -شکل و الگوریتم آزادسازی لاگرانژ ارائه شده است. فصل چهارم مفاهیم مرتبط با نظریه مجموعه‌های فازی، اصل گسترش برای تعمیم مفاهیم ریاضی قطعی به فازی، نظریه اعداد فازی و اعداد فازی LR و اندازه‌های امکان و الزام را شامل می‌شود. در فصل پنجم، پس از دسته‌بندی مسائل برنامه‌ریزی ریاضی فازی از نظر نویسندگان مختلف، به ارائه رویکردهای برنامه‌ریزی فازی برای مسائل گوناگون پرداخته می‌شود. در فصل ششم، رویکردهای برنامه‌ریزی امکانی در یک چهارچوب منطقی مورد بررسی قرار می‌گیرد. فصل هفتم نیز ضمن تشریح مفاهیم استواری و مجموعه‌های عدم اطمینان، به مسائل برنامه‌ریزی ریاضی استوار در دو گروه شامل بهینه‌سازی استوار سناریو محور و بهینه‌سازی استوار مبتنی بر مجموعه‌های عدم اطمینان بسته پرداخته است.

انگیزه اصلی مؤلفان در نگارش این کتاب، پاسخ به نیازهای آموزشی و پژوهشی علاقه‌مندان به یادگیری و پژوهش در حوزه مفاهیم و روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی در شرایط عدم اطمینان است. از این رو، این کتاب می‌تواند منبع مفیدی برای اساتید، دانشجویان و پژوهشگران رشته‌های مدیریت، مهندسی صنایع و علوم اقتصادی و همچنین مدیران باشد. امیدواریم این کتاب برای خوانندگان آموزنده و جذاب باشد و زمینه دانایی آن‌ها را در دستیابی به افق‌های روشن در مدیریت فضای عدم اطمینان فراهم کند.

بدون تردید کتاب حاضر به رغم تلاش مؤلفان برای رعایت اصول علمی و

نگارشی، خالی از کاستی و کمبود نیست. بی‌شک، نظرها و پیشنهادهای کلیه خوانندگان موجب ارتقاء کیفیت کتاب در چاپ‌های بعدی را فراهم خواهد ساخت؛ از همین رو، بر خود لازم می‌دانیم نقطه‌نظرهای سازنده منتقدان و پیشنهاددهندگان را ارج نهیم و پیشاپیش از آن‌ها به پاس این همکاری قدردانی کنیم.

و من الله التوفیق

عادل آذر - مجتبی فرخ

پاییز ۱۳۹۷