

۲۲۳۹۷۰۳

تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (مفاهیم و توسعه)

نویسنده:

چیانگ کائو

مترجمین:

دکتر سید اسماعیل نجفی-دکتر سید احمد عدالت پناه

پیمان بهرام‌پور-مریم قندهاری

ویراستار: سیده راحیل موسوی

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه	کائو، چیانگ--Kao, Chiang
عنوان و نام پدیدآور	تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (مفاهیم و توسعه) / نویسنده چیانگ کائو؛ مترجمین سیداسماعیل نجفی... (و دیگران)؛ ویراستار سیده‌راحیل موسوی.
مشخصات نشر	تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	۵۰۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۱۴۰۰۰۰۰ ریال: ISBN: 978-964-210-385-0
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	عنوان اصلی: Network Data Envelopment Analysis : Foundations and Extensions. 2017.
یادداشت	مترجمین سیداسماعیل نجفی، سیداحمد عدالت‌پناه، پیمان بهرام‌پور، مریم قندهاری.
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	تصمیم‌گیری--Decision making
موضوع	علم مدیریت--Management science
موضوع	تحقیق عملیاتی--Operations research
موضوع	مدیریت تولید--Production management
شناسه افزوده	نجفی، سید اسماعیل، ۱۳۵۳-، مترجم
شناسه افزوده	موسوی، سیده راحیل، ۱۳۶۹-، ویراستار
شناسه افزوده	جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات
رده‌بندی کنگره	HD۳۰/۲۳
رده‌بندی دیویی	۶۵۸/۴۰۳
شماره کتابشناسی ملی	۸۴۸۶۸۲۳
اطلاعات رکورد کتابشناسی	فیبا

این کتاب در سه مورخ ۱۴۰۰/۰۴/۱۴ شورای نشر کتاب
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل
ارزیابی علمی، مجوز چاپ و انتشار، دریافت نموده است.



تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (مفاهیم و توسعه)

نویسنده: چیانگ کائو

گروه مترجمین: دکتر سید اسماعیل نجفی- دکتر سید احمد عدالت‌پناه- پیمان بهرام‌پور- مریم قندهاری

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

ناشر

دکتر مهدی وره‌ای

مدیر مسؤول

اول

نوبت چاپ

۱۴۰۰

سال چاپ

وزیری

قطع

۱۰۰۰ نسخه

شمارگان

۱۴۰۰۰۰ ریال

قیمت

آرزو انصاری

طراح

رامین

چاپخانه



ISBN: 978-964-210-385-0

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۳۸۵-۰

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی خیابان سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر،
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶ + تلفکس: ۹۸۲ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶ +
www.jdamirkabir.ac.ir فروشگاه اینترنتی:

پیشگفتار ناشر

اَطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی؛ زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. هم‌چنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به اطلاعات روز علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس جهادگران جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه و نیز آموزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور و هم‌چنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط "انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر «پلی تکنیک تهران»" که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و یویندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفتوح معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاد دانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فن‌آوری کشور، پیونده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان‌ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و هم‌چنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

"هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید"

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

مقدمه مترجمین

ارزیابی مؤثر و هدفمند بهره‌وری و کارایی سازمان‌های تولیدی و بعضاً خدماتی، قدمتی به اندازه‌ی عمر مدیریت دارد، با این وجود همواره تقدیمی جدی به آن وارد بوده که گاه قضاوت ذهنی را در نظر مدیران، بسیار کاراثر جلوه داده است. اما مبحث، با لحاظ نمودن دیدگاه سیستمی، سمت و سویی خاص به خود می‌گیرد که حاصل آن ابداع روش‌های سنجش کارایی مانند تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. اولین بار کار فارل در سال ۱۹۵۷ برای تخمین کارایی بخش کشاورزی آمریکا، علاوه بر راه تکامل این تکنیک بود. اما وی در ارزیابی واحدهایی با چند ورودی و خروجی توفیقی به دست نیاورد. چارلز، کوپر و رودز دیدگاه فارل را توسعه دادند و مدلی را ارائه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. این مدل اولیه، مدل DEA و تحت عنوان کلی «تحلیل پوششی داده‌ها» نامگذاری شد. هدف در این مدل، اندازه‌گیری و مقایسه کارایی نسبی واحدهای سازمانی مانند مدارس، بیمارستان‌ها، شعب بانک، شهرداری‌ها و ... بود که دارای چندین ورودی و خروجی شبیه به هم باشند. علی‌رغم خلاقیت سهل و ممتنع بکار رفته در این مدل، یک ضعف اساسی در آن وجود داشت که سبب می‌شد در کاربردهای واقعی کمتر مورد استقبال محققین و مدیران سطح بالا قرار گیرد و آن برخورد این مدل با یک سیستم به عنوان یک جعبه سیاه بود که خود سبب می‌شد عملکرد مراحل سازنده که در تعامل با یکدیگر در درون سیستم عمل می‌کنند، در نظر گرفته نشود. بنابراین برای برطرف نمودن این مشکل، مدل‌های مختلفی تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ارائه گردید. تحلیل پوشش داده‌های شبکه‌ای با تاریخچه‌ای کمتر از بیست سال، موضوعی نسبتاً جدید به حساب می‌آید، اما به واسطه توانمندی این روش در اندازه‌گیری و سنجش عملکرد سیستم‌های پیچیده، از آن به وفور در مسائل دنیای واقعی استفاده می‌شود. از این رو با توجه به اهمیت این شاخه از تحقیق در عملیات، در برنامه‌ریزی و مدیریت خرد و کلان و با توجه به

کمبود منابع فارسی در این حوزه، اقدام به ترجمه کتاب پیش‌رو به عنوان یکی از منابع مهم، غنی در فضای معتبر آکادمی، نمودیم. شاید گاهی هر چند کوچک در رشد و اعتلای این حوزه از دانش تحقیق در عملیات و مدیریت در کشور عزیزمان ایران باشد. در فصل اول به مقدمه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای می‌پردازد. فصل دوم تا پنجم به ترتیب اندازه‌گیری کارایی نسبت خروجی به ورودی، تابع فاصله، کارایی مبنی بر متغیرهای کمکی و کارایی مراحل تولید را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهند. در فصل ششم و هفتم، به بررسی رویکردهای تبدیل ورودی و خروجی و انواع داده‌ها پرداخته شده و در فصل هشتم و نهم تغییرات کارایی در طول زمان و تحلیل ایده‌های اساسی در اندازه‌گیری کارایی، فصول ده الی دوازده به ترتیب به بررسی سیستم‌های دو مرحله‌ای پایه، دو مرحله‌ای کلی (عمومی)، چند مرحله‌ای کلی (عمومی) می‌پردازد. فصل‌های سیزده الی شانزده، سیستم‌های موازی، سلسله مراتبی، مونتاژ و دیمونتاژ و مختلط را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد. در فصل هفدهم به بررسی سیستم‌های مبتنی بر زمان تحت عنوان سیستم‌های پویا پرداخته شده و در انتها، فصل هیجده، به عنوان سخن آخر، دورنمای تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است.

در ترجمه پیش‌رو تمام تلاش ما بر این بود که از معادل‌های معمول در زبان فارسی استفاده گردد. در مواردی که معادل‌های جاافتاده‌ایی در زبان فارسی وجود نداشت، سعی نمودیم در حد بضاعت و با بهره‌گیری از نظر صاحب‌نظران، ساده‌ترین و مانوس‌ترین معادل‌ها را برگزینیم. با این حال معتقدیم این ترجمه بی‌شک خالی از ایراد و اشکال نخواهد بود. در پایان از همه عزیزانی که در ترجمه این اثر به نحوی نقشی بر عهده داشتند نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

گروه مترجمین

فهرست

فصل ۱: مقدمه	۱۷
۱-۱ تاریخچه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای	۱۸
۲-۱ ایده‌های اصلی اندازه‌گیری کارایی	۲۱
۳-۱ حالت چند ورودی	۲۴
۴-۱ حالت چند خروجی	۲۷
۵-۱ تحلیل کل واحد	۲۹
۶-۱ تحلیل شبکه	۳۲
۷-۱ ادبیات تکمیلی	۳۴
منابع	۳۶
فصل ۲: اندازه‌گیری کارایی نسبت خروجی به ورودی	۳۹
۱-۲ مدل CCR	۴۰
۱-۱-۲ مدل ورودی محور	۴۰
۲-۱-۲ مدل خروجی محور	۴۴
۲-۲ مدل BCC	۴۷
۱-۲-۲ مدل ورودی محور	۴۸
۲-۲-۲ مدل خروجی محور	۵۲
۳-۲ محدودیت‌های اعمال شده بر ضرایب	۵۵
۴-۲ رتبه‌بندی	۵۹
۵-۲ ادبیات تکمیلی	۶۳
منابع	۶۴

فصل ۳: اندازه‌گیری کارایی تابع فاصله	۶۷
۱-۳ مجموعه امکان تولید	۶۸
۲-۳ تابع فاصله ورودی	۷۱
۳-۳ تابع فاصله خروجی	۷۷
۴-۳ تابع فاصله جهت‌دار	۸۲
۵-۳ ادبیات تکمیلی	۸۶
منابع	۸۷
فصل ۴: اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی	۸۹
۱-۴ مدل جمعی	۹۰
۲-۴ اندازه‌گیری راسل	۹۴
۱-۲-۴ مدل ورودی-محور	۹۴
۲-۲-۴ مدل خروجی-محور	۹۷
۳-۲-۴ مدل میانگین ورودی-خروجی	۱۰۰
۳-۴ مدل نسبت راسل	۱۰۳
۴-۴ طبقه‌بندی اندازه‌گیری کارایی	۱۰۷
۵-۴ ادبیات تکمیلی	۱۱۰
منابع	۱۱۲
فصل ۵: اندازه‌گیری کارایی مختص مراحل تولید	۱۱۵
۱-۵ مدل مضربی	۱۱۷
۱-۱-۵ بازده به مقیاس متغیر	۱۱۷
۲-۱-۵ بازده به مقیاس ثابت	۱۲۱
۲-۵ مدل پوسته با دسترسی آزاد	۱۲۴
۱-۲-۵ حالت کلی	۱۲۵
۲-۲-۵ بازده به مقیاس ثابت	۱۲۸

۱۳۰	۳-۵ تراکم
۱۳۱	۱-۳-۵ مدل دسترسی پذیری ضعیف
۱۳۳	۲-۳-۵ مدل اندازه گیری-متغیر کمکی
۱۳۴	۳-۳-۵ مدل ورودی ثابت
۱۳۵	۴-۳-۵ مقایسه
۱۳۷	۴-۵ ادبیات تکمیلی
۱۳۹	منابع
۱۴۳	فصل ۶: انواع خاص عوامل ورودی و خروجی
۱۴۴	۱-۶ عوامل غیر اختیاری
۱۴۴	۱-۱-۶ مدل ورودی
۱۴۷	۲-۱-۶ مدل خروجی
۱۴۸	۳-۱-۶ تفسیر مدل دوگان
۱۵۰	۴-۱-۶ بازده به مقیاس ثابت
۱۵۱	۲-۶ عوامل نامطلوب
۱۵۱	۱-۲-۶ رویکرد تبدیل ورودی-خروجی
۱۵۲	۲-۲-۶ انتقال داده ها
۱۵۵	۳-۲-۶ رویکرد دسترسی پذیری ضعیف
۱۵۹	۴-۲-۶ رویکرد مبتنی بر متغیرهای کمکی
۱۶۰	۳-۶ ادبیات تکمیلی
۱۶۱	منابع
۱۶۳	فصل ۷: انواع داده های خاص
۱۶۴	۱-۷ داده های منفی
۱۶۶	۲-۷ داده های ترتیبی
۱۶۸	۳-۷ داده های کیفی

۱۷۲	۴-۷ داده‌های تصادفی
۱۷۷	۵-۷ داده‌های بازه‌ای
۱۸۰	۶-۷ داده‌های فازی
۱۸۴	۷-۷ ادبیات تکمیلی
۱۸۶	منابع
۱۸۹	فصل ۸: تغییرات کارایی در طول زمان
۱۹۰	۱-۸ مبانی نظری MPI
۱۹۰	۱ ۱ ۸ شاخص ورودی
۱۹۱	۲-۱-۸ شاخص خروجی
۱۹۲	۳-۱-۸ شاخص بهره‌وری
۱۹۴	۲-۸ اندازه‌گیری MPI و DEA
۲۰۰	۳-۸ شاخص بهره‌وری مالمکوئیست کلی
۲۰۳	۴-۸ شاخص بهره‌وری لوتنبرگر
۲۰۷	۵-۸ ادبیات تکمیلی
۲۰۸	منابع
۲۱۱	فصل ۹: ایده‌های پایه‌ای در اندازه‌گیری کارایی برای دستگاه‌های شبکه‌ای
۲۱۳	۱-۹ مدل جعبه سیاه
۲۱۵	۲-۹ مدل مستقل
۲۱۵	۱-۲-۹ شکل مضربی
۲۱۷	۲-۲-۹ شکل پوششی
۲۱۸	۳-۲-۹ مدل مبتنی بر متغیرهای کمکی
۲۱۹	۳-۹ مدل یکپارچه (همبند)
۲۱۹	۱-۳-۹ شکل پوششی
۲۲۲	۲-۳-۹ شکل مضربی

۲۲۳	۳-۳-۹ شکل مبتنی بر متغیرهای کمکی
۲۲۴	۴-۹ مدل رابطه‌ای
۲۲۴	۱-۴-۹ شکل ضربی
۲۲۶	۲-۴-۹ شکل پوششی
۲۲۷	۳-۴-۹ شکل مبتنی بر متغیرهای کمکی
۲۲۸	۵-۹ یک مثال
۲۲۹	۱-۵-۹ مدل مستقل
۲۳۲	۲-۵-۹* مدل یکپارچه (همبند)
۲۳۶	۳-۵-۹ مدل رابطه‌ای
۲۴۰	۶-۹ ادبیات تکمیلی
۲۴۱	منابع
۲۴۳	فصل ۱۰: سیستم‌های دومرحله‌ای پایه
۲۴۴	۱-۱۰ مدل مستقل
۲۴۷	۲-۱۰ اندازه‌گیری کارایی نسبت-شکل
۲۴۸	۱-۲-۱۰ تجزیه کارایی
۲۵۶	۲-۲-۱۰ تجميع کارایی
۲۵۹	۳-۱۰ اندازه‌گیری کارایی تابع فاصله
۲۵۹	۱-۳-۱۰ پارامتر سیستم
۲۶۳	۲-۳-۱۰ پارامترهای بخش
۲۶۶	۴-۱۰ اندازه‌گیری مبتنی بر متغیرهای کمکی
۲۶۸	۵-۱۰ ادبیات تکمیلی
۲۷۱	منابع
۲۷۵	فصل ۱۱: سیستم‌های دومرحله‌ای عمومی (کلی)
۲۷۶	۱-۱۱ سیستم بازخورد

۲۸۲.....	۱۱-۲ اندازه‌گیری کارایی مستقل
۲۸۵.....	۱۱-۳ اندازه‌گیری کارایی نسبت-شکل
۲۸۵.....	۱۱-۳-۱ رویکرد بازی
۲۸۷.....	۱۱-۳-۲ تجمیع کارایی
۲۸۸.....	۱۱-۳-۳ تجزیه کارایی
۲۹۴.....	۱۱-۴ اندازه‌گیری کارایی تابع فاصله
۲۹۴.....	۱۱-۴-۱ پارامتر سیستم
۲۹۸.....	۱۱-۴-۲ پارامترهای بخش
۳۰۱.....	۱۱-۴-۳ پارامتر فاصله جهت‌دار
۳۰۲.....	۱۱-۵ اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی
۳۰۵.....	۱۱-۶ ورودی مشترک
۳۱۰.....	۱۱-۷ ادبیات تکمیلی
۳۱۴.....	منابع

۳۱۹.....	فصل ۱۲: سیستم‌های چندمرحله‌ای عمومی
۳۲۰.....	۱۲-۱ ساختار سری پایه
۳۲۰.....	۱۲-۱-۱ تجزیه کارایی
۳۲۴.....	۱۲-۱-۲ تجمیع کارایی
۳۲۶.....	۱۲-۲ اندازه‌گیری کارایی مستقل
۳۲۷.....	۱۲-۳ اندازه‌گیری کارایی نسبت-شکل
۳۲۸.....	۱۲-۳-۱ تجمیع کارایی
۳۲۹.....	۱۲-۳-۲ تجزیه کارایی
۳۳۳.....	۱۲-۴ اندازه‌گیری کارایی تابع فاصله
۳۳۳.....	۱۲-۴-۱ پارامتر سیستم
۳۳۵.....	۱۲-۴-۲ پارامترهای بخش
۳۳۹.....	۱۲-۵ اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی

۳۴۲.....	۱۲-۶ پیوندهای معکوس
۳۴۳.....	۱۲-۶-۱ اندازه‌گیری کارایی نسبت-شکل
۳۴۵.....	۱۲-۶-۲ اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی
۳۴۹.....	۱۲-۷ ادبیات تکمیلی
۳۵۱.....	منابع
۳۵۲.....	فصل ۱۳: سیستم‌های موازی
۳۵۴.....	۱۳-۱ سیستم‌های چندبخشی جزئی
۳۵۹.....	۱۳-۲ سیستم‌های چند عملکردی
۳۶۳.....	۱۳-۳ ورودی مشترک
۳۶۴.....	۱۳-۳-۱ اندازه‌گیری کارایی نسبت-شکل
۳۶۷.....	۱۳-۳-۲ اندازه‌گیری کارایی تابع فاصله
۳۷۳.....	۱۳-۳-۳ اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی
۳۷۶.....	۱۳-۴ ادبیات تکمیلی
۳۷۹.....	منابع
۳۸۳.....	فصل ۱۴: سیستم‌های سلسله مراتبی
۳۸۴.....	۱۴-۱ سیستم‌های چند بخشی
۳۹۰.....	۱۴-۲ سیستم‌های چند تابعی (چند عملکردی)
۳۹۷.....	۱۴-۳ مدل کلی
۴۰۰.....	۱۴-۴ اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی
۴۰۲.....	۱۴-۵ ادبیات تکمیلی
۴۰۳.....	منابع
۴۰۵.....	فصل ۱۵: سیستم‌های مونتاژ و دمونتاژ
۴۰۶.....	۱۵-۱ سیستم مونتاژ
۴۰۶.....	۱۵-۱-۱ ساختار سری دوبخشی پایه

۴۰۷.....	۲-۱۵ ساختار موازی دوبخشی پایه
۴۰۹.....	۳-۱-۱۵ ساختار سری دوبخشی پایه با ورودی‌های بیرونی
۴۱۲.....	۴-۱-۱۵ ساختار سه‌بخشی (مونتاژ) پایه
۴۱۳.....	۵-۱-۱۵ ساختار سه‌بخشی پایه با ورودی‌های بیرونی (خارجی)
۴۱۵.....	۶-۱-۱۵ یک مثال
۴۱۷.....	۷-۱-۱۵ تجزیه چندگانه
۴۱۹.....	۲-۱۵ سیستم‌های دیمونتاژ
۴۱۹.....	۱-۲-۱۵ ساختار سری دوبخشی پایه
۴۲۰.....	۲-۲-۱۵ ساختار موازی دوبخشی پایه
۴۲۰.....	۳-۲-۱۵ ساختار سری دوبخشی با خروجی‌های بیرونی
۴۲۲.....	۴-۲-۱۵ ساختار سه‌بخشی پایه
۴۲۳.....	۵-۲-۱۵ ساختار سه‌بخشی پایه با خروجی‌های بیرونی
۴۲۵.....	۶-۲-۱۵ یک مثال
۴۲۷.....	۷-۲-۱۵ سیستم‌های سلسله‌مراتبی
۴۳۰.....	۳-۱۵ اندازه‌گیری کارایی تابع فاصله
۴۳۳.....	۴-۱۵ اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی
۴۳۴.....	۵-۱۵ ادبیات تکمیلی
۴۳۶.....	منابع

فصل ۱۶: سیستم‌های مختلط ۴۳۷

۴۳۸.....	۱-۱۶ اندازه‌گیری کارایی مستقل
۴۴۲.....	۲-۱۶ اندازه‌گیری کارایی نسبت-شکل
۴۴۵.....	۳-۱۶ اندازه‌گیری کارایی با تابع فاصله
۴۴۷.....	۴-۱۶ اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی
۴۴۸.....	۱-۴-۱۶ مثال مربوط به حفاظت از محیط‌زیست
۴۵۱.....	۲-۴-۱۶ مثال مربوط به مراکز سوددهی بانکی

۴۵۳	 ۱۶-۳ مثال مربوط به بانکداری شرکتی و خرد
۴۵۶	 ۱۶-۴ مثال مربوط به بسکتبال NBA
۴۵۹	 ۱۶-۵ ادبیات تکمیلی
۴۶۰	 منابع
۴۶۳	 فصل ۱۷: سیستم‌های پویا
۴۶۴	 ۱۷-۱ اندازه‌گیری کارایی نسبت-شکل
۴۶۵	 ۱۷-۱-۱ حالت کامل-واحد
۴۶۶	 ۱۷-۱-۲ حالت شبکه
۴۶۸	 ۱۷-۲ اندازه‌گیری کارایی تابع فاصله
۴۶۹	 ۱۷-۲-۱ مثال تاخیرات تولید
۴۷۱	 ۱۷-۲-۲ مورد پارامترهای فاصله دورهای
۴۷۲	 ۱۷-۲-۳ تابع فاصله جهت‌دار: کل واحد
۴۷۳	 ۱۷-۲-۴ تابع فاصله جهت‌دار: شبکه
۴۷۵	 ۱۷-۳ اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر متغیرهای کمکی
۴۷۵	 ۱۷-۳-۱ حالت ساختار پویای اصلی
۴۷۷	 ۱۷-۳-۲ حالت متغیر کمکی تجمعی
۴۷۸	 ۱۷-۳-۳ حالت شبکه
۴۸۰	 ۱۷-۴ اندازه‌گیری کارایی مبتنی بر ارزش
۴۸۲	 ۱۷-۵ ادبیات تکمیلی
۴۸۵	 منابع
۴۸۹	 فصل ۱۸: سخن آخر
۴۸۹	 ۱۸-۱ عمومیت برخی از مدل‌های نماینده
۴۹۴	 ۱۸-۲ کدام مدل برای استفاده مناسب‌تر است
۴۹۶	 ۱۸-۳ راه پیش‌رو
۴۹۹	 لغت‌نامه