

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بیچ پروازی نیست

برساند ما را، به قطار "دو هزار"

و به قرن دگران؛

مگر انگیزه و عشق، مگر اندیشه و علم، مگر آینه و صلح

و تقلا و تلاش

بخت از آن کسی است

که مناجات کند با کارش

و در اندیشه‌ی یک مساله خوابش بی‌برد

و کتابش را بگذارد در زیر سرش

و بسیند در خواب

حل یک مساله را

باز باشدی درگیری یک مساله بیدار شود...

تقدیم به مهربان فرشتگانی که:

کلمات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه‌های یکتا
و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آن‌هاست.

تقدیم به پدر، مادر و خواهرانم.

سپاس بیکران، آفریدگار، هستی را که خرد و اندیشه را در نهاد آدمی سرشت تابناک با درک خلقت آفرینش، ساگر نعمت هایش باشد و در مسیر توسعه کام هایش

اساسی بر دارد.

و بعد از مدت ها، پس از نیمه یون راه های فراوان با حضور شیرین اساتید عزیزم، با همراهی و دغدغه هایشان و خانواده و دوستان بی نظیرم که در محله محظی این مسیر پشیمان من بودند در اینجا بر خود لازم میدانم کمال تقدیر و تشکر خود را نشان آنان کنم که محظی ای از راهبانی و پشیمانی من دریغ نکردند. از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر سید مهدی ناصری که راهبانیم را در این مسیر بر عهده داشتند و جناب آقای پروفور رضا توکل مقدم که مشاوری دل سوز و فریخته بودند و نیز از جناب آقای دکتر روح الله یوسف پور که حضورم در کلاس های زمان بندی ایشان سبب علاقه مندیم به موضوع شد و کلیه ی اساتیدی که در تمامی مراحل تحصیلی افتخار نگار دی ایشان را داشته ام و الگویی بی نظیر از یک پژوهشگر و یک استاد فداکار در ذهن من حک نمودند، کمال قدر دانی را دارم.

همچنین و بطیفه ی خود می دانم کمال تشکر را نشان برادر بزرگوارم جناب آقای نعمت الله تقی نژاد که در این مسیر همواره مرا همراهی نمودند، کمال قدر دانی را دارم. دادند و دوستان خوبم که همواره مشوق من بودند، ارزانی دارم.

از خانواده ی عزیزم که از کودکی شور دانش و لذت کشف و جستجو را در من بیدار کردند، استقامت در تلاش را به من آموختند و در تمام این سال ها با فراهم کردن آرامش فکری و آسایش روحی، بسیاری از دشواری ها را بر من آسان نمودند، با تمام وجود قدر دانم.

فرزانه خلیلی کودزی، شهریور ۹۱



دانشگاه مازندران
دانشکده علوم ریاضی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی

عنوان

رویکرد تصمیم‌گیری چندهدفه‌ی فازی برای مساله‌ی زمان‌بندی کارگاه باز

استاد راهنما
دکتر سید هادی ناصری

استاد مشاور
دکتر رضا توکلی مقدم

نگارش
فرزانه خلیلی‌گودرزی

شهریور ۱۳۹۹

چکیده

زمان‌بندی در تعریف کلی، تخصیص منابع در طول زمان برای اجرای مجموعه‌ای از وظایف در وضعیت‌های مختلف است. مساله توالی عملیات صرف، یک مساله زمان‌بندی خاص است که در آن به تعیین ترتیب عملیات می‌پردازد. با توجه به این‌که زمان‌بندی عملیات از جمله مسایل مهم و پیچیده در مباحث مهندسی است، در نظر گرفتن معیارهای مختلف مورد توجه بسیاری از محققان این علم بوده است. امروزه در اغلب کارخانه‌های تولیدی و شرکت‌های خدماتی، تامین به موقع سفارش مشتری یا خدمت‌رسانی به موقع حایز اهمیت است. هزینه‌های دیرکرد و زودکرد در این مسایل نه تنها مشتری را متضرر می‌سازد، بلکه باعث کاهش اعتبار شرکت خدماتی یا کارخانه‌های تولیدی نیز می‌گردد. از آنجا که فضای جستجو در مساله زمان‌بندی کارگاه‌باز دارای گستردگی بیشتر نسبت به سایر مسایل کارگاهی بوده و نیز در بسیاری از محیط‌های دنیای واقعی موجود است، در این پژوهش مدل برنامه‌ریزی چندهدفه‌ی خطی آمیخته‌ی نوینی با در نظر گرفتن زمان تنظیمات و زمان جداسازی وابسته به توالی و زمان‌های عدم دسترسی برای ماشین‌ها ارایه می‌کنیم. اهداف در این مساله کمینه کردن مجموع وزنی زودکردها به همراه کمینه کردن هزینه‌ی آماده‌سازی وابسته به توالی و نیز کمینه کردن دیرکرد وزنی است. با توجه به چندهدفه بودن مساله و عدم قطعیت در داده‌های مساله از یک روش حل برنامه‌ریزی فازی تعاملی به منظور حل و تبدیل مدل به یک مساله تک‌هدفه استفاده می‌کنیم. سپس با غیرفازی ساختن مساله به حل آن مبادرت می‌کنیم. در ادامه به پیاده‌سازی مساله در نرم‌افزار *AIMMS* می‌پردازیم. همچنین یک روش نوین برای حل مسایل تک‌هدفه‌ی برنامه‌ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح تماماً فازی پیشنهاد داده و روش را بر روی مساله زمان‌بندی کارگاه‌باز پیاده‌سازی کرده‌ایم. نتایج محاسباتی حاصل از پیاده‌سازی مدل، گویای کارایی مدل و رویه‌ی حل آن است.

واژه‌های کلیدی:

زمان‌بندی، کارگاه‌باز، بهینه‌سازی چندهدفه، برنامه‌ریزی چندهدفه‌ی خطی آمیخته، برنامه‌ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح تماماً فازی، زمان جداسازی کار از ماشین وابسته، زمان‌های عدم دسترسی برای ماشین‌ها.



دانشگاه مازندران
دانشکده علوم ریاضی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی

عنوان

رویکرد تصمیم‌گیری چندهدفه‌ی فازی برای مساله‌ی زمان‌بندی کارگاه باز

استاد راهنما
دکتر سید هادی ناصری

استاد مشاور
دکتر رضا توکلی مقدم

نگارش
فرزانه خلیلی‌گودرزی

شهریور ۱۳۹۱

نمایه

ابتکاری، ۲۷	تابع عضویت، ۲۰
اعداد فازی، ۲۱	تاخیر، ۱۴
اعداد فازی LR، ۲۱	تصمیم‌گیری چندشاخصه، ۲۴
الگوریتم ژنتیک، ۲۸	تصمیم‌گیری چندهدفه، ۲۴
الگوریتم ژنتیک ترکیبی، ۲۸	تعداد تعطیلی، از کارافتادگی،
الگوریتم کلونی مورچگان، ۲۸	تک ماشین، ۷
بدون درنگ، ۱۳	تکیه‌گاه، ۲۰
برنامه‌ریزی آرمانی، ۲۶	جدول بازدهی، ۵۰، ۵۷
برنامه‌ریزی آمیخته با عدد صحیح آرمانی، ۳۰	جریان شبکه، ۳۱
برنامه‌ریزی خطی، ۲۳	جریان کارگاهی، ۸
برنامه‌ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح، ۳۰	جریان کارگاهی منعطف، ۸
برنامه‌ریزی خطی چندهدفه‌ی آمیخته با عدد صحیح، ۵۳	جریمه واحد، ۱۵
برنامه‌ریزی خطی چندهدفه‌ی قطعی متناظر، ۴۸	جستجوی ممنوع، ۲۷
بلوکه کردن، ۱۳	جواب برتر (مرجح)، ۲۵
بیشینه تاخیر، ۱۶	جواب بهینه-پارتو، ۲۵
پارتو، ۲۶	جواب شدنی، ۲۵
پردازش دسته‌ای، ۱۰	جواب موثر، ۲۵
پنجره زمانی، ۳۱	جواب موثر ضعیف، ۲۵

شاخه و کران، ۳۴	جواب‌های ایده‌آل مثبت، ۴۹
شبیه‌سازی تبرید، ۲۸	جواب‌های ایده‌آل منفی، ۴۹
ضریب مصالحه‌ای، ۵۲	چرخش، ۱۳
عددفازی دوزنقه‌ای، ۲۱	حداکثر زمان تکمیل کار، ۱۶
عددفازی مثلثی، ۲۱	خط مونتاژ، ۱۰
غیرفازی کردن، ۴۵	درجه عضویت، ۲۰
فازی، ۱۸	درخت خارجی، ۱۲
فرا ابتکاری، ۲۷	درخت داخلی، ۱۲
کار کارگاهی، ۹	دیپکرد، ۱۵
کار کارگاهی منعطف، ۹	روش تعاملی، ۲۶
کارگاه باز، ۹	روش سلسله مراتبی، ۲۶
کارگاه وابسته، ۹	رویکرد برنامه‌ریزی تعاملی فازی، ۴۸
کارهای متداخل، ۳۱	زمان آماده به کار، ۱۱
کوتاه‌ترین زمان پردازش، ۸	زمان آماده‌سازی (تنظیمات)، ۶
ماشین‌های موازی با سرعت‌های مختلف، ۸	زمان پردازش، ۶
ماشین‌های یکسان موازی، ۸	زمان مجاز فازی، ۳۴
مجموع دیپکرد، ۱۶	زمان‌بندی، ۱
مجموع زمان‌های تکمیل کارها، ۱۶	زمان‌های آماده‌سازی وابسته به توالی، ۱۲
مجموع زودکرد، ۱۶	زمان‌های حمل و نقل، ۲۹
مجموعه فازی، ۲۰	زنجیره تامین، ۳۶
مجموعه‌ی مرجع، ۲۰	زودکرد، ۱۴
محدودیت حق اولویت، ۱۱	زیرمجموعه‌ی قطعی، ۲۰
محدودیت قابلیت ماشین، ۱۳	شاخص توافقی، ۳۵

محدودیت منابع فازی، ۳۴

مدل قطعی متناظر، ۴۵

موعد مقرر، ۲

نرمال، ۲۱

نقطه ایده‌آل، ۶۸

نمودار گانت، ۷۲

وزن بدبینانه‌ترین مقدار، ۴۷

وزن خوشبینانه‌ترین مقدار، ۴۷

وزن محتمل‌ترین مقدار، ۴۷

وقفه‌اندازی، ۱۱

هدف فازی، ۳۶

هزینه‌های آماده‌سازی، ۱۷

همسانی الکترومغناطیس، ۳۰

α - برش، ۲۱

α - برش قوی، ۲۱

لغت نامه انگلیسی – فارسی

Agreement Index	شاخص توافقی
Algorithm Genetic (GA)	الگوریتم ژنتیک
Analytic Hierarchy Method	روش سلسله مراتبی
Ant Colony Algorithm	الگوریتم کلونی مورچگان
Assembly Line	خط مونتاژ
Batch processing	پردازش دسته‌ای
Blocking	بلوکه کردن
Branch and Bound	شاخه و کران
Breakdown	تعطیلی، از کار افتادگی
Coefficient of compensation	ضریب مصالحه‌ای
Crisp subset	زیرمجموعه‌ی قطعی
Defuzziness	غیرفازی کردن
Dependent Shop	کارگاه وابسته
Developer	توسعه‌گر
Due date	موعد مقرر
Earliness	زودکرد
Efficient Solution (Pareto-Optimal Solution)	جواب بهینه-پارتو جواب موثر
Electromagnetism-like	همسانی الکترو مغناطیس
Enduser	کاربر نهایی
Equivalent crisp model	مدل قطعی متناظر
Equivalent crisp multi-objective mixed linear programming	برنامه‌ریزی خطی چندهدفه‌ی قطعی متناظر
Feasible Solution	جواب شدنی
Flexible Flow Shop	جریان کارگاهی منعطف

Flexible Job Shop	کار کارگاهی منعطف
Flow Shop	جریان کارگاهی
Fuzzy	فازی
Fuzzy allowable Time	زمان مجاز فازی
Fuzzy Goal	هدف فازی
Fuzzy number	اعداد فازی
Fuzzy Resource Constraint	محدودیت منابع فازی
Fuzzy set	مجموعه فازی
Gantt chart	نمودار گانت
Goal Programming	برنامه‌ریزی آرمانی
Grade of membership	درجه عضویت
Heuristic	ابتکاری
Hybrid Genetic Algorithm	الگوریتم ژنتیک ترکیبی
Ideal point	نقطه ایده‌آل
Identical machines in parallel	ماشین‌های یکسان موازی
Interactive fuzzy programming approach	رویکرد برنامه‌ریزی تعاملی فازی
Interactive Method	روش تعاملی
Intree	درخت داخلی
Job overlap revisited	کارهای متداخل
Job Shop	کار کارگاهی
Lateness	تاخیر
Left-Right (LR) Fuzzy Number	اعداد فازی LR
Lindo Systems	سیستم‌های لیندو
Linear Programming	برنامه‌ریزی خطی
Machine eligibility restriction	محدودیت قابلیت ماشین
Machines in parallel with different speeds	ماشین‌های موازی با سرعت‌های مختلف

Makespan	حداکثر زمان تکمیل کار
Maximum Lateness	بیشینه تاخیر
Membership function	تابع عضویت
Meta heuristic	فرا ابتکاری
Mixed Integer Goal Programming	برنامه‌ریزی آمیخته با عدد صحیح آرمانی
Mixed Integer Linear Programming	برنامه‌ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح
Multiple Attribute Decision Making	تصمیم‌گیری چندشاخصه
Multiple Objective Decision Making	تصمیم‌گیری چندهدفه
Negative Ideal Solutions	جواب‌های ایده‌آل منفی
Network flow	جریان شبکه
Normal	نرمال
No-Wait	بدون درنگ
Number of tardy jobs	تعداد
Open Shop	کارگاه باز
Outtree	درخت خارجی
Pareto	پارتو
Payoff table	جدول بازدهی
Positive Ideal Solutions	جواب‌های ایده‌آل مثبت
Precedence constraints	محدودیت حق اولویت
Preemption	وقفه‌اندازی
Preferred Solution	جواب برتر (مرجع)
Processing time	زمان پردازش
Recirculation	چرخش
Release date	زمان آماده به کار
Release time	زمان آماده به کار
Scheduling	زمان‌بندی

Sequence dependent setup times	زمان‌های آماده‌سازی وابسته به توالی
Setup Costs	هزینه‌های آماده‌سازی
Setup times	زمان آماده‌سازی (تنظیمات)
Shortest Processing Time	کوتاه‌ترین زمان پردازش
Simulated Annealing (SA)	شبیه‌سازی تبرید
Single Machine	تک ماشین
Solver	حل‌کننده
Strong α -cut	α -برش قوی
Supply Chain	زنجیره تامین
Support	تکیه‌گاه
Tabu Search	جستجوی ممنوع
Tardiness	دیرکرد
The weight of most optimistic value	وزن خوشبینانه‌ترین مقدار
The weight of most possible value	وزن محتمل‌ترین مقدار
The weight of the most pessimistic value	وزن بدبینانه‌ترین مقدار
Time window	پنجره زمانی
Total Completion times	مجموع زمان‌های تکمیل کارها
Total Earliness	مجموع زودکرد
Total Tardiness	مجموع دیرکرد
Transportation times	زمان‌های حمل و نقل
Trapezoidal Fuzzy Number	عددفازی ذوزنقه‌ای
Triangular Fuzzy Number	عددفازی مثلثی
Unit penalty	جریمه واحد
Universe set	مجموعه‌ی مرجع
Weakly Efficient Solution	جواب موثر ضعیف
α -cut	α -برش

Abstract

Scheduling consists of assignment resources in order to perform a set of tasks in a given time horizon that optimizes the usage of available resources. The pure sequencing problem is a specialized scheduling problem in which an ordering of the jobs completely determines a schedule. Whereas the scheduling is one of the important and complex issues in engineering fields, considering different criterias has been lionize by many researches. Nowadays, in many manufacturing factories and service systems providing timely information and services to customers is crucial. The tardiness and earliness costs in these issues, not only makes the customers affected but also reduces the credit of the company or manufacturing plant. Since the search space in open shop scheduling problem has greater extent than other issues in other shop scheduling problems and since it uses in many real world environment, in this research we present a new multi-objective mixed integer linear programming model with considering setup times seprated from processing times, sequence dependent removal times and considering inaccessibility time for machines. Objectives in this problem are minimizing total weighted lateness, minimizing total weighted tardiness and minimizing total removal times. With regard to multi objectivity and uncertainty in data of this problem, we use an interactive fuzzy programming method to convert the problem into singel objective form and solving it then we deffuzy the problem. In continuation, we implement the problem into AIMMS software and we present a new method to solve single objective mixed integer fully fuzzy linear programming and implement the method to open shop scheduling problem computational results from implementing the model present the application of the model and the proposal solving method.

Key word: Scheduling, Open shop, Multi objective optimization, Mixed integer programming, Fully fuzzy mixed integer linear programming problem, Sequence dependent removal times, Inaccessibility time for machines.



University Of Mazandaran
Faculty of Mathematical Sciences

M. S. Thesis in
Applied Mathematics

Title

**A fuzzy multi-objective decision making (FMODM) approach for an
open shop scheduling problem**

Supervisor
Dr. Seyed Hadi Nasser

Advisor
Dr. Reza Tavakoli Moghaddam

By
Farzaneh Khalili Goodarzi

September 2012

فهرست مطالب

فصل ۱- کلیات و مقدمات پژوهش	۹
۱-۱- زمان بندی	۹
مثال ۱.۱- تخصیص ورودی مسافران در یک فرودگاه	۱۰
مثال ۲-۱- زمان بندی کارها در یک واحد پردازنده‌ی مرکزی	۱۰
مثال ۳-۱- زمان بندی در تولید	۱۱
مثال ۴-۱- نقش زمان بندی در خدمات	۱۱
۱-۱.۱- کار زمان بندی	۱۲
۲-۱.۱- نظریه زمان بندی	۱۳
۳-۱.۱- مروری بر مدل‌ها، اصول و اصطلاحات زمان بندی	۱۴
۱-۳.۱.۱- ترکیب ماشین‌ها (α)	۱۵
۲-۳.۱.۱- محدودیت‌ها در مسایل زمان بندی (β)	۱۹
۳-۳.۱.۱- هدف و معیارهای عملکرد	۲۲
۲-۱- رویکرد فازی	۲۶
۱-۲.۱- منطق فازی و احتمالات	۲۶
۲-۲.۱- مروری بر مفاهیم ابتدایی فازی	۲۸
۳-۲.۱- اعداد فازی	۲۹
۴-۲.۱- برنامه‌ریزی خطی فازی	۳۱
۳-۱- بهینه‌سازی چندهدفه	۳۲
۱-۳.۱- مفاهیم مقدماتی	۳۳
۲-۳.۱- روش حل مسایل چند هدفه	۳۴
فصل ۲- پیشینه‌ی تحقیق و ادبیات موضوع	۳۵
۱-۲- روش‌های ابتکاری ارائه شده بر روی مسایل زمان بندی کارگاه باز	۳۵
۲-۲- مدل‌سازی‌های مسایل زمان بندی کارگاه باز	۳۷
۳-۲- محدودیت‌ها و معیارهای به کار رفته در ادبیات موضوع	۳۹
۴-۲- پیشینه‌ی رویکرد فازی بر مسایل زمان بندی کارگاه باز	۴۲
۵-۲- رویکرد حل مسایل تصمیم‌گیری چندهدفه خطی فازی	۴۳

۴۶	فصل ۳- مدل سازی ریاضی مساله و ارایه روش حل
۴۷	۱.۳- مفروضات مساله ی پیشنهادی
۴۸	۳.۲- اندیس ها و پارامترهای مساله
۴۹	۳.۳- متغیرهای تصمیم گیری
۵۰	۴.۳- مدل ریاضی پیشنهادی
۵۳	۵.۳- غیرفازی کردن مساله و مدل قطعی متناظر
۵۳	۱.۵.۳- غیرفازی کردن مساله
۵۴	۲.۵.۳- مدل قطعی متناظر
۵۶	۳.۵.۳- رویه حل برنامه ریزی فازی تعاملی
۶۱	فصل ۴- ارایه یک روش نوین برای مساله تک هدفه ی فازی
۶۱	۱.۴- ارایه روش حل برای مسایل برنامه ریزی خطی فازی آمیخته با عدد صحیح
۷۰	۲.۴- پیاده سازی روش پیشنهادی بر روی مساله ی زمان بندی کارگاه باز
۷۵	فصل ۵- مثال های عددی و نتایج محاسباتی
۷۵	۱.۵- نتایج محاسباتی برای روش چند هدفه
۸۹	۲.۵- نتایج محاسباتی برای روش تک هدفه ی فازی
۹۹	فصل ۶- نتیجه گیری و پیشنهادها
۹۹	۱.۶- نتیجه گیری
۱۰۰	۲.۶- پیشنهادات برای پژوهش های آتی
۱۰۱	فصل ۷- پیوست ها
۱۰۱	۱.۷- پیوست ۱: نرم افزار AIMMS
۱۰۳	۲.۷- پیوست ۲: نرم افزار لینگو (LINGO)
۱۰۴	۳.۷- پیوست ۳: پیچیدگی مسایل
۱۰۶	۴.۷- پیوست ۴: کد پیاده سازی مساله در نرم افزار AIMMS
۱۱۳	کتابنامه
۱۱۸	نمایه
۱۲۱	لغت نامه انگلیسی-فارسی
۱۲۵	چکیده ی انگلیسی

فهرست جدول‌ها

- جدول (۱.۱) - برخی محیط‌های ماشین‌ها و پارامترهای آن ۱۸
- جدول (۲.۱) - برخی محدودیت‌ها و نمادگذاری اختصاریشان در β ۲۲
- جدول (۳.۱) - برخی از انواع معیارهای عملکرد در مسایل زمان‌بندی به ازای پارامتر γ ۲۵
- جدول (۴.۱) - مقادیر ایده‌آل مثبت (PIS) و جوابهای ایده‌آل منفی (NIS) توابع در مثال (۴.۱) ۶۹
- جدول (۱.۵) - زمان پردازش و موعد تحویل کارها بر حسب اعداد فازی ۷۷
- جدول (۲.۵) - زمان‌های آماده‌سازی کارها بر روی ماشین‌ها ۷۷
- جدول (۳.۵) - مدت زمان جداسازی کار از ماشین اگر کار ماقبل، کار ۱ باشد ۷۷
- جدول (۴.۵) - مدت زمان جداسازی کار از ماشین اگر کار ماقبل، کار ۲ باشد ۷۸
- جدول (۵.۵) - مدت زمان جداسازی کار از ماشین اگر کار ماقبل، کار ۳ باشد ۷۸
- جدول (۶.۵) - مدت زمان جداسازی کار از ماشین اگر کار ماقبل، کار ۴ باشد ۷۸
- جدول (۷.۵) - مدت زمان جداسازی کار از ماشین اگر کار ماقبل، کار ۵ باشد ۷۸
- جدول (۸.۵) - وزن دیرکرد کارها ۷۹
- جدول (۹.۵) - وزن زودکرد کارها ۷۹
- جدول (۱۰.۵) - بازه‌های عدم‌دسترسی ۷۹
- جدول (۱۱.۵) - زمان پردازش و موعد تحویل کارها ۸۰
- جدول (۱۲.۵) - نتایج حاصل از محاسبه‌ی جواب‌های ایده‌آل مثبت و منفی برای مساله‌ی 5×3 ۸۰
- جدول (۱۳.۵) - ساختار مسایل حل شده ۸۲
- جدول (۱۴.۵) - نتایج حاصل از محاسبه‌ی ایده‌آل‌های مثبت و منفی مثال‌ها ۸۲
- جدول (۱۵.۵) - نتایج حاصل برای مساله‌ی 5×3 ($\theta_1 = \theta_r = \theta_p = \frac{1}{3}$) ۸۲
- جدول (۱۶.۵) - نتایج حاصل برای مساله‌ی 5×3 ($\theta_1 = \theta_r = \frac{1}{3}, \theta_p = \frac{2}{3}$) ۸۳
- جدول (۱۷.۵) - نتایج حاصل برای مساله‌ی 5×3 ($\theta_1 = \theta_r = \frac{1}{6}, \theta_p = \frac{4}{6}$) ۸۳

- جدول (۱۸.۵)- نتایج حاصل برای مساله‌ی 4×4 ($\theta_1 = \theta_r = \theta_p = \frac{1}{4}$) ۸۵
- جدول (۱۹.۵)- نتایج حاصل برای مساله‌ی 4×4 ($\theta_1 = \theta_r = \frac{1}{4}, \theta_p = \frac{2}{4}$) ۸۵
- جدول (۲۰.۵)- نتایج حاصل برای مساله‌ی 4×4 ($\theta_1 = \theta_r = \frac{1}{6}, \theta_p = \frac{4}{6}$) ۸۶
- جدول (۲۱.۵)- نتایج حاصل برای مساله‌ی 6×2 ($\theta_1 = \theta_r = \theta_p = \frac{1}{6}$) ۸۷
- جدول (۲۲.۵)- نتایج حاصل برای مساله‌ی 6×2 ($\theta_1 = \theta_r = \frac{1}{4}, \theta_p = \frac{2}{4}$) ۸۷
- جدول (۲۳.۵)- نتایج حاصل برای مساله‌ی 6×2 ($\theta_1 = \theta_r = \frac{1}{6}, \theta_p = \frac{4}{6}$) ۸۸
- جدول (۲۴.۵)- زمان‌های پردازش مثال تک‌هدفه ۹۱
- جدول (۲۵.۵)- زمان‌های آماده‌سازی مثال تک‌هدفه ۹۱
- جدول (۲۶.۵)- زمان‌های جداسازی مثال تک‌هدفه: اگر کار ماقبل روی ماشین، کار ۱ باشد ۹۱
- جدول (۲۷.۵)- زمان‌های جداسازی مثال تک‌هدفه: اگر کار ماقبل روی ماشین، کار ۲ باشد ۹۱
- جدول (۲۸.۵)- زمان‌های جداسازی مثال تک‌هدفه: اگر کار ماقبل روی ماشین، کار ۳ باشد ۹۲
- جدول (۲۹.۵)- زمان‌های جداسازی مثال تک‌هدفه: اگر کار ماقبل روی ماشین، کار ۴ باشد ۹۲
- جدول (۳۰.۵)- زمان‌های جداسازی مثال تک‌هدفه: اگر کار ماقبل روی ماشین، کار ۵ باشد ۹۲
- جدول (۳۱.۵)- بازه‌های عدم دسترسی مثال تک‌هدفه ۹۳
- جدول (۳۲.۵)- نتایج حاصل از محاسبه‌ی جوابهای ایده‌آل مثبت و منفی برای مثال تک‌هدفه ۹۳
- جدول (۳۳.۵)- نتایج حاصل برای مثال تک‌هدفه‌ی 5×3 ($\theta_1 = \theta_r = \theta_p = \frac{1}{5}$) ۹۴
- جدول (۳۴.۵)- نتایج حاصل برای مثال تک‌هدفه‌ی 5×3 ($\theta_1 = \theta_r = \frac{1}{4}, \theta_p = \frac{2}{4}$) ۹۴
- جدول (۳۵.۵)- نتایج حاصل برای مثال تک‌هدفه‌ی 5×3 ($\theta_1 = \theta_r = \frac{1}{6}, \theta_p = \frac{4}{6}$) ۹۴
- جدول (۳۶.۵)- ساختار مسایل حل شده ۹۵
- جدول (۳۷.۵)- نتایج حاصل از محاسبه‌ی ایده‌آل‌های مثبت و منفی مثال‌ها ۹۵
- جدول (۳۸.۵)- نتایج حاصل برای مثال تک‌هدفه‌ی 4×4 ($\theta_1 = \theta_r = \theta_p = \frac{1}{4}$) ۹۵
- جدول (۳۹.۵)- نتایج حاصل برای مثال تک‌هدفه‌ی 4×4 ($\theta_1 = \theta_r = \frac{1}{4}, \theta_p = \frac{2}{4}$) ۹۶