دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: مخابرات

عنوان :سازگاری الکترومغنا طیسی

استاد راهنما :دکتر زلفخانی

نگارش:بهاره ابراهیم خلیلی پور

بهمن90

فهرست

فصل اول: (مقدمه) 1

فصل دوم: (معرفی مهمترین استانداردهای سازگاری الکترومغناطیسی) 39

فصل سوم: (وسایل اندازه گیری و آزمون سازگاری الکترومغناطیسی و مقایسه بین روشهای مختلف 56

فصل چهارم: (بهینه سازی مسیر هادی ها در محفظه فلزی تجهیزات برق با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی

بر سازگاری مبتنی *الکترومغناطیسی*) 77

5-4 نتیجه گیری 108

فصل اول

(مقدمه)

1-1 مقدمه

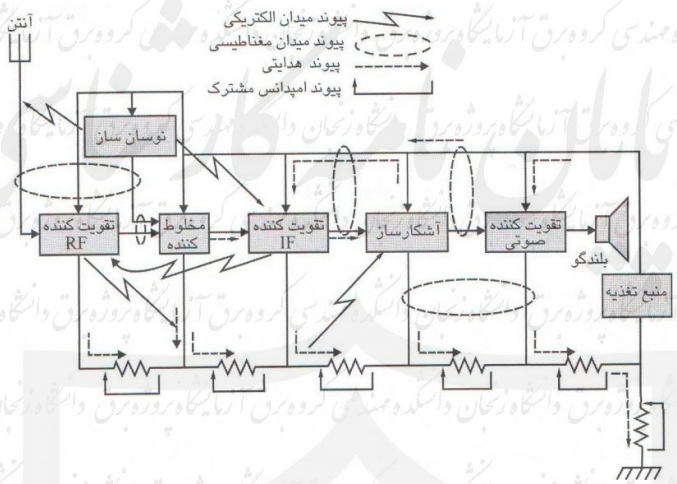
استفاده گسترده از مدارات الکترونیکی در مخابرات، محاسبات، اتوماسیون و مقاصد دیگر موجب شده است که این مدارات متضاد بنا به ضرورت در مجاورت هم کار کنند. این مدارات اغلب روی همدیگر اثرات منفی می گذارند. امروزه تداخل الکترومغناطیسی یکی از مهم ترین مسائل طراحان مدار شده است و احتمالاً در آینده نیز شدیدتر خواهد شد. یکی از دلایل این امر استفاده گسترده از دستگاه های الکترونیکی است. به علاوه استفاده از مدارات مجتمع در مقیاس بزرگ، موجب کوچک شدن وسایل الکترونیکی شده است. با کوچک تر و پیچیده تر شدن مدارات، تعداد زیادی مدار در فضای کوچکی قرار گرفته و موجب افزایش احتمال تداخل می شود.

امروزه، دستگاه های طراحی شده نه تنها در شرایط ایده آل آزمایشگاهی، بلکه در دنیای واقعی و در کنار دیگر وسایل باید به درستی کارکنند. این بدین معنی است که دستگاه نباید متأثر از منابع نویز خارجی باشد و از طرفی خود دستگاه هم نباید منبع نویز در محیط شود. بنابراین سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) باید یکی از اهداف مهم طرح باشد.

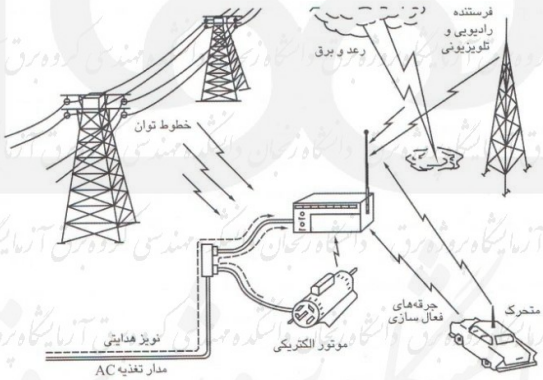
در شکل 1ـ 1 ، نمودار بلوکی یک گیرنده رادیویی به عنوان نمونه ای از انواع تداخل هایی که ممکن است داخل دستگاه رخ دهند، نشان داده شده است. سیم های بین طبقات مختلف، نویز را هدایت کرده و برخی طبقات باعث تشعشع نویز می شوند. به علاوه، عبور جریان طبقات مختلف از امپدانس مشترک زمین، ولتاژ نویزی روی گذرگاه[1] زمین ایجاد می کنند. همچنین پیوند الکتریکی و مغناطیسی روی هادی های مختلف نیز نشان داده شده است. این نویزها نمونه های از تداخلات داخلی دستگاه هستند و باید قبل از راه اندازی در آزمایشگاه، برطرف شوند. ولی وقتی دستگاه وارد دنیای واقعی می شود با منابع دیگر نویز مطابق شکل 2

[1] - Bus

ـ 1 مواجه خواهد شد. جریان های نویز از طریق خطوط توان AC به داخل رادیو وارد می شوند. همچنین، رادیو با تشعشعات الکترومغناطیسی منابع مختلفی مواجه می شود. در این حالت منابع نویز در کنترل طراح دستگاه نیستند ولی دستگاه باید طوری طراحی شود که در این شرایط به درستی کارکند.

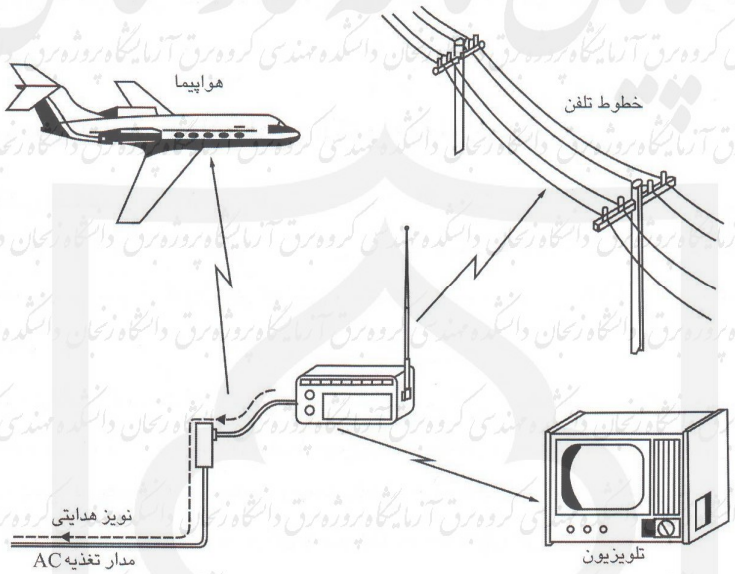


شکل(1 ـ 1) داخل دستگاهی مانند این رادیو، هر بخش مدار می تواند به روش های مختلف با بخش های دیگر تداخل کند.



شکل (2 ـ 1)خارج از آزمایشگاه، دستگاه های الکترونیکی مانند این رادیو، در معرض منابع متعدد نویز ا لکترومغناطیسی هستند. بنابراین جهت اطمینان از سازگاری با محیط، طراحی دقیقی لازم است.

شکل 3 ـ 1 جنبه دیگری از مشکل نویز را نشان می دهد. در این حالت رادیو به عنوان منبع نویز درآمده و می تواند روی وسایل دیگر تداخل ایجاد کند. بخش هایی از مدار، نویز را به طور مستقیم تشعشع کرده و کابل های تغذیه، نویز را به مدارات دیگر هدایت می کنند. همچنین عبور جریان نویزی از هادی های تغذیه، موجب تشعشع نویز اضافی از آن ها می شود. بنابراین اهمیت طراحی دستگاهی با کمترین مقدار نویز، درست به اندازه طراحی دستگاهی است که تأثیر پذیر از نویز نباشد.



شکل(3 ـ 1) دستگاه های الکترونیکی مانند این رادیو، می توانند باعث انتشار نویز و در نتیجه ایجاد تداخل با مدارات دیگر شوند. بنابراین رعایت مسائل مربوط به نویز در خلال طراحی، می تواند باعث اجتناب از این انتشارات شود.

هر نوع سیگنال الکتریکی نامطلوب در مدار را نویز می گویند. این تعریف در مورد اعوجاج های ناشی از غیر خطی بودن مدارها، به کار نمی رود.[2] اگر چه این اعوجاج ها ممکن است مطلوب نباشند ولی تا وقتی که با بخش های دیگر مدار پیوند نداشته باشند، به عنوان نویز در نظر گرفته نمی شوند. بنابراین حتی اگر سیگنال مطلوبی با بخش های دیگر، پیوند ایجاد کند، نیوز به حساب خواهد آمد.

منابع نویز را به سه گروه می توان تقسیم کرد:

1 ـ منابع نویز ذاتی، مانند نویز گرمایی و نویز ضربه ای که در اثر نوسانات تصادفی در سیستم های فیزیکی به وجود می آیند.

2 ـ منابع نویز ساخت دست بشر، مانند نویز ناشی از موتورها، سوییچ ها، دستگاه های الکترونیکی دیجیتال و فرستنده های رادیویی

3 ـ نویزهای ناشی از اغتشاشات طبیعی و جوی، مانند رعد و برق و تشعشعات خورشیدی.

تداخل، اثر نامطلوب نویز است. اگر ولتاژ نویز باعث عملکرد نادرست مدار شود، به آن تداخل می گویند. نویز را نمی توان به طور کامل حذف کرد اما می توان دامنه آن را تا حدی که موجب تداخل نشود کاهش داد.

2-1 طراحی بر اساس سازگاری الکترومغناطیسی

سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)، توانایی یک سیستم الکترونیکی در 1 ـ کارکرد درست در محیط الکترومغناطیسی مورد نظر و 2 ـ تبدیل نشدن آن به منبع (نویزی) آلوده کننده محیط است. محیط الکترومغناطیسی، ترکیبی از انرژی های هدایتی و تشعشعی است. بنابراین EMC دو جنبه دارد. انتشار[3] و تأثیرپذیری.[4]

تأثیر پذیری ، توانایی یک دستگاه یا مدار در پاسخ به انرژی الکترومغناطیسی ناخواسته (نویز) است.

[2] - در واقع اعوجاج مسئله طراحی بوده و مسئله نویز مدار نیست (م).

[3]- Emission

[4]- Susceptibilty

تأثیر پذیری. توانایی یک دستگاه یا مدار در پاسخ به انرژی الکترومغناطیسی ناخواسته (نویز) است سطح تأثیر پذیری یک مدار یا دستگاه، محیط نویزیی است که در آن دستگاه می تواند بدون تنزل و با یک حاشیه ایمنی تعریف شده، به صورت رضایت بخشی عمل کند. نقطه مقابل تأثیر پذیری، ایمنی است. یکی از مشکلات در تعیین سطوح ایمنی (تأثیرپذیری) تعریف تنزل کارکرد دستگاه است. انتشار، به توانایی ایجاد تداخل یک محصول مرتبط است. هدف از کنترل انتشار، محدود کردن انرژی الکترومغناطیسی منتشر شده و در نتیجه کنترل محیط الکترومغناطیسی است که محصولات دیگر باید در آن کار کنند. کنترل انتشار از یک محصول، می تواند منجر به رفع مشکل تداخل برای بسیاری از محصولات دیگر شود. بنابراین کنترل انتشار، تلاشی برای ایجاد یک محیط سازگار الکترومغناطیسی است.

تأثیر پذیری، تا حدودی یک مسئله خودسامان[5] است. اگر یک محصول، از محیط تأثیر پذیر باشد، مشتری از آن آگاه شده و ممکن است از ادامه خرید منصرف شود. در نقطه مقابل، انتشار معمولاً خودسامان نیست. محصولی که خود منبع انتشار است. ممکن است متأثر از انتشار نباشد. به همین دلیل مجموعه های نظارتی مختلف، استانداردهای جهت کنترل گروه های معینی از محصولات را وضع کرده اند.

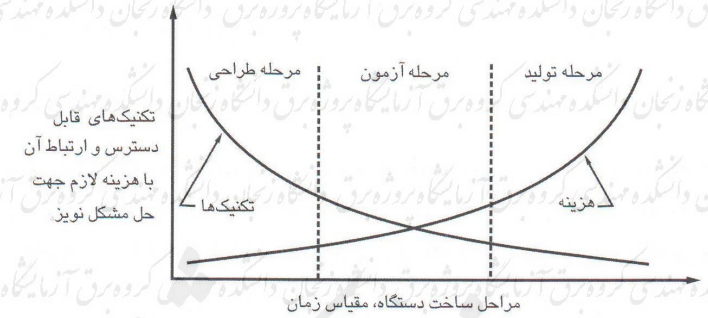
طراحی EMC به دو روش بحرانی و سیستمی امکان پذیر است. در روش بحرانی، طراح بدون توجه به EMC فرایند طراحی و ساخت را انجام داده و آزمون را شروع می کند، یا در حالت بدتر، در تجربیات میدانی وجود مشکل گزارش می شود. اجرای راه حل ها در این مراحل نهایی، معمولاً پر هزینه و شامل قطعات اضافی ناخواسته می شود. این حالت اغلب به روش چاره موقتی[6] معروف است.

در طی مراحل پیشرفت کالا از طراحی تا آزمون و تولید، تعداد تکنیک های قابل دسترس برای کاهش نویز به دشت کاهش یافته و در مقابل، هزینه آن ها افزایش می یابد. این موضوع در شکل 4 ـ 1 نشان داده شده است. بنابراین رفع مشکلات تداخلی در مراحل اولیه، بهتر و ارزان تر خواهد بود.

---

[5] - Self - regulating

[6] - Band - aid



شکل(4 ـ 1) با پیشرفت فرایند تولید دستگاه، تعداد راه های ممکن برای کاهش نویز کم شده و هزینه های آن افزایش می یابد.

در روش سیستمی، EMC در تمامی مراحل طرح در نظر گرفته می شود؛ طراحان، مشکلات EMC را در شروع فرایند طرح پیش بینی کرده و بقیه مشکلات را در برد آزمایشگاهی و مراحل ساخت نمونه اولیه می یابند و سپس آزمون های تکمیلی EMC را برای نمونه های نهایی تا حد امکان انجام می دهند. در این روش، EMC بخش مهمی در طراحی الکتریکی و مکانیکی محصول است و در نتیجه EMC باید درون محصول طراحی شود، نه این که به آن اضافه شود و این روش به صرفه تر خواهد بود.

اگر حذف نویز برای یک طبقه یا بخشی از یک سیستم در زمان طراحی آن بخش مورد توجه قرار گیرد، تکنیک های کاهش نویز بسیار ساده بوده و به راحتی انجام پذیر خواهند بود. تجربیات نشان می دهند که در صورت حذف نویز در این مرحله، طراح قادر است بیش از 90% از مشکلات نویز را قبل از مرحله آزمون دستگاه برطرف کند.

از سوی دیگر، اگر سیستمی بدون توجه به مسئله حذف نویز طراحی شده باشد، در اغلب موارد، در مرحله آزمون، مشکل نویز خواهد داشت. در این زمان پی بردن به این که کدام یک از راه های مختلف نویز در ایجاد این مشکل سهیم هستند، آسان و واضح نخواهد بود. راه حل ها در این مرحله نهایی معمولاً منجر به اضافه کردن قطعاتی می شود که جزء بخش های ضروری مدار نیستند. خسارات حاصله، شامل هزینه

مهندسی و هزینه قطعات اصلاحی و نصب آن ها خواهد بود که در مواقعی ممکن است منجر به تلفات توان و افزایش وزن و حجم دستگاه شود.

3-1 مقررات EMC

با مروری بر مقررات و مشخصات وضع شده دولتی و نظامی در مورد EMC ، نسبت به مسائل تداخلی و تعهدات طراح، دید بهتری پیدا می کنیم.

4-1 مقررات FCC

در ایالات متحده آمریکا، مقررات استفاده از سیستم های مخابرات سیمی و رادیویی توسط کمیسیون مخابراتی فدرال (FCC) وضع می شود که بخش هایی از آن مربوط به کنترل تداخل است. سه بخش از قوانین و مقررات FCC [7] ، دارای الزامات قابل اجرایی برای تجهیزات الکترونیکی بدون مجوز است که این سه بخش عبارتند از: بخش 15 (درمورد وسایل فرکانس رادیویی)، بخش 18 (در مورد تجهیزات صنعتی، علمی و پزشکی) و بخش 68 (در مورد تجهیزات متصل به شبکه تلفن).

بخش 15 از قوانین و مقررات FCC ، استانداردهای فنی و الزامات عملیاتی وسایل فرکانس رادیویی را بیان می کند. وسیله فرکانس رادیویی به وسیله ای گفته می شود که به طور خواسته یا ناخواسته توانایی انتشار انرژی فرکانس رادیویی را از طریق تشعشع، هدایت و راه های دیگر داشته باشد. انرژی فرکانس رادیویی در FCC به صورت انرژی الکترومغناطیسی در بازه فرکانسی 10kHz تا 3GHz تعریف می شود.

این استانداردها دارای اهداف دو گانه ای هستند:

1 ـ فراهم کردن شرایطی برای عملیات فرستنده های کم توان بدون مجوز ایستگاه رادیویی

2 ـ کنترل تداخل سرویس های مخابراتی رادیویی دارای مجوز که ممکن است باعث انتشار انرژی فرکانس رادیویی یا نویز به صورت یک محصول فرعی شوند. الکترونیک دیجیتال نیز در این گروه قرار می گیرد.

[7] - Code of Federal Regulations. Title 47

خلاصه

* اهمیت طراحی دستگاه هایی که مولد نویز نباشند، به اندازه اهمیت طراحی دستگاه هایی است که تأثیر پذیر از نویز نباشند.

* جهت اقتصادی بودن، حذف نویز باید از ابتدای طراحی مورد توجه قرار گیرد.

* منابع نویز به سه گروه تقسیم می شوند:

1 ـ منابع نویز ذاتی

2 ـ منابع نویز ساخت بشر

3 ـ منابع نویز ناشی از اغتشاشات طبیعی

* اغلب دستگاه های الکترونیکی دیجیتال باید قوانین FCC در مورد دستگاه های محاسبه گر را قبل از عرضه به بازار ایالات متحده، برآورده سازند.

* معافیت های موقتی الزامات FCC عبارتند از:

دستگاه های الکترونیکی دیجیتالی به کار رفته در وسایل نقلیه

سیستم های کنترل صنعتی

تجهیزات آزمون

وسایل برقی خانگی

دستگاه های پزشکی تخصصی

* سازگاری الکترومغناطیسی، توانایی سیستم الکترونیکی در کارکرد مناسب در محیط های الکترومغناطیسی مورد نظر است.

* سازگاری الکترومغناطیسی دارای دو جنبه است: انتشار و تأثیر پذیری

* سازگاری الکترومغناطیسی باید یکی از اهداف مهم طراحی باشد.

* سه عامل در ایجاد مشکل نویز لازم است:

منبع نویز

مجرای پیوند

گیرنده تأثیر پذیر

* سه راه مهم پیوند نویز عبارتند از:

پیوند هدایتی

پیوند امپدانس مشترک

پیوند از طریق میدان های الکترومغناطیسی تشعشعی

* هادی های الکتریکی متصل به هم باید تطابق گالوانیکی داشته باشند.

* تکنیک های مختلفی برای کاهش نویز سیستم های الکترونیکی موجود داست، ولی در اغلب موارد روش یکتایی وجود ندارد.

کتاب شناسی

[1]. Bell Laboratories. Physical Design of Electronic Systems. Vol. 2, Chapter 5 (Electrochemistry and Protection of Surfaces). Prentice-Hall, Englewood Cliffs-N.J., 1970.

[2]. CISPR, Publication 22. "Limits and Methods of Measurement of Radio Interference Characteristics of Information Technology Equipment." 1985.

[3]. Code of Federal Regulations, Title 47 (47CFR). Part 15, Subpart J. "Computing Devices."

[4]. Cohen, T. J., and McCoy, L. G. "RFI-A New Look at an Old Problem." QST. March 1975.

[5]. EMCAB 1. "Immunity of Electrical/Electronic Equipment Intended to Operate **in** the Canadian Radio Environment." Government of Canada, Department **of** Communications, Issue 1, September 1977, and Issue 2, August 1982.

نتیجه گیری:

از دیدگاه تولید کنندگان مزیت های تجاری و قانونی به دست آمده زیادی توسط طراحی و تست تجهیزات برای برخورد با گسترده ترین دسته تنظیمات ایمنی الکتریکی و الکترومغناطیسی در سراسر جهان وجود دارد. آنها می توانند برطبق این نظر مطمئن شوند که تجهیزات در محدوده هایی از مینیمم استانداردهای ایمنی شناخته شده قابل اجرا و واقعی هستند. بازرسی دوره ایی آژانس از محصولات تأیید شده نیز تولید کنندگان را برای به دست آوردن ضمانت کنترل کیفی محصولات شان در طول تولید تشویق می سازند.

احتمالاً مهم ترین سود بدست آمده توسط برخورد استانداردهای ایمنی تشخیص داده شده این است که تقریباً قضاوت های اجباری در برابر تولید کننده در ایمنی حوادث به وجود آمده است را کاهش می دهد. [5]

مراجع

[1].MERTEL,H.K.:'International and European RFIregulations.'EMACO Inc.7562 Trade St.,San.Diego,CA 92121,USA,also section 2/10 I conference on 1982 GERKE,D.

[2].MORGAN,DAVID.EMCTestin&Measurement.Vol. 8Uk:uk by lighting sourceuk Ltd ,Milton Keynes,2007.

[3].MIL STD 1541 'Electromagnetic compatibility requirementsfor space systems'.US Departmentof theAirForce,Washington DC,October 1973.

[4].VDE 0871 Equivalent to EN 55011,CISPRll,BS. 4809 Similar to FCC Title 47 pt.18.Obtainablein UK from BSI,Milton Keynes.

[5].LESCHAK,D.:'Safety and regulatorycompliance'.Interference' 1 echnology Engineers Master 1989.

فصل سوم

(وسایل اندازه گیری و آزمون سازگاری الکترومغناطیسی

و مقایسه بین روشهای مختلف)

مراجع

[1]. Mark I. Montrose and Edward M.Nakuach, Testing for EMC Compliance Approaches and Techniques, John Wiley & Sons INC, 2004.

[2]. V. Prasad Kodali, Engineering Electromagnetic Compatilbility, IEEE Press, 1996.

[3]. Clayton R.Paul, Introduction to Electromagnetic Compatibility, John Wiley & Sons INC, 2008.

[4]. S. Celozzi, R. Araneo, G. Lovat, Electromagnetic Shiehding, John Wiley & Sons INC, Second Edition, 2006.

[5]. D. A Hill, “Boundary fields in reverberation chambers”, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 2005 .

[6]. Kresimir Malaric, EMI Protection for Communication Systems, Artech House,2010 .

[7]. IEC 21-4-61000 Electromagnetic Compatibility (EMC)—Part 21-4: Testing and Measurement Techniques—Reverberation Chamber TestMethods, International Electrotechnical Commission (IEC), Geneva, Switzerland Int .Std., CISPR/A and IEC SC 77B, Aug. 2003 .

[8]. A.Khaleghi and J.C. Bolomey and A.Azoulay ,"On the Statistics of Reverberation Chambers and Applications for Wireless Antenna Test , ” IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 2006 .

[9].D. A Hill, “Electronic mode stirring for reverberation chambers”, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 1994 .

فصل چهارم

(بهینه سازی مسیر هادی ها در محفظه فلزی تجهیزات برق با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر سازگاری مبتنی *الکترومغناطیسی*)

5-4 نتیجه گیری

ارائه الگوریتمی جامع برای مسیر بهینه کابل کشی با توجه به ملاحظات EMC با توجه به ناهمگونی پارامترهای قیمت، افت ولتاژ و میدان های مغناطیسی کار پیچیده ای است که در این مقاله با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و طراحی روابطی ابتکای برای زیر ساخت این روش انجام شد. نقطه قوت این روش، سادگی، جامعیت و رویکرد همزمان نظری ـ عملی با انجام تحلیلهای ساده روی نمونه مورد مطالعه است. برای حصول اطمینان از کارایی الگوریتم ارائه شده، دو نمونه کاملاً متفاوت از نظر کابل کشی مطالعه شد و انتخاب مسیر بهینه کابل کشی در آنها با استفاده از روشهای ترکیبی کاندویت ـ پوشش دارکردن ـ حذف مد مشترک بای بالا بردن حوزه انتخاب انجام شد . در روش ارائه شده، تعدد معیارهای انتخاب و گزینه های جواب، مشکلی را ایجاد نمی کند و با توجه به خطی بودن حل مسأله ، همواره جواب بهینه ای قابل حصول خواهد بود. نرسیدن به جوابهای درست را فقط می توان ناشی از فرضیه ای نادرست در شناخت سیستم یا در سیدن از قضاوت های اولیه ـ مبتنی بر رابطه های ابتکاری، به ماتریس مقایسه زوجی دانتس که محک سازگاری ماتریس تا حدودی آن را تحت کنترل خود دارد. در پایان با استفاده از تحلیل حساسیت، انعطاف پذیری الگوریتم و روش ابتکاری بررسی شد.