بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

رویه سطح پاسخ[1] روشی پرکاربرد در مسائل بهینه سازی شبیه سازی[2] است. استراتژی آن شناسایی، کشف و کاوش در زیر بخش هایی از فضای پارامتری است به جای آن که کل فضای پارامتری را مورد بررسی قرار دهد چون عموما کاوش در کل فضا بسیار پیچیده و هزینه بر خواهد بود. این روش خصوصا برای سیستم های پیچیده ای که در آن اطلاعات اولیه اندکی در دسترس است بسیار مناسب و کارا می باشد. علی رغم کاربرد خاص RSM در دنیای واقعی، این روش دربردارنده ی دو مشکل عمده است: اولا، این روش غیر خودکار است یعنی دخالت کاربر در هر مرحله از فرآیند جستجو وجود دارد و در واقع امری ضروری خواهد بود. دوما، RSM رویه ای ابتکاری است که همگرایی درآن ضمانت نمی شود و در نتیجه کیفیت حل نهایی را در RSM تحت تاثیر خود قرار می دهد.

از این رو این تحقیق در تلاش است که الگوریتمی را ارائه نماید که عمده مسائل بهینه سازی مدل های شبیه سازی را با وجود این دو مشکل برطرف نماید. به همین جهت الگوریتم نوین اصلاح شده ای ارائه گردیده است که در آن روش RSM سنتی با روش شبه نیوتن که جهت بهینه سازی مدل های قطعی است با هم ترکیب شده اند. البته می بایست با اجرای اصلاحاتی فضای قطعی این دو روش را با فضای تصادفی مدل های شبیه سازی تطبیق نماییم تا در نهایت درگیری کاربران در حین فرآیند حذف گردد و به حل بهینه همگرایی در مسائل بهینه سازی شبیه سازی دست یابیم. از آن جایی که این الگوریتم بر اساس چارچوب کلی روش RSM است این امکان را فراهم می سازد تا بسیاری از ابزارهای آماری کارا هم چون طراحی آزمایشات و تکنیک های رگرسیونی با هم ترکیب شوند و اثبات ریاضی آن ها نیز در انتها پس از ارائه مدل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

کلید واژگان: رویه سطح پاسخ، بهینه سازی شبیه سازی، همگرایی، روش شبه نیوتن.

---

[1] Response Surface Methodology (RSM)
[2] Simulation Optimization (SO)

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و کلیات موضوع ۲

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ تعریف و بیان مساله تحقیق ۲

۱-۳ ضرورت تحقیق ۳

۱-۴ اهداف تحقیق ۳

۱-۵ روش انجام تحقیق ۴

۱-۶ ساختار کلی تحقیق ۴

فصل دوم: بهینه سازی شبیه سازی ۷

۲-۱ مقدمه ۷

۲-۲ بهینه سازی شبیه سازی ۱۵

۲-۲-۱ مثالی از بهینه سازی شبیه سازی ۲۱

۲-۳ چه عوامل و موضوعاتی باعث متفاوت شدن SO می شود؟ ۲۳

۲-۴ طبقه بندی روش های بهینه سازی شبیه سازی ۲۴

۲-۵ فرمول نویسی مسائل بهینه سازی شبیه سازی ۳۱

۲-۶ تقسیم بندی مسائل بهینه سازی شبیه سازی ۳۵

۲-۷ الگوریتم بهینه سازی شبیه سازی ۳۶

۲-۸ کاربرد های بهینه سازی شبیه سازی ۳۷

۲-۹ جمع بندی ۳۹

فصل سوم : مرور ادبیات ۴۲

۳-۱ مقدمه ۴۲

۳-۲ رویه سطح پاسخ ۴۳

۳-۳ بیان ارتباط کامل رویه سطح پاسخ با مدل های شبیه سازی ۵۱

۳-۴ یافتن بهترین پاسخ شبیه سازی ۵۲

۳-۵ خودکار نمودن کاربرد RSM در برنامه های شبیه سازی ۵۴

۳-۵-۱ ادبیات موضوع ۵۴

۳-۶ همگرایی رویه سطح پاسخ ۵۹

۳-۶-۱ ادبیات موضوع ۶۰

۳-۷ فرمول بندی مسائل بهینه سازی محدودیت دار (چند پاسخه) ۶۵

۳-۸ آزمایشات کاذب ۶۸

۳-۹ معیار توقف ۷۰

۳-۱۰ مکانیزم شروع مجدد ۷۲

۳-۱۱ جمع بندی ۷۳

فصل چهارم: ارائه مدل و ارزیابی آن ۷۶

۴-۱ مقدمه ۷۶

۴-۲چارچوب کلی ۷۷

۴-۳ رویه سطح پاسخ سنتی ۷۷

۴-۴ روش های شبه نیوتن ۸۱

۴-۴-۱ روش اصلاح شده شبه نیوتن ۸۳

۴-۵ الگوریتم خودکار شده و همگرا رویه سطح پاسخ ۸۹

۴-۶ ارزیابی مدل ۹۲

۴-۶-۱ بلاک های ساختاری ۹۲

۴-۶-۲ انتخاب های استراتژیک ۱۰۳

۴-۶-۳ قوانین توقف ۱۰۸

۴-۶-۴ مکانیزم شروع مجدد ۱۱۱

۴-۷ جمع بندی ۱۱۳

فصل پنجم ۱۱۵

فصل پنجم: نتیجه گیری و مطالعات آتی ۱۱۶

۵-۱ نتیجه گیری ۱۱۶

۵-۲ پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ۱۱۷

فهرست مراجع ۱۱۹

واژه نامه "فارسی به انگلیسی" ۱۲۷

واژه نامه "انگلیسی به فارسی" ۱۲۸

فهرست جدول ها

جدول (۲-۱) بهینه سازی برای شبیه سازی: بسته های نرم افزار تجاری ۱۲

جدول (۲-۲) بهینه سازی برای شبیه سازی: بسته های نرم افزار تجاری ۱۳

جدول (۳-۱) مرور ادبیات ۶۴

فهرست شکل ها

شکل(۱-۱) ساختار کلی تحقیق ۵

شکل(۲-۱) سیستم ها با رویکرد جعبه سیاه ۹

شکل(۲-۲) هماهنگی بین بهینه سازی و شبیه سازی ۱۰

شکل (۲-۳) بهینه سازی برای شبیه سازی: نرم افزار تجاری ۱۶

شکل (۲-۴) بهینه سازی برای شبیه سازی: برنامه ریزی تصادفی ۱۶

شکل (۲-۵) بهینه سازی برای شبیه سازی: جنبه های عملی ۱۷

شکل (۲-۶) بهینه سازی برای شبیه سازی: احتیاجات آتی ۱۸

شکل (۲-۷) مدل شبیه سازی ۲۲

شکل (۲-۸) مدل بهینه سازی شبیه سازی ۲۲

شکل (۲-۹) طبقه بندی روش های SO بر اساس بهینه سازی جهانی و محلی ۲۷

شکل (۲-۱۰) طبقه بندی روش های SO بر اساس روش های جعبه سیاه و سفید ۳۰

شکل (۳-۱) تعامل ما بین بهینه سازی و شبیه سازی ۵۳

شکل (۴-۱) تعامل مدل شبیه سازی با RSM خودکار و همگرا ۹۰

شکل (۴-۲) الگوریتم RSM خودکار و همگرا ۹۱

فصل اول

(مقدمه و کلیات موضوع)

فصل اول: مقدمه و کلیات موضوع

۱-۱ مقدمه

در این فصل قصد بر آن است تا کلیات تحقیق مورد بررسی قرار گیرد. در واقع در تلاش هستیم تا دورنمایی از فضای کلی تحقیق یعنی معرفی و بیان موضوع اصلی تحقیق، ضرورت تحقیق، روش و ساختار تحقیق را به اختصار به خوانندگان ارائه نماییم.

۱-۲ تعریف و بیان مساله تحقیق

بهینه سازی مسائل در دنیای واقعی، یعنی دنیای تصادفی محض همواره مورد توجه اکثر پژوهشگران در حوزه بهینه سازی شبیه سازی بوده است. فضای کلی دنیای تصادفی به دلیل نامعلوم بودن تابع هدف آن به واسطه مدل های شبیه سازی مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. رویه سطح پاسخ یکی از پرکاربردترین روش ها در حل مسائل بهینه سازی شبیه سازی است. هنگامی می توان از یک روش به نحو مناسب و کارا بهره مند شد که روش مورد نظر به خصوص معایب آن به طور کامل مورد بررسی قرار گرفته باشد. به همین جهت معایب روش RSM در این تحقیق بررسی می گردد و در نهایت الگوریتم

نوین اصلاح شده ای ارائه می شود که جهت حل مسائل بهینه سازی مدل های شبیه سازی بسیار اثربخش خواهد بود.

۱-۳ ضرورت تحقیق

RSM یکی از پرکاربردترین روش ها در دنیای مسائل بهینه سازی شبیه سازی است. هنگامی می توان از این روش به صورت گسترده استفاده نمود که کاربران تسلط مناسبی بر فرمول های آماری و ریاضی نسبتا پیچیده آن داشته باشند. به همین جهت کاربرد آن در دنیای واقعی و در عمل بسیار کم می باشد. از طرف دیگر کد استاندارد شده ای از روش RSM وجود ندارد تا بتواند قابلیت استفاده در برنامه های کامپیوتری داشته باشد. به همین منظور نیاز به ارائه الگوریتمی احساس گردید تا در نهایت درگیری کاربران را در حین فرآیند حذف کرده و همگرایی حل بهینه نیز در آن ضمانت شود.

۱-۴ اهداف تحقیق

در واقع با ارائه این الگوریتم نوین استاندارد اصلاح شده درپی این هستیم که استفاده یکی از پرکاربردترین روش های بهینه سازی شبیه سازی یعنی رویه سطح پاسخ را دنیای واقعی از طریق ساده سازی آن برای کاربران وسعت ببخشیم. به واسطه کد نویسی الگوریتم ارائه شده، امکان استفاده آسان تر روش فوق (علی رغم فرمول های آماری و ریاضی پیچیده موجود در این روش) برای کاربران فراهم می شود. چنان چه درستی الگوریتم پیشنهادی اثبات گردد، می توان جواب بهینه مدل های شبیه سازی را با هزینه پایین تر، تعداد تکرار مناسب تر و زمان کم تر در مقایسه با الگوریتم های دیگر پیدا کرد.

۱-۵ روش انجام تحقیق

روش انجام تحقیق به صورت مطالعه کتاب ها و مقالات مرتبط در حوزه بهینه سازی شبیه سازی و روش رویه سطح پاسخ بوده است. لازم به تذکر است به دلیل جدید بودن این حوزه تحقیقات صورت گرفته در این حوره ها بسیار اندک بودن و دسترسی به چنین تحقیقاتی نیز برای پژوهشگر بسیار سخت بوده است اما در انتها توانست مجموعه ای از منابع عالی در این حوزه را جمع آوری نماید. سپس با تحلیل و ارزیابی کارهای انجام گرفته در این حوزه ها و شناسایی محدودیت ها و معایب موجود، چارچوبی کلی برای روش رویه سطح پاسخ ارائه شده است. در این چارچوب فاکتورهای موثر بر این روش شناسایی شده و با برطرف سازی معایب آن الگوریتم نهایی ارائه شده است. برای ارزیابی الگوریتم نیز از اثبات های ریاضی و آماری که در این حوزه انجام شده است مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل ارائه گردیده است.

۱-۶ ساختار کلی تحقیق

این پایان نامه در ۵ فصل تدوین شده است. در فصل دوم ابتدا محیط بهینه سازی شبیه سازی و روش های حل موجود در آن مورد بررسی قرار گرفته شده و روش های موجود نیز طبقه بندی شده است. از طریق طبقه بندی روش ها، جایگاه روش RSM در کل فضا شناسایی شده و در ادامه در فصل سوم با مرور ادبیات انجام شده وارد فضای کلی روش RSM جهت شناسایی آن و بر طرف سازی معایب آن شده ایم. در فصل چهارم نیز الگوریتم نهایی ارائه گردیه و در همین فصل نیز ارزیابی لازم صورت گرفته است. در نهایت در فصل آخر جمع بندی و پیشنهادات آتی مطرح گردیده است. ساختار کلی تحقیق را می توان در کالبد شکل زیر نشان داد.

شکل (۱-۱) ساختار کلی تحقیق

فصل دوم

(بهینه سازی شبیه سازی)

فصل دوم: بهینه سازی شبیه سازی

۲-۱ مقدمه

بهینه سازی شبیه سازی[۱] محیطی است که توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. یکپارچگی بهینه سازی و شبیه سازی تقریبا در عمل در اکثر حوزه های کاری شبیه سازی وارد شده است به صورتی که اکثر بسته های شبیه سازی با رویکرد گسسته هم اکنون دارای چندین ماژول بهینه سازی می باشند(Carson et al, 2003). یکپارچگی مسیرهای بهینه سازی با بسته های شبیه سازی ضرورتی برای ارائه کننده گان تجاری نرم افزارهای شبیه سازی با رویکرد گسسته، شده است با وجود این که تکنولوژی جدیدی می باشد.

شبیه سازی کامپیوتری ابزاری قدرتمند برای ارزیابی سیستم های پیچیده است. عموما این ارزیابی ها در پاسخ به سوال "What if" است. در سال های اخیر، موفقیت شبیه سازی کامپیوتری گسترش یافته است و پاسخ گوی سوال "How to" شده است. سوالات "What if" پاسخ دهنده اندازه های معینی از عملکرد مقادیر مشخص شده متغیرهای تصمیم سیستم، می باشند. حال آن که "How to" مقادیر بهینه برای

۱ Simulation Optimization (SO)

مقادیر متغیرهای سیستم را جستجو می کند به صورتی که پاسخ یا بردار پاسخ، حداقل یا حداکثر گردد(Azadivar,1992).

مدل های شبیه سازی می توانند به عنوان تابع هدف و/یا تابع محدودیت ها در بهینه کردن سیستم های پیچیده تصادفی مورد استفاده قرار گیرند(Azadivar, 1999).

بسیاری از مسائل در دنیای واقعی بهینه سازی برای ارائه فرمول بندی نرم ریاضی، بسیار پیچیده هستند. غیر خطی های چندگانه، روابط ترکیبی و عدم قطعیت ها عموما مسائل چالش برانگیزی را برای مدل سازی آن ها ارائه می کنند مگر آن که به شبیه سازی متوسل بشویم. در چنین موقعیت هایی، چاره کار این است که یک سری از سناریو ها را قلم به قلم بنویسیم با این امید که در نهایت یکی از آن ها راه حل قابل قبول را ارائه خواهد کرد. در نتیجه، هدف بلند مدت آن در هر دو محیط بهینه سازی و شبیه سازی، ایجاد مسیری برای هدایت یک سری از شبیه سازها برای تولید راه حل با کیفیت بالاتر در نبود ساختارهای ریاضی قابل قبول است(Glover et al, 1999).

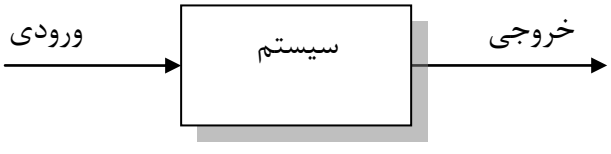
در کل می توان این گونه مطرح کرد که شبیه سازی ابزار کامپیوتری قوی است که تصمیم گیرندگان را در صنعت و کسب و کار برای بهبود عملیاتی و کارایی سازمانی، توانمند می کند. توانایی شبیه سازی برای مدل کردن فرآیند های فیزیکی توسط کامپیوتر، یکپارچه نمودن عدم قطعیت ها که در ذات تمامی سیستم های واقعی است، مزایای بیشماری برای تحلیل موقعیت هایی که نمایششان توسط فرمول بندی ریاضی بسیار پیچیده است، ایجاد می کند.

علی رغم مزیت های شناخته شده آن، شبیه سازی از محدودیت هایی هم رنج می برد که آن را از کشف بهترین تصمیم ها در موقعیت های عملی بحرانی باز می دارد. این محدودیت ها از عدم توانایی آن برای ارزیابی بیش از یک بخش از محدوده های انتخابی وسیع در دسترس، برخاسته می شود. مسائل عملی در محیط هایی هم چون ساخت و تولید، بازاریابی، لجستیک و مالی عوامل زیادی را مطرح می کند. در

نتیجه، هدف از تصمیم گیری شناسایی و ارزیابی بهترین (یا نزدیک به بهترین) گزینه ها در بسیاری از کاربردهای دست نیافتنی و امکان ناپذیر است.

به طور نظری، شناسایی بهترین گزینه ها توسط بهینه سازی واقعی امکان پذیر است. اما روش های در دسترس برای یافتن تصمیمات بهینه توانایی حریف شدن با پیچیدگی ها و عدم قطعیت ها (که در مسائل واقعی توسط شبیه سازی انجام می شوند)، ندارند. در حقیقت این عدم قطعیت ها و پیچیدگی ها دلایل اصلی این هستند که شبیه سازی پایه اصلی اجرا و انجام چنین مسائلی باشند.

مشکل اصلی روش های بهینه سازی این است که کلی هستند و هیچ چیزی در رابطه با این که در حین فرآیند و داخل آن چه اتفاقی می افتد، ندارند. این موضوع مفهوم اساسی محیط های جعبه سیاه[1] است. رویکرد ارائه شده ما منطبق بر این مطلب است که بر معایب سیستم های جعبه سیاه تعریف شده در شکل (۲-۱) غلبه خواهد کرد و هم چنین بر این اصل استوار است که "روش" را از "مدل" جدا می کند. مساله بهینه سازی در خارج از سیستم تعریف می شود که در این جا با عنوان مدل شبیه سازی، ارائه می شود. در نتیجه مدل شبیه سازی می تواند برای یکپارچه نمودن عناصر مازاد و اضافی تغییر یابد در حالی که مسیرهای بهینه سازی ثابت باقی می مانند. بنابراین، تفکیک کاملی ما بین "مدل" که بیان کننده سیستم است "طرزعمل یا روش" که برای حل مسائل بهینه سازی تعریف شده در مدل، مورد استفاده قرار می گیرند، وجود دارد(Glover et al, 1999).



شکل(۲-۱) سیستم ها با رویکرد جعبه سیاه

[1] Black-Box