



به نام خدا

شماره: ۱۶۰۰۱/۱۶۰۵۰
تاریخ: ۱۳۹۶/۰۲/۲۱

سومین کنفرانس ملی بهینه سازی در علوم و مهندسی

The Third National Conference on Optimization in Science and Engineering

گواهی ارائه مقاله

بررسی عددی و بهینه سازی پارامترهای موثر بر شیرین سازی گاز در برج جذب واحد شیرین سازی گاز پالایشگاه هفتم پارس جنوبی

کد مقاله: BME-16002

ارائه شده توسط: کامل میلانی شیروان، مهناز سپردار، مجتبی ماموریان، اران علائی شیخ رباط، یاسر قربانی

مورد پذیرش کامل و تایید کمیته علمی و اجرایی جهت ارائه پوستر در کنفرانس و چاپ در مجموعه مقالات "سومین کنفرانس ملی بهینه سازی در علوم و مهندسی" قرار گرفته است. بدینوسیله از تلاش و فعالیت علمی شما در این کنفرانس تقدیر و تشکر نموده و موفقیت روزافزوتان را در عرصه های علمی و پژوهشی از خداوند منان خواهانیم.

دکتر سید علی حسینی
دبیر کمیته اجرایی کنفرانس



دکتر عباس راعی تبار
دبیر کمیته علمی کنفرانس



حامیان علمی و رسانه ای کنفرانس



CERTIFICATE

مازندران - اردیبهشت ماه ۹۶

Indexing of Accepted Articles in Civilica



بررسی عددی و بهینه سازی پارامترهای موثر بر شیرین سازی گاز در برج جذب

واحد شیرین سازی گاز پالایشگاه هفتم پارس جنوبی

کامل میلانی شیروان^۱، مهناز سپردار^۲، مجتبی ماموریان^۱، اران علائی شیخ رباط^۲، یاسر قربانی^۲

^۱دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی مکانیک. پست الکترونیکی: milani_kamel@yahoo.com
^۲شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی، پالایشگاه هفتم.

چکیده

در واحد شیرین سازی گاز در پالایشگاه هفتم پارس جنوبی از DEA جهت شیرین سازی گاز ترش ارسالی از سکو استفاده می‌شود. هدف از این فرآیند حذف آلاینده‌های اسیدی از جمله CO_2 و H_2S از گاز ترش ورودی می‌باشد. بدین وسیله این آلاینده‌ها از گاز ورودی در حد ppm کاهش می‌یابند. در این مقاله بطور خاص بر روی تاثیر پارامترهای موثر مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب و میزان گاز ترش ورودی بر میزان H_2S گاز شیرین خروجی بررسی خواهد شد. نرم افزار مورد استفاده در این شبیه سازی HYSYS می‌باشد و جهت بهینه سازی کار از روش پاسخ سطح با دو پارامتر موثر که هر یک در سه سطح قرار دارند استفاده شده است. نتایج کار نشان می‌دهد که افزایش مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب (Q) باعث کاهش در میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین شده و افزایش میزان گاز ترش ورودی (F)، منجر به افزایش در میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین شده می‌شود. همچنین بهینه ترین میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین شده در Q با سطح +۱ و F با سطح -۱ برابر با ۰/۱۱۷۶ می‌باشد.

کلمات کلیدی: شیرین سازی، DEA، روش پاسخ سطح، گاز اسیدی H_2S



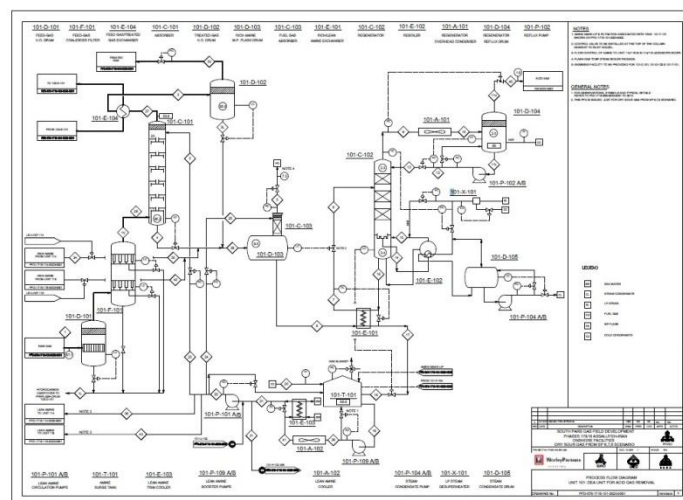
۱. مقدمه

گازهای خروجی از چاه‌های گاز پارس جنوبی علاوه بر ترکیبات هیدروکربنی سنگین و بخار آب همراه، حاوی ترکیبات مضر نظیر H_2S و CO_2 و دیگر ترکیبات گوگرد دار می‌باشند که در نتیجه نیازمند جداسازی آنها تا حد مطلوب تا رسیدن به یک حد مطلوب می‌باشد از جمله مضرات وجود ترکیبات H_2S و CO_2 در گازهای طبیعی ورودی از چاه‌ها به پالایشگاه، خوردگی شدید در تاسیسات و خطوط لوله انتقال، کاهش ارزش حرارتی گاز، آلودگی محیط زیست، تشکیل هیدرات در خط لوله و تبعات نامطلوب بر سلامت انسان‌ها می‌باشد. گاز حاوی H_2S را گاز ترش گویند و در به فرآیندی که میزان این گاز را به حد مجاز و مطلوب می‌رساند شیرین سازی و گاز را شیرین گویند. فرآیندهای متنوعی برای جداسازی این ماده از گاز ترش وجود دارد که مهمترین و کاربرترین آنها استفاده از آمین و فرآیند جذب به کمک محلول‌های آلکانول آمین می‌باشد. این فرآیند از نوع جذب همراه با واکنش است که در تمام پالایشگاه‌های شیرین سازی گاز به عنوان فرآیند اصلی شیرین سازی مورد قرار می‌گیرد. در ادامه مدل استفاده شده در شبیه سازی برج جذب آمین بررسی توضیح داده خواهد شد. در این مدل فرض می‌شود که بر روی هر سینی حالت تعادل بین گاز و مایع خروجی از سینی برقرار است و در نهایت با استفاده از بازده سینی، مشخصات واقعی گاز خروجی از سینی‌ها محاسبه و بدست می‌آیند.

با بررسی کارهای صورت گرفته تا کنون [۱-۲] مشخص شد که کاری که در آن علاوه بر شبیه سازی به بررسی بهینه سازی پارامترهای موثر بر میزان شیرین سازی پردازد وجود ندارد. لذا نویسندگان در این مقاله بر آن شدند تا علاوه بر شبیه سازی برج جذب واحد شیرین سازی با توجه به داده‌های موجود در پالایشگاه هفتم گاز پارس جنوبی به بهینه سازی پارامترهای موثر نیز پردازند و بهینه‌ترین حالت با توجه به داده‌های موجود را مشخص کنند. پارامترهای موثری که جهت مقایسه و ارزیابی با استفاده از برنامه شبیه سازی مورد استفاده قرار گرفته‌اند شامل مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب و میزان گاز ترش ورودی می‌باشد.

۲. فرآیند شیرین سازی گاز

همانگونه که در شکل ۱ نیز مشهود می‌باشد، اساس کار این فرآیند بر جدا سازی گاز اسیدی H_2S در یک برج جذب و واکنش میان آمین و جز اسیدی می‌باشد.



شکل ۱: شماتیک واحد شیرین سازی



هدف از این واحد جداسازی H_2S و قسمتی از CO_2 از گاز خام با استفاده از یک فرایند جذب شیمیایی با استفاده از دی اتانول آمین (DEA) می باشد. مشخصات گاز خام خوراک ورودی از واحدهای ۱۰۰ و ۱۰۳ فشار ۶۷/۱ barg و دمای $25^\circ C$ می باشد. گاز شیرین خروجی از این واحد جهت نم زدایی به سمت واحد ۱۰۴ و گاز ترش جهت تولید گوگرد به واحد ۱۰۸ هدایت می شود.

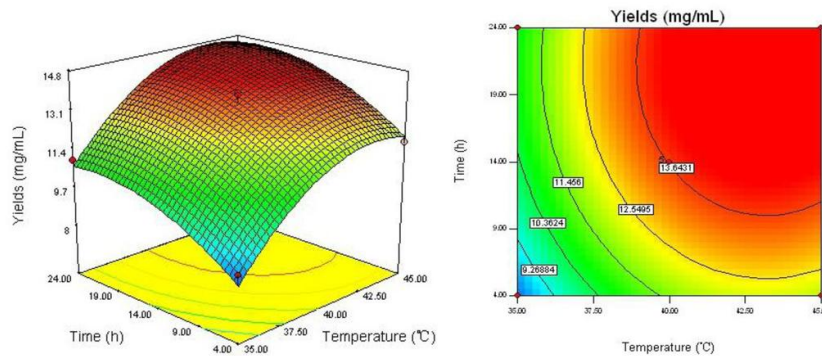
گاز ترش از واحدهای ۱۰۰ و ۱۰۳ به یک برج جذب کننده جایی که H_2S و قسمتی از CO_2 بوسیله فرایند جذب شیمیایی با DEA (دی اتانول آمین) حذف می شوند، می گردد به نحوی که H_2S گاز خروجی از این واحد برابر ۳ ppm و CO_2 آن برابر ۱٪ مولی می باشد. آمین غنی شده از پایین برج جذب خارج شده و پس از عبور از فلش درام و مبدلهای حرارتی وارد برج احیا می شود. در این برج در فشار پایین و دمای حدود ۱۳۱ درجه سانتیگراد که توسط ریپولرها تامین می شود احیا شده و دوباره به برج جذب بازگردانده می شود.

گاز تصفیه شده در این واحد جهت رطوبت زدایی به سمت واحد ۱۰۴ هدایت می شود و H_2S جدا شده از آمین از بالای برج جذب جهت تولید گوگرد به سمت واحد ۱۰۸ هدایت می گردد. برای هر فاز دو ردیف گازی مشابه طراحی شده است که قابلیت شیرین سازی ۵۳۵ MMSCFD را دارند.

۳. روش پاسخ سطح

روش سطح پاسخ (RSM) از مجموعه ای از تکنیک های آماری استفاده می شود تا فرایندهای مختلفی که پاسخ مورد نظر آن ها توسط تعدادی از متغیرهای وابسته تحت تاثیر قرار گرفته است؛ بهینه سازی شوند [۳].

علت نامگذاری واژه روش سطح پاسخ از شماتیک گراف های بدست آمده از مدل ریاضی می باشد که نمونه ای از این گراف ها در شکل ۲، قابل مشاهده می باشد.



شکل ۲: شماتیک گراف بدست آمده از روش سطح پاسخ

با کمک این طرح آماری، همانگونه که گفته شد از تعداد آزمایش هایی که باید انجام شوند کاسته می شود و کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم که در این روش فرض می شود و همچنین اثر متقابل پارامترهای موثر مختلف بر یکدیگر، قابل برآورد هستند [۴]. در این روش برای هر پارامتر موثر چند سطح تغییر در نظر گرفته می شود. مدلی که معمولاً در روش سطح پاسخ مورد استفاده قرار می گیرد، رابطه ی درجه دوم می باشد. در این روش برای هر پارامتر متغیر وابسته، مدلی شامل اثرات پارامترهای موثر اصلی و متقابل بین این پارامترها تعریف می شود. به عنوان مثال برای این مدل اگر Y را متغیر وابسته ی پیش بینی شده در نظر بگیریم، β_0 ضریب ثابت، β_1 ، β_2 و β_3 اثرات خطی، β_{11} ، β_{22} ، β_{33} اثرات مربعی و β_{12} ، β_{13} ، β_{23} اثرات متقابل می باشند [۵]. این موضوع در معادله (۱)، قابل مشاهده است.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 \quad (1)$$



با توجه به توضیحات داده شده در بالا و از آنجا که پارامترهای موثر مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب و میزان گاز ترش ورودی هر یک در سه سطح پایینی (-1)، میانی (0) و بالایی (+1) تعریف شده‌اند. همانگونه که در جدول 1، مشهود است پارامترهای موثر و سطوح آنها قابل مشاهده هستند.

جدول 1. پارامتر موثر و سطوح تعریف شده آنها

پارامتر موثر	-1	0	+1
مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب Q (m^3/hr)	300	375	450
میزان گاز ترش ورودی F (t/hr)	400	450	500

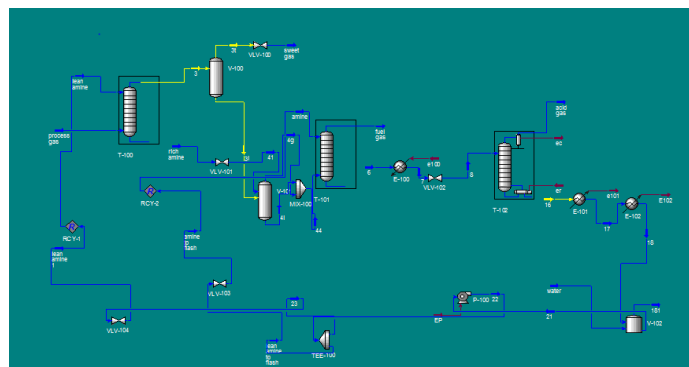
همانگونه که در جدول 2 مشاهده می‌شود، جدول تست جهت انجام شبیه سازی و بهینه سازی قابل مشاهده است.

جدول 2. جدول تست بر اساس دو پارامتر موثر و تعریف شده در سه سطح

	Q (m^3/hr)	F (t/hr)	Q (m^3/hr)	F (t/hr)
1	-1	0	300	450
2	-1	1	300	500
3	1	1	450	500
4	0	-1	375	400
5	1	0	450	450
6	0	0	375	450
7	-1	-1	300	400
8	0	1	375	500
9	0	0	375	450
10	0	0	375	450
11	0	0	375	450
12	0	0	375	450
13	1	-1	450	400

4. شبیه سازی

در مقاله حاضر فرآیند جداسازی گاز اسیدی H_2S از گاز طبیعی بوسیله نرم افزار HYSYS انجام شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد. شبیه سازی بر اساس مشخصات موجود در واحد مهندسی پالایشگاه هفتم گاز پارس جنوبی و بر اساس جدول 2 انجام می‌شود. شکل 3 شماتیک بخش شبیه سازی شده در نرم افزار HYSYS را نشان می‌دهد.



شکل 3: شماتیک مدل شبیه سازی شده در HYSYS



همانگونه که در شکل ۳، مشاهده می شود گاز ترش ورودی به واحد شیرین سازی در ابتدا وارد Inlet Gas k.o. Drum می شود که وظیفه آن گرفتن مایعات احتمالی است که ممکن است همراه گاز ترش باشد. همین موضوع در اکثر مواقع منجر به ایجاد پدیده Foaming در برج جذب می شود. گاز خروجی از این درام قبل از ورود به برج جذب از یک فیلتر عبور می کند که در آن جداسازی ذرات جامد و مایع صورت می گیرد. خروجی از این فیلتر دارای شرایط عملکردی دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و فشار ۷۰/۵ بار می باشد که ورودی برج جذب می باشد. گاز ترش از پایین وارد ستون جذب می شود و به سمت بالای آن حرکت می کند و در تماس با محلول آمین قرار می گیرد که از نظر جهت حرکت، جهتی خلاف حرکت گاز و به سمت پایین برج دارد. پس از عملیات جداسازی گازهای اسیدی، گاز شیرین شده از بالای ستون خارج شده به سمت واحد نم زدایی جریان می یابد.

در این شبیه سازی، خوراک به سینی ۲۵ وارد می شود و در ادامه بر روی سینی هایی از نوع Valve Trays وارد می شود. با این فرضیات، اثر پارامترهای موثر یاد شده در جدول ۱ بر جداسازی گاز اسیدی H_2S مورد بررسی قرار می گیرد و میزان جداسازی گاز اسیدی H_2S محاسبه شده و ارائه می گردد.

مدل ترمودینامیک فرآیند در نرم افزار مدل Amine package انتخاب می گردد و محاسبات بر اساس روش Kent Eisenberg انجام می شود.

۵. بحث بر روی نتایج

در این بخش اثر پارامترهای موثر مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب و میزان گاز ترش ورودی بر میزان H_2S گاز شیرین خروجی بررسی می شود.

۵.۱. آنالیز آماری

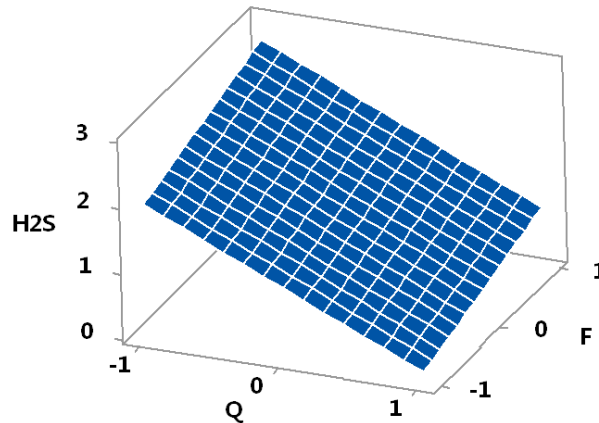
آنالیز آماری که نتیجه ۱۳ تست مختلف می باشد تحت شرایط نشان داده شده در جدول ۲، مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج حاصل که اثر پارامترهای موثر یاد شده در بالاست بر میزان H_2S گاز شیرین خروجی در جدول ۳ قابل مشاهده می باشد.

جدول ۳. جدول تست های انجام شده بر اساس دو پارامتر موثر و تعریف شده در سه سطح

	Q (m ³ /hr)	F (t/hr)	H ₂ S(ppm)
۱	۳۰۰	۴۵۰	۳/۲
۲	۳۰۰	۵۰۰	۱/۷۴
۳	۴۵۰	۵۰۰	۰/۳
۴	۳۷۵	۴۰۰	۰/۳
۵	۴۵۰	۴۵۰	۰/۶
۶	۳۷۵	۴۵۰	۱/۳۳
۷	۳۰۰	۴۰۰	۲/۰۹۶
۸	۳۷۵	۵۰۰	۳
۹	۳۷۵	۴۵۰	۱/۳۳
۱۰	۳۷۵	۴۵۰	۱/۳۳
۱۱	۳۷۵	۴۵۰	۱/۳۳
۱۲	۳۷۵	۴۵۰	۱/۳۳
۱۳	۴۵۰	۴۰۰	۰/۵



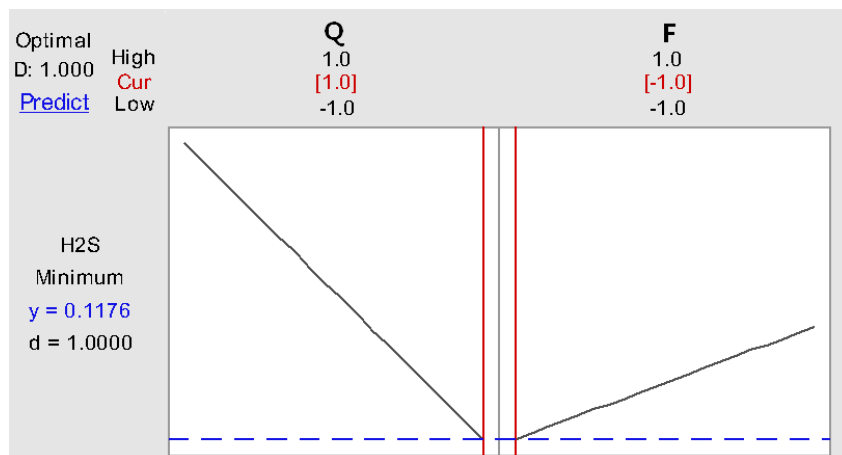
همانگونه که در شکل ۴، قابل مشاهده است تغییرات میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) بر اساس دو پارامتر موثر مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب (Q) و میزان گاز ترش ورودی (F) نشان داده شده است. همانگونه که در این شکل مشهود است افزایش مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب (Q) باعث کاهش در میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین شده و افزایش میزان گاز ترش ورودی (F)، منجر به افزایش در میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین شده می شود.



شکل ۴: تغییرات در میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین بر اساس پارامتر موثر Q و F

۵.۲. نمودار بهینه سازی پارامترهای موثر

همانگونه که در شکل ۵ قابل مشاهده می باشد، بهینه سازی میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین شده بر اساس حداقل میزان آن و بر اساس دو پارامتر موثر F و Q نشان داده شده است. همانگونه که در این شکل مشهود است، پارامتر مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب (Q) در سطح +۱ خود یعنی $450 \text{ m}^3/\text{hr}$ و پارامتر میزان گاز ترش ورودی (F) در سطح -۱ خود یعنی 400 t/hr دارای کمترین میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) در گاز شیرین شده است. و این میزان برای Q در سطح +۱ و F در سطح -۱ برابر با 0.1176 می باشد. همچنین مشاهده می شود که میزان مطلوبیت بیشترین مقدار خود یعنی عدد ۱ را داراست که نشان دهنده این موضوع می باشد که پاسخها در حد قابل قبولی قرار دارند.



شکل ۵: نمودار بهینه سازی میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین شده بر اساس حداقل میزان آن



۶. نتیجه گیری

در این مقاله با توجه به اهمیت واحد شیرین سازی گاز در یک پالایشگاه گازی و از طرفی اهمیت که حذف آلاینده‌های اسیدی از جمله CO_2 و H_2S از گاز ترش ورودی دارد سعی شد تا تاثیر پارامترهای موثر مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب و میزان گاز ترش ورودی بر میزان H_2S گاز شیرین خروجی از واحد شیرین سازی بررسی شود. نرم افزار مورد استفاده در این شبیه سازی HYSYS می باشد و جهت بهینه سازی کار از روش پاسخ سطح با دو پارامتر موثر که هر یک در سه سطح قرار دارند استفاده شده است. نتایج کار عبارتند از:

- ۱- افزایش مقدار جریان کل آمین ورودی به برج جذب (Q) باعث کاهش در میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین می شود.
- ۲- افزایش میزان گاز ترش ورودی (F)، منجر به افزایش در میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین شده می شود.
- ۳- بهینه ترین میزان کسر مولی گاز اسیدی (H_2S) گاز شیرین شده در Q با سطح +۱ و F با سطح -۱ برابر با ۰/۱۱۷۶ می باشد.

۷. قدردانی

در اینجا نویسندگان این مقاله از واحد مهندسی و تعمیرات پالایشگاه هفتم شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی کمال تقدیر و تشکر را دارند.

مراجع

۱. فرنام، میثم و ناهید رضایی، " بررسی تغییرات در پارامترهای عملیاتی در فرایند شیرین سازی گاز اتان در واحد شیرین سازی کارخانه الفین مجتمع پتروشیمی امیرکبیر"، دومین کنفرانس ملی نفت، گاز، پتروشیمی و توسعه پایدار، تهران، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، ۱۳۹۴.
۲. آزما، محمدمهدی، "تغییردر حلال آمین جهت فرایند شیرین سازی گاز مطالعه موردی: پالایشگاه هاشمی نژاد"، هشتمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۲.
3. Milani Shirvan, Kamel, Mirzakhani, Soroush, Mamourian, Mojtaba, Kalogirou, Soteris A., (2017) "Optimization of effective parameters on solar updraft tower to achieve potential maximum power output: A sensitivity analysis and numerical simulation", Applied Energy, Volume 195, 1 June 2017, Pages 725-737.
4. Milani Shirvan, Kamel, Mamourian, Mojtaba, Mirzakhani, Soroush, Ellahi, Rahmat, (2017) "Numerical investigation of heat exchanger effectiveness in a double pipe heat exchanger filled with nanofluid: A sensitivity analysis by response surface methodology", Powder Technology, Volume 313, 15 May 2017, Pages 99-111.
5. Milani Shirvan, Kamel, Mamourian, Mojtaba, Mirzakhani, Soroush, Öztöp, Hakan F., Abu-Hamdeh, Nidal, (2016) "Numerical simulation and sensitivity analysis of effective parameters on heat transfer and homogeneity of Al_2O_3 nanofluid in a channel using DPM and RSM" Advanced Powder Technology, Volume 27, Issue 5, September 2016, Pages 1980-1991.