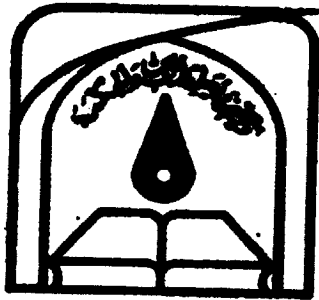
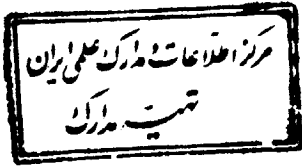


بِسْمِ اللّٰهِ  
الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

۲۷۷۵  
۶ - ۸ - ۱۳۳۷  
۴/۱۰

۳۸۳۹۶

۱۳۸۰ / ۹ / ۳۰



دانشگاه تربیت مدرس  
دانشکده فنی مهندسی

رساله دکتری

روشی برای حل برنامه ریزی چند سطحی

تهیه کننده: سید رضا حجازی

استاد راهنما: دکتر عزیزاله معماریانی

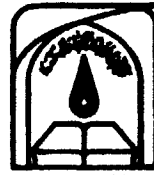
012345

اساتید مشاور:

دکتر غلامرضا جهانشاهلو دکتر محمد مهدی سپهری

۳۵۱۳۹۴

بهار ۱۳۸۰



دانشگاه تربیت مدرس

## تاییدیه هیات داوران

آقای سیدرضا حجازی رساله دکتری ۲۰ واحدی خود را با عنوان روشی برای حل برنامه‌ریزی چند سطحی در تاریخ ۸۰/۳/۲۸ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این رساله را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری مهندسی صنایع با گرایش - پیشنهاد می‌کنند. ۳۱۹ ب ۳

### امضاء

### نام و نام خانوادگی

### اعضای هیات داوران

۱- استاد راهنما:

آقای دکتر معماریانی

۲- استادان مشاور:

آقای دکتر جهانشاهلو

آقای دکتر سپهری

۳- استادان ممتحن:

آقای دکتر امین ناصری

آقای دکتر ذگردی

آقای دکتر مدرس یزدی

آقای دکتر فیض بخش

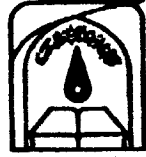
آقای دکتر کاظم زاده

۴- مدیر گروه:

(یا نماینده گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان نسخه پایانی نامه / رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:



بسمه تعالی

## آیین‌نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)‌های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت‌های علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:  
«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد/رساله دکتری نگارنده در رشته \_\_\_\_\_ است  
که در سال \_\_\_\_\_ در دانشکده \_\_\_\_\_ دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب  
آقای دکتر \_\_\_\_\_، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر \_\_\_\_\_ و مشاوره سرکار  
خانم/جناب آقای دکتر \_\_\_\_\_ از آن دفاع شده است.»

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأديه کند.

ماده ۵ دانشجو تمهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه‌شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب سید رضا حجازی دانشجوی رشته مهندسی صنایع مقطع دکتری تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: سید رضا حجازی

تاریخ و امضا: ۱۳۸۰/۳/۲۸

تقدیم به:

پدر و مادرم که با عنایت خداوند متعال هرچه دارم از آنها است.

همسرم که همکاری و همراهی امید بخش او از دلایل مهم بشمر  
رسیدن این تحقیق بوده است.

فرزندم که برخی از حقوق مسلم او نیز در اولین سالهای زندگیش  
صرف این تحقیق شده است.



## تقدیر نامه:

ستایش خداوندی را سزاست که خلقت را با معرفت و آموختن آفرید و شکر- گذاری به درگاهش را کلید گشایش و سرآغاز یاد خود، و آن را بهانه ای برای فزونی نعمات و الطافش قرار داد، سپاس و ستایش مخصوص خداوندی است که همه را بسوی خود می خواند و سرانجام، همه بسوی او باز خواهیم گشت.

پس از شکر و سپاس بی پایان به درگاه الهی به مصداق "لم یشکر المخلوق، لم یشکر الخالق" بر خود فرض می دانم که از زحمات و راهنمایی های بی دریغ و عالمانه جناب آقای دکتر معماریانی در طول انجام این تحقیق سپاس گذاری کنم. همچنین از جناب آقای دکتر جهانشاهلو و دکتر سپهری که زحمت زیادی را در طول انجام این رساله بعنوان استاد مشاور تحمل نمودند و رهنمود های مؤثری در جهت ارتقاء سطح علمی این تحقیق داشته اند تشکر و قدردانی می کنم.

## چکیده

برنامه ریزی چند سطحی ابزاری قوی برای مدلسازی و حل مسائل برنامه ریزی غیر متمرکز است؛ اما پیچیدگی محاسباتی آن بسیار زیاد است. همانطور که در ادبیات این موضوع ذکر شده است، این مسائل از نوع مسائل  $Np\_hard$  هستند. به همین دلیل روشهای بهینه توسعه داده شده، قادر به حل مسائل بزرگ در زمانهای قابل قبول نیستند.

در این تحقیق ابتدا برنامه ریزی دوسطحی به صورتی بیان شده است که بتوان فضای جوابهای قابل دستیابی آن را بصورت گسسته بیان نمود. این بیان جدید، بکارگیری روشهای فراابتکاری را ساده تر می کند. بر مبنای تعاریف و قضایای اثبات شده، سه روش فراابتکاری بر اساس SA، GA و TS توسعه داده شده است. قضایای اثبات شده عمدتاً برای کاهش اثر نشدنی بودن که مشکل اساسی حل مسائل دارای محدودیت با روشهای فراابتکاری است، بیان شده است. روشهای توسعه داده شده با روشهای فراابتکاری موجود در ادبیات موضوع مقایسه شده است، روشهای توسعه داده شده هم از نظر کارایی محاسباتی و هم از نظر کیفیت جواب بدست آمده برتری زیادی نسبت به روش GABBA توسعه داده شده توسط "ماتیو" و همکارانش دارد. همچنین با حل مسائل بزرگ با اندازه هایی تا ۲۰۰ محدودیت و ۴۰۰ متغیر روشهای توسعه داده شده با روش HTA مقایسه شده است که روش SA پیشنهادی نسبت به روش HTA که در بین روشهای مرور شده در ادبیات موضوع کارآترین روش است، برتری محسوسی از نظر کارایی محاسباتی دارد و از نظر کیفیت جواب نیز تقریباً هر دو روش همسطح و بسیار خوب مسائل را حل می کنند. روش GA پیشنهادی نیز تقریباً برتر از روش HTA است؛ اما روش TS نه از نظر کارایی محاسباتی و نه از نظر کیفیت جواب بدست آمده، بخوبی روش HTA نمی تواند مسائل را حل کند.

همچنین یک روش شاخه و کران، بر مبنای تعاریف و قضایای بیان و اثبات شده، توسعه داده شده است که نسبت به روش شاخه و کران "برد و مور" که یک روش تقریباً خوبی در بین روشهای بهینه است، از نظر کارایی محاسباتی برتر است.

در انتهای یک روش ترکیبی، که ترکیبی از الگوریتمهای SA و شاخه و کران توسعه داده شده در این تحقیق است، برای حل برنامه ریزی سه سطحی ارائه شده است؛ اما در ادبیات این مسئله روش کاملی برای حل آن وجود ندارد که با آن مقایسه ای صورت بگیرد.

**کلید واژه:** برنامه ریزی ریاضی - برنامه ریزی دوسطحی - برنامه ریزی چند سطحی - فراابتکاری - شاخه و کران - الگوریتم ژنی (GA) - الگوریتم SA - الگوریتم TS

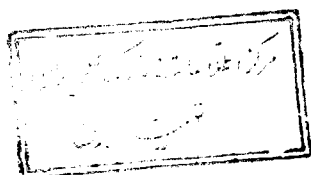
## فهرست مطالب

### فصل اول: مروری بر ادبیات موضوع

- ۱-۱ مقدمه ..... ۱
- ۲-۱ معرفی برنامه ریزی چند سطحی ..... ۵
- ۳-۱ تعاریف و قضایای برنامه ریزی دوسطحی ..... ۸
- ۴-۱ مروری بر روشهای حل مسئله برنامه ریزی دو سطحی ..... ۱۱
- ۱-۴-۱ روشهایی براساس شمارش رئوس ..... ۱۲
- ۲-۴-۱ روشهایی براساس شرایط کوهن-تاگر ..... ۱۶
- ۳-۴-۱ روشهایی بر اساس مفاهیم مجموعه های فازی و تابع عضویت ..... ۱۹
- ۴-۴-۱ روشهای مدرن ابتکاری ..... ۲۰
- ۵-۱ نتیجه گیری ..... ۲۱

### فصل دوم: تعاریف و قضایا

- ۱-۲ مقدمه ..... ۲۳
- ۲-۲ برخی از تعاریف و قضایای مورد نیاز ..... ۲۳
- ۱-۲-۲ روش حل مدل (۱-۲) ..... ۲۷
- ۳-۲ بررسی شدنی بودن یک جواب الگوریتم ..... ۲۸





۴-۲ نحوه ساختن یک جواب شدنی الگوریتم ۳۱.....

۵-۲ نتیجه گیری ۳۲.....

### فصل سوم: حل برنامه ریزی دو سطحی با SA

۱-۳ مقدمه ۳۳.....

۲-۳ الگوریتم SA ۳۳.....

۳-۳ بکارگیری SA برای حل BLP ۳۴.....

۴-۳ گامهای الگوریتم SA برای حل BLP ۳۶.....

۵-۳ تجزیه و تحلیل نتایج محاسباتی ۳۸.....

۱-۵-۳ تعیین تابع R ۳۹.....

۲-۵-۳ تعیین پارامترهای دیگر الگوریتم ۴۱.....

۱-۲-۵-۳ ضریب تغییر دما ( $f_0$ ) ۴۲.....

۲-۲-۵-۳ تعداد تکرارها در هر دما ( $n_0$ ) ۴۳.....

۳-۲-۵-۳ نحوه استفاده از همسایگی ها با مراتب مختلف ۴۳.....

۳-۵-۳ مقایسه روش GABBA با SA پیشنهادی ۴۴.....

۶-۳ نتیجه گیری ۴۶.....

### فصل چهارم: حل برنامه ریزی دو سطحی با GA

۱-۴ مقدمه ۴۸.....

۲-۴ الگوریتم ژنی ۴۸.....

۴۹.....	BLP	۳-۴	بکارگیری الگوریتم ژنی برای حل مسئله
۵۲.....	BLP	۴-۴	گامهای الگوریتم GA برای حل
۵۳.....		۵-۴	تجزیه و تحلیل نتایج محاسباتی
۵۴.....		۱-۵-۴	اندازه جمعیت
۵۴.....		۲-۵-۴	تعداد مناسب بکارگیری روشهای تقاطعی و جهشی در هر مرحله
		۳-۵-۴	چه تعداد از کروموزومهای نشدنی برای بکارگیری قضایای ۳-۲ و ۴-۲ باید
۵۶.....			نگهداری شود؟
۵۶.....	GABBA	۴-۵-۴	مقایسه روش GA با روش
۵۸.....		۶-۴	نتیجه گیری

#### فصل پنجم: حل برنامه ریزی دوسطحی با TS

۶۰.....		۱-۵	مقدمه
۶۰.....		۲-۵	الگوریتم جستجوی ممنوع
۶۱.....	BLP	۳-۵	بکارگیری TS برای حل
۶۳.....	BLP	۴-۵	گامهای الگوریتم TS برای حل
۶۴.....		۵-۵	تجزیه و تحلیل نتایج محاسباتی
۶۵.....	$TS_1$ و $TS_2$	۱-۵-۵	تعیین مقدار مناسب برای
۶۷.....	$TS_1$ و $TS_2$	۲-۵-۵	مقایسه
۶۷.....	GABBA و روش TS	۳-۵-۳	مقایسه روش و پیشنهادی
۶۹.....		۶-۵	نتیجه گیری

### فصل ششم: مقایسه روشهای توسعه داده شده با روش HTA

۷۱.....	مقدمه	۱-۶
۷۱.....	مروری بر کارآیی روشهای حل برنامه ریزی دوسطحی	۲-۶
۷۶.....	مقایسه روشهای توسعه داده شده با روش	۳-۶
۷۶.....	معرفی روش HTA	۱-۳-۶
۷۷.....	نتایج محاسباتی	۲-۳-۶
۸۲.....	نتیجه گیری	۴-۶

### فصل هفتم: حل برنامه ریزی دوسطحی با یک الگوریتم شاخه و کران

۸۳.....	مقدمه	۱-۷
۸۳.....	بکارگیری الگوریتم شاخه و کران برای حل BLP	۲-۷
۸۶.....	گامهای الگوریتم شاخه و کران برای حل BLP	۳-۷
۸۸.....	تجزیه و تحلیل نتایج محاسباتی	۴-۷
۸۹.....	مرتب کردن محدودیتهای سطح دوم	۱-۴-۷
۹۰.....	اثر استفاده از قضیه ۲-۳ بر کارآیی محاسباتی الگوریتم	۲-۴-۷
۹۱.....	مقایسه الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم شاخه و کران برد و مور	۳-۴-۷
۹۲.....	نتیجه گیری	۵-۷

### فصل هشتم: برنامه ریزی سه سطحی

۹۳.....	مقدمه	۱-۸
---------	-------	-----

۹۵.....	تعاریف و قضایایی در باره برنامه ریزی سه سطحی	۲-۸
۱۰۱.....	نحوه ساختن یک جواب شدنی SA برای حل برنامه ریزی سه سطحی	۳-۸
۱۰۲.....	روش ترکیبی ابتکاری برای حل برنامه ریزی سه سطحی	۴-۸
۱۰۳.....	گامهای الگوریتم ترکیبی برای حل برنامه ریزی سه سطحی	۵-۸
۱۰۷.....	مثال عددی	۶-۸
۱۱۱.....	نتیجه گیری	۷-۸

### فصل نهم: خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی

۱۱۳.....	مقدمه	۱-۹
۱۱۴.....	روشهای فرا ابتکاری برای حل برنامه ریزی دوسطحی	۲-۹
۱۱۴.....	الگوریتم SA برای حل برنامه ریزی دوسطحی	۱-۲-۹
۱۱۵.....	الگوریتم GA برای حل برنامه ریزی دوسطحی	۲-۲-۹
۱۱۶.....	الگوریتم TS برای حل برنامه ریزی دوسطحی	۳-۲-۹
۱۱۶.....	مقایسه روشهای توسعه داده شده با روش HTA	۴-۲-۹
۱۱۷.....	روشی برای حل برنامه ریزی سه سطحی	۳-۹
۱۱۸.....	پیشنهاد برای تحقیقات آینده	۴-۹
۱۲۰.....	فهرست منابع	
۱۲۸.....	واژه نامه انگلیسی به فارسی	
۱۳۱.....	واژه نامه فارسی به انگلیسی	
۱۳۳.....	ABSTRACT	

## فصل اول

### مروری بر ادبیات موضوع

#### ۱-۱ مقدمه

در دنیای واقعی بسیاری از سیستم‌های موجود دارای زیر سیستم‌های مختلفی هستند و رابطه بین این زیرسیستم‌ها بگونه‌ای است که می‌توان آنها را در سطوح مختلفی قرار داد به صورتی که هر چند زیر سیستم با توجه به ویژگیهای مشترکی که دارند در یک سطح قرار بگیرند. نحوه قرار گرفتن و ارتباط بین سطوح با توجه به اصول و قوانین حاکم بر سیستم صورت می‌گیرد و سطح بالاتر معمولاً از بعضی جنبه‌ها بر سطح پایین‌تر مسلط است. چنین ساختاری را که برای بسیاری از سیستم‌های واقعی می‌توان بنا نمود، یک ساختار سلسله مراتبی<sup>۱</sup> می‌گویند.

به عنوان مثال می‌توان به سیستم MRP<sup>۲</sup>، فرآیند مونتاژ یک محصول، برنامه‌ریزی تولید چند مرحله‌ای، تصمیم‌گیری در یک شرکت یا سازمان بزرگ و ... اشاره کرد، که دارای ساختار سلسله مراتبی می‌باشند. اما آنچه در اینجا مد نظر است، تصمیم‌گیری در یک شرکت یا سازمان بزرگ و یا یک جامعه اقتصادی است. فرض کنیم شرکتی دارای چند کارخانه مجزا و هر کارخانه دارای بخشهای مختلفی است. در چنین شرکتی، هیأت مدیره شرکت در سطح اول تصمیم‌گیری

---

1. Hierarchical Structure

2. Material Requirement Planning

قرار دارد و با توجه به مسؤلیت و اطلاعات بیشتری که دارد، تصمیم‌های مهمتری را در جهت توسعه شرکت و بطور کلی بهینه کردن اهداف شرکت می‌گیرد. تصمیمات اتخاذ شده توسط هیأت مدیره چون در سطح بالاتری قرار دارد، بایستی توسط مدیران کارخانجات تا به اجرا شود؛ اما مدیران کارخانجات نیز در حوزه اختیارات خود می‌توانند تصمیماتی را اتخاذ کنند، بگونه‌ای که معیارهای عملکردی خود را بهینه کنند. بخشهای مختلف کارخانجات نسبت به مدیران کارخانجات نیز چنین وضعیتی دارند. از طرف دیگر تصمیم‌ها در سطح کارخانه می‌تواند بر میزان رسیدن به هدف شرکت و فضای تصمیم‌گیری هیأت مدیره اثر بگذارد و هیأت مدیره شرکت را مجبور به تغییر در تصمیم‌گیری خود بکند. تصمیم‌های بخشهای مختلف کارخانه‌ها نیز می‌تواند اثری مشابه روی تصمیمات مدیران کارخانجات بگذارد. این مشکلی است که نمی‌گذارد در چنین ساختارهایی تصمیم‌گیری بهینه بسادگی صورت پذیرد. برنامه‌ریزی ریاضی چند سطحی<sup>۱</sup> ابزار بسیار قوی برای مدل‌سازی و حل مسائلی بشکل فوق است. در این نوع برنامه‌ریزی بر خلاف دیگر مسائل تصمیم‌گیری، چندین تصمیم‌گیرنده در سطوح مختلف قرار دارند و هر کدام تنها تعدادی از متغیرهای تصمیم را مشخص می‌کنند. در واقع هنگامی این نوع مسئله مطرح می‌شود که تصمیم‌گیرنده سطح یک قادر به اتخاذ تصمیم در مورد تمام متغیرها نیست، اختیار تعیین تمام متغیرهای تصمیم را ندارد و یا قدرت دیکته کردن تصمیمات خود به تمام بخشهای سیستم را ندارد و مسئله تصمیم‌گیری غیر متمرکز<sup>۲</sup> بدین صورت مطرح می‌شود.

تقریباً تمام مسائل تصمیم‌گیری که دولت، بخش خصوصی و مردم را شامل می‌شود، به صورت یک مسئله برنامه‌ریزی چند سطحی سلسله مراتبی مطرح است. مانند سیستم حمل و نقل که در آن دولت به عنوان تصمیم‌گیرنده سطح یک در باره عوارض، مالیات، یارانه تخصیصی به سیستم حمل و نقل و ... تصمیم می‌گیرد و هدف آن بالا بردن رفاه عمومی در بخش حمل و نقل

---

1. Multi Level Programming

2. Decentralized Decision Making

است، شرکت‌های حمل و نقل به عنوان تصمیم‌گیرندگان سطح دوم در جهت سود بیشتر تصمیماتی در باره، نوع وسیله نقلیه، تعیین مسیرهای حمل و نقل، قیمت خدمات حمل و نقل و ... می‌گیرند و مردم به عنوان تصمیم‌گیرندگان سطح سوم در جهت رفاه بیشتر و هزینه کمتر خود، مسیر رفت و آمد، نوع وسیله سفر، زمان سفر و ... را تعیین می‌کنند.

برنامه‌ریزی ریاضی چند سطحی از جمله مسائلی است که در دو دهه اخیر بطور جدی در تحقیق در عملیات مطرح شده است و عده زیادی در باره آن به تحقیق و بررسی پرداخته‌اند و غالباً با بیان تعاریف و قضایایی، به دنبال یافتن راه‌حلهای صریح و کارآ برای حل این مسائل بوده‌اند و برخی نیز جهت بکارگیری این مدلها در مسائل کاربردی تلاش کرده‌اند که موفقیت‌های هر دو گروه قابل توجه است.

توانایی برنامه‌ریزی چند سطحی برای بیان مسائل تصمیم‌گیری غیر متمرکز باعث شده است، کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف، از جمله سیاست‌گذاریهای دولتی، طراحی شبکه‌های حمل و نقل، مسائل اقتصاد کشاورزی و ... داشته باشد. به عنوان نمونه می‌توان به کار کندلر و همکارانش<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۱ اشاره کرد که استفاده از برنامه‌ریزی چند سطحی در اقتصاد کشاورزی را مطرح نمودند. برد و مور<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۰ برنامه‌ریزی دو سطحی<sup>۳</sup> را برای برنامه‌ریزی تولید در حالتی که تقاضا متغیر است استفاده کرده‌اند. بن ایاد و همکارانش<sup>۴</sup> در سال ۱۹۹۲ از برنامه‌ریزی دو سطحی برای طراحی شبکه بزرگراهها استفاده کرده‌اند. نیکولز<sup>۵</sup> در سال ۱۹۹۴ نگرش برنامه‌ریزی دو سطحی را برای مدلسازی فرآیند تولید آلومینیوم بکار گرفته است. کارلوف و وانگ<sup>۶</sup> در سال ۱۹۹۶ مدل برنامه‌ریزی دو سطحی را برای مسئله زمان‌بندی فلوشاب<sup>۱</sup>

- 
1. Candler C. and et al.
  2. Bard J.F. and J. Moore
  3. Bilevel Programming (BLP)
  4. Ben\_Ayed O. and et al.
  5. Nicholls M.G.
  6. Karlof J.K. and W. Wang