

دانشگاه صنعتی اصفهان

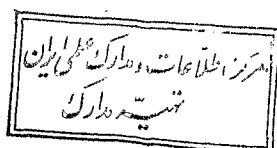
مرکز برنامه ریزی سیستمها

« ارزیابی روشهای شاخه و کرانه در طراحی شبکه‌های برون شهری »

پایان نامه کارشناسی ارشد
برنامه ریزی سیستمها
در گرایش تحقیق در عملیات

توسط: مسعود مستشار
زیر نظر: دکتر حسین پورزاهدی

۱۳۷۲ / ۷ / ۷



اردیبهشت ماه ۱۳۷۰

۱۳۷۲۳

* بنام خدا *

این پایان نامه در جلسه مورخ ۷۰/۲/۱۱ کمیته پایان نامه متشکل از اساتید ذیل مورد بررسی و تأیید قرار گرفت :

۱- (استاد راهنما) دکتر حسین پورزاهدی

۲- (استاد کمیته تخصصی) دکتر هدایت ذکا شی آشتیانی

۳- (مسئول کمیته کارشناسی ارشد دانشکده) دکتر فرها دکیانفر

فرمانگش

بنا م خدا وندبخشندهء مهربان

* سپاسگزاری و قدردانی *

سپاسگزاری خود را از زحمات و هدایای استاد گرامی جناب آقای دکتر حسین پورزاهدی بدینوسیله بیان داشته و خود را مرهون رهنمودها و ارشادهای ایشان میدانم .
از خداوند متعال موفقیت روزافزون ایشان را در راه علم و پیشبرد آن وزندگی شخصی خواستارم .

همچنین از سایر اساتید گرامی دانشکده صنایع و سیستمها ، جناب آقای دکتر هدایت ذکا ئی آشتیانی و جناب آقای دکتر فرهاد کیا نفر که با هدایای خود در اصلاح بیشتر این پایان نامه کوشیدند ، کمال تشکر و قدردانی را دارم .
فرصت را مغتنم دانسته و حضور خود در جمع اساتید و دانشجویان این دانشکده را به عنوان بهترین سالهای عمر خود شمرده و امیدوارم در زندگی خود از آموختهها و تجارب بدست آمده در این چند سال کمال استفاده را ببرم .
در پایان از همسر خود که در طول دوران دانشجویی و مخصوصاً " در فراز و نشیبهای کار روی پایان نامه با صبر و تحمل فشارها ، یاری کننده من بود ، صمیمانه تشکر می کنم .

مسعود مستشار

✱ فهرست مطالب ✱

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
ت	فهرست شکلها
ث	فهرست جداول
۱	فصل اول : مسئله طراحی شبکه
۱	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- تعریف مسئله طراحی شبکه
۳	۳-۱- اهداف طراحی شبکه
۵	۴-۱- ساختمان مدل
۹	فصل دوم : مروری بر دستورچه‌های موجود در طراحی شبکه
۹	۱-۲- برنامه ریزی ریاضی
۱۱	۲-۲- روشهای شاخه و کرانه
۱۲	۱-۲-۲- دستورچه "اسکات"
۱۵	۲-۲-۲- دستورچه "اوجا- رسووسیلوا"
۱۸	۳-۲- روشهای ابداعی
۱۸	۱-۳-۲- دستورچه‌های تقریبی "اسکات"
۲۲	۲-۳-۲- روش "استینبرینگ"
۲۴	۴-۲- دستورچه "بویس" و همکاران
۲۶	۱-۴-۲- دستورچه "بویس" و همکاران بطور کلی
۲۷	۱-۱-۴-۲- ویژگیهای درخت جستجو
۲۸	۲-۱-۴-۲- قواعد حذف گره
۳۱	۳-۱-۴-۲- شرایط پایان مسئله
۳۱	۴-۱-۴-۲- روش محاسبه تابع هدف
۳۳	۵-۱-۴-۲- نحوه بدست آوردن کوتاهترین مسیر
۳۵	۲-۴-۲- دستورچه "بویس" و همکاران بصورت گام به گام

۳۹	فصل سوم : بررسیها و اصلاحات انجام شده روی دستورحل <i>BFW</i>
۴۰	۱-۳- برنامها کامپیوتری دستورحل
۴۰	۲-۳- طراحی شبکه های تصادفی
۴۱	۱-۲-۳- ویژگیهای اختیاری شبکه های آزمایشی
۴۲	۲-۲-۳- ویژگیهای تصادفی
۴۳	۳-۳- ارزیابی کارآئی آزمونهای موجود در دستورحل
	۴-۳- ارزیابی توان دستورحل برای حل مسائل بزرگ از لحاظ
۴۹	حافظه مورد نیاز
۵۲	۵-۳- ارزیابی توان دستورحل برای حل مسائل بزرگ از لحاظ زمان
۵۲	۱-۵-۳- مقایسه باروش "شمارش مستقیم"
۵۳	۲-۵-۳- یافتن رابطه ای برای زمان حل مسئله
۵۷	۳-۶- توان دستورحل در بدست آوردن جواب بهینه در گامهای اولیه
۶۴	فصل چهارم : طراحی شبکه در یک مسئله واقعی
۶۴	۱-۴- ساختار شبکه مورد مطالعه
۶۹	۲-۴- کماتهای موجود
۸۰	۳-۴- تقاضای مبدا - مقصد
۸۰	۴-۴- پروژه های پیشنهادی
۸۹	۵-۴- محدودیت بودجه
۹۴	فصل پنجم : خلاصه مطالب و جمع بندی نتایج
۹۴	۱-۵- خلاصه مطالب
۹۵	۲-۵- جمع بندی نتایج
۹۶	۳-۵- پیشنهادات برای مطالعات آینده
۹۸	پیوست الف : راهنمای استفاده از برنامه طراحی شبکه <i>NETD</i>
۱۰۸	پیوست ب : صورت برنامه <i>NETD</i> برای حل مسئله طراحی شبکه
۱۲۱	پیوست پ : صورت قسمتی از برنامه <i>NETD</i> که برای وارد کردن داده مسئله بکار می رود
۱۲۹	پیوست ت : صورت برنامه برای ایجاد شبکه های تصادفی
۱۳۵	فهرست منابع و مآخذ

فهرست جسداول *

صفحه

جدول

۵۰	۱-۳- تحلیل نسبت منافع - به - مخارج برای انتخاب بهترین ترکیب آزمونهای دستورحل BFW در سطوح مختلف بودجه
۶۳	۲-۳- سرعت روش BFW در رسیدن به جواب بهینه ...
۶۳	۳-۳- سرعت روش BFW در رسیدن به جواب بهینه ...
۶۵	۱-۴- نام و شماره گره‌های مرکز منطقه‌های ۵۴- گانه کشور
۶۷	۲-۴- شماره و نام گره‌های شبکه حمل و نقل جاده‌ای کشور، غیر از مرکز منطقه
۷۱	۳-۴- ویژگی‌های کمانهای شبکه جاده‌ای کشور
۸۱	۴-۴- میزان تقاضای سفر مبدا - مقصد بر اساس سواری همسنگ در ساعت
۸۲	۵-۴- تعداد پروژه‌های ۴۴ انواع مختلف
۸۴	۶-۴- پروژه‌های پیشنهادی و ویژگی‌های آنها
۸۸	۷-۴- عملکرد برنامه‌های راهسازی و راه‌هداری کشوری سالهای ۱۳۶۷-۱۳۵۷
۹۱	۸-۴- نتایج حل مسئله در سطوح مختلف بودجه
۹۱	۹-۴- کمانهای موجود در جواب بهینه در سطوح مختلف بودجه

* فهرست شکلها *

<u>صفحه</u>	<u>شکل</u>
۶	۱-۱- تابع زمان سفر- حجم
۱۴	۱-۲- گامهای اساسی دستورحل "اسکات"
۲۵	۲-۲- شبکه نمونه درروش "استینبرینک"
۲۹	۳-۲- قسمتی از یک درخت جستجو درروش BFW
۳۲	۴-۲- مقادیرمختلف MLEVEL نشان دهنده موقعیت کمانها
۴۲	۱-۳- یک نمونه از شبکه های تصادفی شطرنجی
	۲-۳- منحنی تغییرات کارآئی آزمونهاى آستانه غیرمشروط و آستانه مشروط
۴۷	نسبت به سطح بودجه .
۵۴	۳-۳- نمونه ای از تغییرات تعداد شبکه های امکان پذیر و "سلطه نیافته" ...
	۴-۳- منحنی تغییرات تعداد دفعات محاسبه تابع هدف در سطوح مختلف بودجه ...
۵۵	ازروش "شمارش مستقیم"
۵۶	۵-۳- منحنی تغییرات تعداد دفعات محاسبه تابع هدف ... از دستورحل BFW
	۶-۳- منحنی تغییرات تعداد دفعات محاسبه تابع هدف نسبت به سطوح مختلف
۵۸	بودجه ازروش BFW
	۷-۳- منحنی تغییرات تعداد دفعات محاسبه تابع هدف نسبت به تعداد
۵۹	پروژه های مختلف ازروش BFW
	۸-۳- منحنی تغییرات تعداد دفعات محاسبه تابع هدف نسبت به تعداد دگره های
۶۰	شبکه در دستورحل BFW
	۹-۳- منحنی تغییرات زمان یک بار محاسبه تابع هدف نسبت به تعداد دگره های
۶۱	شبکه ازروش BFW
۶۶	۱-۴- منطقه بندی کشور برای حمل و نقل و مرکزهای ۵۴- گانه
۷۹	۲-۴- شبکه راه های موجود کشور
۹۰	۳-۴- پروژه های پیشنهادی بر روی نقشه ایران
	۴-۴- منحنی تغییرات مقدار تابع هدف مسئله طراحی شبکه نسبت به سطوح
۹۳	مختلف بودجه

* فصل اول *

مسئله طراحی شبکه

۱-۱- مقدمه:

جوامع بشری بطور غیر قابل انکاری وابسته به حمل و نقل مسافر و کالا هستند. این وابستگی باعث گسترش روزافزون نفوذ مسائل مختلف در زندگی انسانها شده است. حمل و نقل از آن جهت که جزء لاینفک زندگی ماشینی امروزه شده است از اهمیت خاصی برخوردار بوده و نقش بسیار حساسی را بازی می‌کند.

مطالعات فراوانی در چند دهه اخیر برای رفع معضلات و مسائل حاصل از حمل و نقل انجام شده است. گستره این مسائل حقیقتاً " حوزه جدیدی از فعالیتهای فکری و مطالعاتی را تشکیل می‌دهد. هدف مهندسی حمل و نقل رسیدن به نزدیکترین حالت ممکن به استفاده بهینه از کلیه امکانات و استعدادها در چارچوب محدودیتهای موجود است، بنحویکه بیشترین منافع، متوجه استفاده کنندگان و گردانندگان سیستمهای حمل و نقل در یک منطقه خاص گردد. اگر منطقه مورد نظر کوچک بوده و محدود به فعالیتهای کمی باشد مسئله حمل و نقل زیاد مشکل نخواهد بود، ولی عموماً " مسائل واقعی حمل و نقل مناطق بسیار بزرگ جغرافیائی و حرکت ناوگان عظیمی از مسافر و کالا، با انواع گوناگون و منظورهای متفاوت را در بر دارد. ویژگیهای بارز مسائل حمل و نقل عبارتند از:

— ابعاد بزرگ مسئله

— وجود گزینههای بسیار برای حل مسئله

— هدفهای چندگانه، متناقض و کیفی

یکی از مهمترین مسائل مهندسی حمل و نقل ، طراحی شبکه (۱) است . افزایش سریع جمعیت که ایجا دمرا کزمسکونی جدید را به دنبال دارد ، ساخت و راه اندازی مجتمع های تولیدی جدید و همچنین کاهش سطح خدمت راههای موجود ، همگی بر لزوم فراهم آوردن امکانات حمل و نقل سریع و مطمئن و ایجا دراهای جدید تأکید دارند . بخاطر اهمیت مسئله طراحی شبکه ، تا کنون روشها و دستورها حل های بسیاری در این مورد ارائه شده است . برخورد این دستورها را می توان به صورت زیر به دو دسته کلی تقسیم کرد :

تعدادی از روشها دنبال حل دقیق مسئله و رسیدن به جواب قطعی بهینه بوده اند و در این راستا افزایش بیش از حد زمان حل مسئله را متقبل شده اند ، و تعدادی دیگر بخاطر گریز از زمان حل های غیر معقول ، رسیدن به جواب قطعی را کنار گذاشته و به جواب تقریبی " بهینه رضایت داده اند .

هدف از این مطالعه بررسی و ارزیابی یک گروه از این روشها برای حل مسئله طراحی شبکه برون شهری است . این روشها که از جمله روشهای شاخه و کرانه در طراحی شبکه برون شهری می شوند تا کنون کارآئی بیشتری از خود برای حل اینگونه مسائل نشان داده اند . یک خصوصیت مهم مسائل طراحی شبکه برون شهری این است که در جاده های برون شهری ، شلوغی اشرف چندان روی زمان سفر استفاده کنندگان ندارد . دارا بودن این خصوصیت از بعضی جهات حل این مسئله را آسانتر از حل مسائل درون شهری کرده است .

پس از انجام بررسی روی چند نوع روش حل ، بحث بیشتری روی یکی از آنها مربوط به دستورها حل "بویس" و همکاران انجام شده و با اعمال اصلاحات و تغییراتی در آن یک مثال از طراحی شبکه جاده ای کشور حل خواهد شد .

۲-۱- تعریف مسئله طراحی شبکه :

تعریف الف- شبکه‌ای با m گره و $(m-1)/2$ کمان مستقیم وبدون جهت که تمام جفت گره‌ها را به یکدیگر متصل می‌کنند، داده شده است. مسئله مورد نظر، انتخاب زیر-مجموعه‌ای از کمانهاست بطوریکه مجموع فواصل کوتاه‌ترین مسیر بین تمام می جفت گره‌ها، با در نظر گرفتن محدودیت بودجه روی مجموع طول کمانهای انتخاب شده، کمینه شود.

تعریف ب- مسئله انتخاب بهینه تعدادی پروژه ساخت جا دها زمیان پروژه‌های موجود جهت اضافه کردن به شبکه راههای موجود را مسئله طراحی شبکه گویند به شرطی که این انتخاب به گونه‌ای انجام شود که ضمن ارضاء محدودیت بودجه روی هزینه ساخت کمانهای انتخاب شده در یک دوره برنامهریزی خاص، هزینه کل استفاده کنندگان را کمینه کند.

در تعریف (الف)، هدف طراحی یک شبکه جدید است که هیچگونه کمائی از قبل در آن وجود نداشته و هر یک از کمانهای که یک جفت گره را به یکدیگر متصل می‌کند، بالقوه امکان انتخاب شدن را دارد. ولی در تعریف (ب) هدف، تعیین بهترین حالت گسترش شبکه موجود است.

۳-۱- اهداف طراحی شبکه :

یک انتخاب مناسب برای تابع هدف ما زاد منافع جامعه (۱) (S) است که عبارتست از تفاوت منافع جامعه (۲) (U) و هزینه‌های جامعه (۳) (C) . برای سادگی، فرض می‌شود منافع جامعه (U) مقداری ثابت است. این فرض در چارچوب فرض ثابت بودن تقاضای سفر مبداء - مقصد منطقی است. با این فرض پیشینه کردن ما زاد منافع جامعه تبدیل به کمینه کردن هزینه‌های جامعه می‌شود.

بدین ترتیب است که معیار اصلی انتخاب کمانها در مسئله طراحی شبکه کمینه کردن هزینه استفاده کنندگان می‌شود. تابع هدفی که در هر مسئله طراحی شبکه تعریف می‌شود، در

رابطه نزدیک با مشکلاتی است که حل آنها مورد نظر طراحان است. اهداف اصلی طراحی شبکه

را می‌توان به بیان "مورلاک" [۸] بشرح زیرنوشت:

- کاهش مرگ و میر در سیستم حمل و نقل

- کاهش هزینه‌های پولی مسافرین

- کاهش هزینه‌های حمل و نقل جا معه

- کاهش دی اکسید سولفور یا اکسید نیتروژن

- افزایش انعطاف پذیری در انتخاب وسیله نقلیه

- افزایش مزایا و منافع مصرف کننده

هنگامیکه صحبت از هزینه سفر می‌شود انواع هزینه‌های ریالی، زمان سفر، رنج

سفر و ... مورد اشاره است. البته در نظرگیری همه این عوامل در تصمیم‌گیریها مشکل و

بعضا " ناممکن است. سه راه زیر جهت در نظرگیری این عوامل وجود دارد:

۱- در نظر گرفتن تابع هدف بصورت یک تابع n بعدی

۲- تبدیل تابع هدف n بعدی به ۱ بعدی با استفاده از ضرایب مناسب برای تبدیل

ابعاد مختلف به یک بعد.

۳- تعریف تابع هدف با یک میزان ارزیابی که جانشین و نماینده بقیه موازین ارزیابی

شده است.

روش اول در عمل با اشکالاتی چند ناشی از کار با n بعد روبروست. روش دوم از نظر

ضرایب تبدیل هدفها به یک هدف بسیار بحث انگیز است. ولی، روش سوم در عمل با استقبال

بیشتری روبرو بوده است. شاید دلیل عمده این اقبال سادگی این برخورد باشد. در این

راستا، زمان سفر را به عنوان میزان ارزیابی معین می‌کنند. انتخاب زمان سفر به

عنوان هزینه سفر و تنها میزان ارزیابی شبکه‌ناشی از دلایل زیر است:

۱- زمان سفر با بسیاری از هزینه‌ها رابطه مستقیم دارد.

۲- زمان سفر اساساً " بیشتر از دیگر عوامل و حداقل به اندازه مهم‌ترین آنها قابل لمس است .

۳- اهمیت زمان سفر در میان دیگر هزینه‌ها بالاست .

بر اساس تحقیقات مؤسسه FHWA (۱) [۵] شکل کلی و متداول تابع زمان سفر -

حجم بصورت :

$$t_i(X_i) = a_i + b_i X_i^4 \quad (1-1)$$

است که در آن :

t_i = زمان سفر در کمان i ، (بطور متوسط)

X_i = حجم ترافیک در کمان i ،

و a_i و b_i دو پارامتر ثابت هستند . شکل تقریبی تابع فوق مانند شکل (۱-۱) است .

همچنانکه در مقدمه اشاره شد ، هدف از این مطالعه طراحی شبکه‌های بیرون شهری است .

خصوصیت مهم این جاده‌ها در مقایسه با خیابانهای درون شهری در این است که در اینگونه

شبکه‌ها عامل شلوغی اثر چندانی بر روی زمان سفر ندارد و در حقیقت می‌توان با تقریب

نسبتاً " خوبی تابع زمان سفر - حجم (۱-۱) را بصورت ساده زیر :

$$t_i(X_i) = a_i$$

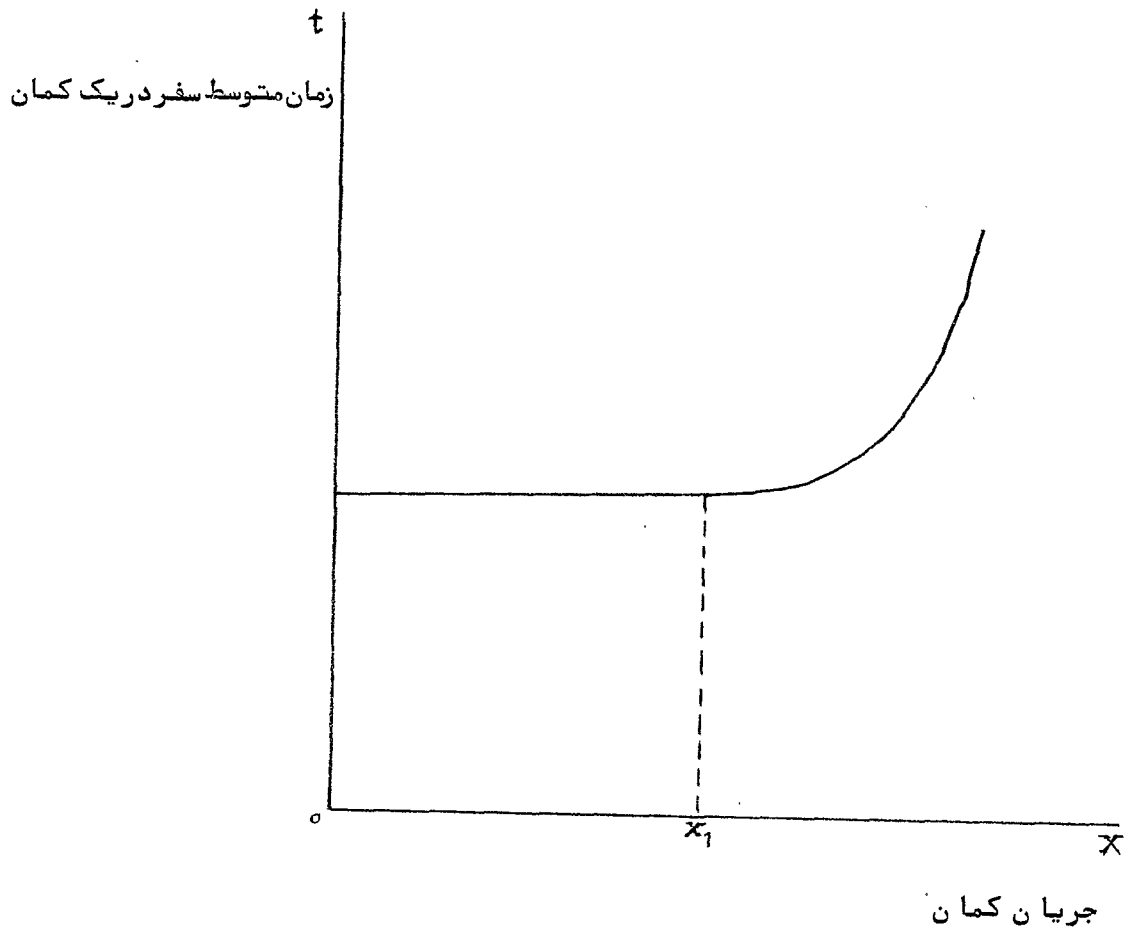
در نظر گرفت . این کمک بزرگی در ساده کردن مسئله است .

۴-۱- ساختمان مدل :

برای تشریح ساختمان مدل فرض می‌شود که :

$N(V, L)$ = شبکه با مجموعه گره‌های V و مجموعه کمانهای L

X_{ij} = حجم ترافیک از گره i به گره j



شکل ۱-۱- تابع زمان سفر- حجم • در سفرهای بیرون شهری میتوان فرض کرد تا به صورت

یک مقدار ثابت تا حدود نقطه x_1 عمل می کند .

$$\lambda_h \text{ کمان } h \text{ م} = \lambda_h$$

$$C(\lambda_h) = \text{هزینه (زمان) سفریک واحد از کمان } \lambda_h$$

$$P_{ij} = \text{کوتاهترین مسیر از گره } i \text{ به گره } j$$

$$C_{ij} = \text{هزینه سفر در کوتاهترین مسیر از } i \text{ به } j$$

$$C_{ij} = \sum_{\lambda_h \in P_{ij}} C(\lambda_h), \quad i, j \in V, i \neq j$$

$$C(N) = \text{کل هزینه سفر در شبکه}$$

$$C(N) = \sum_i \sum_j C_{ij} X_{ij}$$

$$K(\lambda_h) = \text{هزینه ساخت کمان } \lambda_h$$

$$K(N) = \text{کل هزینه ساخت کمانهای پیشنهادی}$$

$$KO = \text{سقف بودجه در دسترس}$$

بدین ترتیب، N شبکه شامل همه گره‌ها و کمان‌های موجود، و کمان‌های پیشنهادی است. تعریف می‌شود که شبکه N امکان‌پذیر است اگر $K(N) \leq KO$. بدین ترتیب مسئله طراحی شبکه را می‌توان بصورت زیر نوشت:

شبکه N^* را چنان بیابید که $C(N)$ دارای کمترین مقدار بین شبکه‌های امکان‌پذیر

باشد.

برای بحث در مورد مسائل مطرح شده، نخست در فصل دوم کوشش‌های پیشین در مورد دستور حلها ئی برای حل مسئله طراحی شبکه مورد ارزیابی قرار گرفته و تعدادی از آنها تشریح می‌شود. همین فصل نیز حاوی شرح دستور حل کامل "بویس" و همکاران [۲] به عنوان دستور حل برگزیده به همراه جزئیات مورد نیاز است. در فصل سوم بررسیهای انجام

شده روی دستور حل اخیر در ابعا دمختلف مورد بحث قرار خواهد گرفت و با اخره در فصل چهارم مسئلهء طراحی شبکه جادهای کل کشور در یک محدودهء زمانی مشخص حل و نتایج آن بیان خواهد شد. در قسمت ضما ئم نیز برنا مه های کامپیوتری نوشته شده به همراه اطلاعات ضروری دیگر خواهد آمد.