

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# زنجیره تاسین زیست توده

تالیف:

دکتر غلامرضا جندقی (عضو هیئت علمی دانشگاه تهران)

دکتر محمد رضا فتحی (عضو هیئت علمی دانشگاه تهران)

دکتر محمد حسن ملکی (عضو هیئت علمی دانشگاه قم)

|                     |                                                                             |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | : جندقی، غلامرضا، ۱۳۳۹ -                                                    |
| عنوان و نام پدیدآور | : زنجیره تامین زیست توده / تألیف غلامرضا جندقی، محمدرضا فتحی، محمدحسن ملکی. |
| مشخصات نشر          | : قم: دانشگاه قم، انتشارات، ۱۳۹۷.                                           |
| مشخصات ظاهری        | : ۲۳۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.                                               |
| شابک                | : 978-600-8436-38-6                                                         |
| یادداشت             | : واژه نامه.                                                                |
| موضوع               | : تدارکات بازرگانی --- مدیریت --- راهنمای آموزشی (عالی)                     |
| موضوع               | : (Business logistics -- Management -- Study and teaching (Higher           |
| موضوع               | : زیست توده --- راهنمای آموزشی (عالی)                                       |
| موضوع               | : Biomass -- Study and teaching (Higher)                                    |
| شناسه افزوده        | : فتحی، محمدرضا، ۱۳۶۷ -                                                     |
| شناسه افزوده        | : ملکی، محمدحسن، ۱۳۶۳ -                                                     |
| شناسه افزوده        | : دانشگاه قم. انتشارات                                                      |
| رده بندی کنگره      | : ۹۱۳۹۷ز۸۷/ج۵/۳۸ HB                                                         |
| رده بندی دیویی      | : ۶۵۸/۵۹۰۷۶                                                                 |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۵۴۱۳۳۱۶                                                                   |



## انتشارات دانشگاه قم

عنوان: زنجیره تأمین زیست توده

مؤلف: غلامرضا جندقی، محمدرضا فتحی، محمدحسن ملکی

چاپ اول: پاییز ۱۳۹۷

شمارگان: ۵۰۰

صفحه آرا: حسین معظمی

چاپ و صحافی: هوشنگی

طراح جلد: احمد رضا حیدری

ناظر فنی: علیرضا معظمی

بهاء: ۲۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۴۳۶-۳۸-۶

ISBN: 978-600-8436-38-6

آدرس الکترونیکی: [Publication@Qom.ac.ir](mailto:Publication@Qom.ac.ir)

کلیه حقوق مادی و معنوی برای ناشر محفوظ است.

قم، بلوار الغدیر، دانشگاه قم، اداره چاپ و انتشارات دانشگاه

تلفن: ۰۳۲۱۰۳۳۴۴ - ۳۲۱۰۲۵ - ۰۳۲۱۰۳۳۴۵ - ۰۲۵

## پیشگفتار

زنجیره تأمین زیست توده شامل فعالیت های متنوعی مانند کشت، برداشت، پیش پردازش، حمل و نقل، کنترل و ذخیره سازی است و معمولاً در دروازه های واحد تبدیل، به طور کلی زیست پالایشگاه، تولید سوخت های زیستی و واسطه های شیمیایی یا یک کارخانه تبدیل انرژی زیستی، تولید برق، گرما و یا سرمایه متوقف می شود. برخی مقالات مرحله توزیع را از مراکز تبدیل به مصرف کنندگان نهایی اضافه کرده اند. در مقایسه با زنجیره های تأمین صنعتی، تفاوت های متعددی باید مورد تأکید قرار گیرند که شامل (۱) زنجیره های تأمین زیست توده یک منطقه جمع آوری وسیع با نواحی کشت پراکنده فراوانی را پوشش می دهند (۲) افق های برنامه ریزی طولانی در نظر گرفته می شوند برای اینکه اکثر محصولات دارای یک چرخه کشت یکساله هستند؛ (۳) ورودی ها و خروجی ها ناهمبستگی هستند؛ (۴) بدلیل تخریب ها، محصولات نمی توانند منتظر بمانند و بایستی به محض آماده شده سریعاً برداشت شوند. زنجیره های تأمین زیست توده مستلزم فعالیت های خاصی هستند که به منابع گوناگونی نیاز دارند:

- فعالیت های برداشت در چارچوب زمانی محدود در گره های ورودی امکان پذیر هستند که به تولید زیست توده تخصیص داده می شوند، زمانی که محصول آماده است و آنها برای ناوگان محدودی از ماشین آلات، مانند ماشین های دروکننده کمباین رقابت می کنند.
- در عمل ذخیره سازی برای همگام سازی تقویم تولید زیست توده با برنامه تولید کارخانجات تبدیل مورد نیاز است. این امر می تواند در مزارع یا جنگل ها مانند خرمن های ساده، در زمین های کشاورزی، در سایت های ذخیره سازی یا قبل از فرایندهای مراکز تبدیل رخ دهد.
- پیش پردازش برای بهبود نگهداری (خشک سازی) و رسیدگی (عدل بندی و گلوله سازی) و کاهش هزینه های حمل و نقل با افزایش تراکم سودمند است.
- حمل و نقل مانند لجستیک صنعتی، روش های حمل و نقل متعددی را می توان استفاده نمود، ناوگان وسایل نقلیه محدود است و تعداد سفرها در هر دوره براساس

دامنه وسایل نقلیه و مقررات های زمان رانندگی محدود می شود. با این وجود، حمل و نقل جاده ای تنها راهکار سایت های تولید با میزان دسترسی پذیری محدود (جنگل ها) می باشد و عملیات های بارگیری زمینی بدلیل مقادیر زیاد ذخیره شده سیستماتیک هستند.

کتاب حاضر می تواند به عنوان منبع درسی برای دروس مدیریت زنجیره تامین پیشرفته دانشجویان کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی گرایش زنجیره تامین مورد استفاده قرار گیرد. از آنجا که کتاب حاضر علاوه بر معرفی مباحث کیفی زنجیره تامین زیست توده، به ارائه مباحث کمی در حوزه طراحی شبکه زنجیره تامین پرداخته است، مطالب آن می تواند برای دانشجویان دکتری رشته مدیریت صنعتی و مهندسی صنایع مفید باشد. درخواست ما از مخاطبان فرهیخته آن است که نقطه نظرات ارزشمند خود را از طریق پست الکترونیکی [Reza.Fathi@ut.ac.ir](mailto:Reza.Fathi@ut.ac.ir) به اطلاع ما برسانند تا نقص های کتاب برطرف شود. پیشاپیش از برخوردهای انتقادی از مطالب قدردانی می شود و از بازخوردهای صادقانه خوانندگان محترم در ویرایش های بعدی استفاده خواهد شد.

غلامرضا جندقی

محمد رضا فتحی

محمدحسن ملکی

مرداد ماه ۱۳۹۷

## فهرست مطالب

### فصل اول: مقدمه‌ای بر زنجیره تأمین زیست توده..... ۱۳

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| ۱-۱ مقدمه.....                                | ۱۵ |
| ۲-۱ تعریف زنجیره تأمین.....                   | ۱۵ |
| ۳-۱ زیست توده.....                            | ۱۷ |
| ۱-۳-۱ تاریخچه زیست توده در ایران.....         | ۱۸ |
| ۴-۱ زیست توده به عنوان یک منبع.....           | ۱۸ |
| ۱-۴-۱ منابع کشاورزی و جنگلداری.....           | ۲۱ |
| ۱-۴-۱-۱ منابع کشاورزی.....                    | ۲۱ |
| ۲-۴-۱-۱ منابع جنگلداری.....                   | ۲۲ |
| ۵-۱ غربالگری شاخص‌های پایداری بین‌المللی..... | ۲۵ |
| ۱-۵-۱ سیستم‌های صدور تأییدیه پایداری.....     | ۲۵ |
| ۶-۱ نتیجه‌گیری.....                           | ۲۷ |
| پرسش‌های کلیدی فصل.....                       | ۲۸ |
| منابع فصل.....                                | ۲۹ |

### فصل دوم: ارزیابی منابع زیست توده ..... ۳۱

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| ۱-۲ مقدمه.....                                                | ۳۳ |
| ۲-۲ طبقه‌بندی منابع زیست توده.....                            | ۳۳ |
| ۳-۲ ویژگی‌های مورد منابع زیست توده و سوخت زیستی.....          | ۳۹ |
| ۱-۳-۲ مزایا و معایب سوخت‌های زیستی.....                       | ۴۰ |
| ۲-۳-۲ ویژگی‌های منابع زیست توده.....                          | ۴۱ |
| ۳-۳-۲ الزامات کیفیت و طبقه‌بندی برای سوخت‌های زیستی جامد..... | ۴۳ |
| ۴-۲ روش‌های ارزیابی منابع زیستی.....                          | ۵۱ |
| ۱-۴-۲ فضولات کشاورزی.....                                     | ۵۲ |
| ۲-۴-۲ فضولات جنگلداری.....                                    | ۵۵ |
| ۳-۴-۲ فضولات ناشی از صنایع زراعت جنگلی.....                   | ۵۹ |
| ۱-۳-۴-۲ صنعت مواد غذایی کشاورزی.....                          | ۵۹ |
| ۲-۳-۴-۲ صنعت الوار.....                                       | ۶۰ |

|    |                               |
|----|-------------------------------|
| ۶۰ | ۴-۴-۲ محصولات جانبی دامی..... |
| ۶۱ | ۵-۴-۲ محصولات انرژی.....      |
| ۶۳ | ۵-۲ روندهای آتی.....          |
| ۶۶ | پرسش‌های کلیدی فصل.....       |
| ۶۷ | منابع فصل.....                |

## فصل سوم: عرضه، تقاضا و بازارهای زیست توده.....۷۱

|    |                                                                      |
|----|----------------------------------------------------------------------|
| ۷۳ | ۱-۳ مقدمه.....                                                       |
| ۷۳ | ۱-۱-۳ رشد تقاضای زیست توده.....                                      |
| ۷۴ | ۲-۱-۳ خاستگاه‌های زیست توده.....                                     |
| ۷۶ | ۲-۳ نیروهای اقتصادی تعیین کننده عرضه و تقاضای زیست توده.....         |
| ۷۶ | ۱-۲-۳ طرح‌ریزی دورنمای انرژی در سراسر دنیا.....                      |
| ۷۷ | ۲-۲-۳ پیش‌بینی چشم‌انداز استفاده از زیست توده.....                   |
| ۷۹ | ۳-۳ پشتیبانی تصمیم یکپارچه برای شبکه‌های بهره‌گیری از زیست توده..... |
| ۷۹ | ۱-۳-۳ شبیه‌سازی رویداد گسسته.....                                    |
| ۸۰ | ۲-۳-۳ برنامه ریزی ریاضی.....                                         |
| ۸۲ | ۳-۳-۳ ابزارهای ارزیابی ریسک و تجزیه و تحلیل عدم قطعیت.....           |
| ۸۳ | ۴-۳ محرک‌های اصلی در بازارهای زیست توده.....                         |
| ۸۴ | ۱-۴-۳ نوسان قیمت نفت خام.....                                        |
| ۸۴ | ۲-۴-۳ کاهش تغییرات اقلیمی.....                                       |
| ۸۴ | ۳-۴-۳ کاهش وابستگی به منابع انرژی وارداتی.....                       |
| ۸۴ | ۴-۴-۳ افزایش هزینه‌ی تولید انرژی اولیه.....                          |
| ۸۵ | ۵-۴-۳ بهبود فرصت‌های اقتصاد روستاییان در مناطق توسعه نیافته.....     |
| ۸۵ | ۵-۳ روندهای آتی.....                                                 |
| ۸۷ | پرسش‌های کلیدی فصل.....                                              |
| ۸۸ | منابع فصل.....                                                       |

## فصل چهارم: ذخیره سازی زیست توده.....۹۳

|    |                                     |
|----|-------------------------------------|
| ۹۵ | ۱-۴ مقدمه.....                      |
| ۹۶ | ۱-۲-۴ ذخیره‌سازی در هوای آزاد.....  |
| ۹۷ | ۲-۲-۴ سیلو کردن.....                |
| ۹۷ | ۳-۲-۴ پوشش با کنترل آب و هوایی..... |



|          |                                                                                 |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| ۹۸.....  | ۴-۲-۴ مخازن یا سیلوهای فلزی یا بتنی .....                                       |
| ۹۹.....  | ۶-۲-۴ موازنه میان هزینه و زیان ماده خشک.....                                    |
| ۱۰۰..... | ۳-۴ ذخیره‌سازی زیست توده در زنجیره تأمین .....                                  |
| ۱۰۲..... | ۴-۴ خصوصیات زیست توده مؤثر بر ذخیره سازی.....                                   |
| ۱۰۲..... | ۱-۴-۴ رطوبت زیست توده .....                                                     |
| ۱۰۴..... | ۲-۴-۴ تراکم زیست توده.....                                                      |
| ۱۰۵..... | ۳-۴-۴ خود گرمایش، آتش سوزی، انفجار، بهداشت و ایمنی طی ذخیره‌سازی زیست توده..... |
| ۱۰۷..... | ۴-۴-۴ مدیریت گرد و خاک هنگام ذخیره‌سازی .....                                   |
| ۱۰۸..... | ۵-۴-۴ مدیریت زیست توده طی ذخیره‌سازی .....                                      |
| ۱۰۹..... | ۵-۴ طراحی و نظارت بر امکانات ذخیره‌سازی.....                                    |
| ۱۱۰..... | ۶-۴ روندهای آتی .....                                                           |
| ۱۱۲..... | پرسش‌های کلیدی فصل.....                                                         |
| ۱۱۳..... | منابع فصل .....                                                                 |

## فصل پنجم: مدل‌سازی و بهینه‌سازی زنجیره تأمین زیست توده..... ۱۱۷

|          |                                                       |
|----------|-------------------------------------------------------|
| ۱۱۹..... | ۱-۵- مقدمه .....                                      |
| ۱۲۱..... | ۲-۵- لجستیک، زنجیره تأمین، زیست توده، سوخت زیستی..... |
| ۱۲۲..... | ۳-۵- فعالیت‌ها.....                                   |
| ۱۲۲..... | ۱-۳-۵ برداشت و جمع‌آوری زیست توده .....               |
| ۱۲۲..... | ۲-۳-۵ پیش پردازش.....                                 |
| ۱۲۴..... | ۳-۳-۵ ذخیره‌سازی.....                                 |
| ۱۲۴..... | ۴-۳-۵ حمل و نقل .....                                 |
| ۱۲۵..... | ۴-۵- طبقه‌بندی توابع هدف.....                         |
| ۱۲۵..... | ۱-۴-۵ به حداقل رساندن هزینه‌های کل.....               |
| ۱۲۶..... | ۲-۴-۵ بیشینه‌سازی سود کل .....                        |
| ۱۲۶..... | ۳-۴-۵ بیشینه‌سازی ارزش خالص فعلی.....                 |
| ۱۲۷..... | ۴-۴-۵ چند هدفه.....                                   |
| ۱۲۷..... | ۵-۵- دسته‌بندی سطوح تصمیم‌گیری.....                   |
| ۱۲۸..... | ۱-۵-۵ تصمیمات استراتژیک.....                          |
| ۱۳۰..... | ۲-۵-۵ تصمیمات تاکتیکی .....                           |
| ۱۳۰..... | ۳-۵-۵ تصمیمات عملیاتی.....                            |
| ۱۳۱..... | ۶-۵- دسته‌بندی روش‌های راه حل .....                   |

|     |                                                    |
|-----|----------------------------------------------------|
| ۱۳۲ | ۱-۶-۵ برنامه‌ریزی ریاضی                            |
| ۱۳۳ | ۲-۶-۵ روش‌های اکتشافی                              |
| ۱۳۴ | ۳-۶-۵ تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره          |
| ۱۳۵ | ۴-۶-۵ روش مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی         |
| ۱۳۵ | ۵-۶-۵ شبیه‌سازی                                    |
| ۱۳۷ | ۷-۵ تحقیقات در زمینه مدیریت زنجیره تأمین زیست توده |
| ۱۳۹ | ۸-۵ یک نگاه انتقادی                                |
| ۱۴۱ | ۹-۵ نتیجه‌گیری                                     |
| ۱۴۲ | پرسش‌های کلیدی فصل                                 |
| ۱۴۳ | منابع فصل                                          |

#### **فصل ششم: طراحی زنجیره تأمین زیست توده نسل دوم ..... ۱۴۹**

|     |                                                                |
|-----|----------------------------------------------------------------|
| ۱۵۱ | ۱-۶-۱ مقدمه                                                    |
| ۱۵۳ | ۲-۶-۲ زنجیره‌های تأمین زیست توده نسل دوم                       |
| ۱۵۴ | ۱-۲-۶ برداشت و جمع‌آوری                                        |
| ۱۵۶ | ۲-۲-۶ کارخانجات پیرولیز سریع و پیرولیز متحرک                   |
| ۱۵۷ | ۳-۲-۶ اکسیژن زدائی آب ، ترکیب با دیزل و پالایش به بنزین و دیزل |
| ۱۵۸ | ۳-۶-۳ مطالعه فرضی                                              |
| ۱۵۸ | ۱-۳-۶ زیست توده و محل‌های پردازش                               |
| ۱۵۹ | ۲-۳-۶ تنظیم سناریوها                                           |
| ۱۶۱ | ۳-۳-۶ حمل و نقل                                                |
| ۱۶۵ | ۴-۶-۴ نتایج                                                    |
| ۱۶۵ | ۱-۴-۶ گذرگاه‌های تولید                                         |
| ۱۶۶ | ۲-۴-۶ کارخانجات ثابت و متحرک و متغیرهای فضایی                  |
| ۱۶۷ | پرسش‌های کلیدی فصل                                             |
| ۱۶۸ | منابع فصل                                                      |

#### **فصل هفتم: طراحی شبکه زنجیره تأمین جهت احتراق همزمان زیست توده ..... ۱۷۳**

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| ۱۷۵ | ۱-۷-۱ مقدمه                        |
| ۱۸۰ | ۲-۷-۲ بررسی پیشینه                 |
| ۱۸۳ | ۳-۷-۳ طراحی زنجیره تأمین هاب-اسپوک |
| ۱۸۴ | ۱-۳-۷ مدل ریاضی                    |

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| ۱۸۸..... | ۴-۷- خلاصه نتایج.....   |
| ۱۸۸..... | ۵-۷- نتیجه گیری.....    |
| ۱۹۰..... | پرسش‌های کلیدی فصل..... |
| ۱۹۱..... | منابع فصل.....          |

#### **فصل هشتم: بهینه‌سازی زنجیره تأمین زیست توده با استفاده از تجزیه و تحلیل چرخه حیات ..... ۱۹۷**

|          |                                                                              |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۹۹..... | ۱-۸- مقدمه.....                                                              |
| ۲۰۴..... | ۲-۸- روش تجزیه و تحلیل.....                                                  |
| ۲۰۴..... | ۱-۲-۸- تجزیه و تحلیل چرخه حیات سیستم.....                                    |
| ۲۰۵..... | ۲-۲-۸- طبقه‌بندی عناصر.....                                                  |
| ۲۰۶..... | ۳-۲-۸- نمایش گرافیکی ویژگی زیست توده.....                                    |
| ۲۰۸..... | ۴-۲-۸- ادغام عناصر هدفگذاری شده در زنجیره تأمین.....                         |
| ۲۱۳..... | ۵-۲-۸- مدلی برای رویکرد تجزیه و تحلیل چرخه حیات عناصر زیست توده.....         |
| ۲۱۳..... | ۱-۵-۲-۸- محدودیت‌های جرم.....                                                |
| ۲۱۴..... | ۲-۵-۲-۸- محدودیت‌های عناصر.....                                              |
| ۲۱۵..... | ۳-۵-۲-۸- محاسبه هزینه.....                                                   |
| ۲۱۶..... | ۴-۵-۲-۸- تابع هدف.....                                                       |
| ۲۱۶..... | ۳-۸- مطالعه موردی.....                                                       |
|          | ۱-۳-۸- مقایسه بین سیستم زنجیره تأمین زیست توده موجود با رویکرد تجزیه و تحلیل |
| ۲۱۶..... | چرخه حیات عناصر زیست توده.....                                               |
| ۲۲۶..... | ۴-۸- نتیجه‌گیری.....                                                         |
| ۲۲۸..... | پرسش‌های کلیدی فصل.....                                                      |
| ۲۲۹..... | منابع فصل.....                                                               |