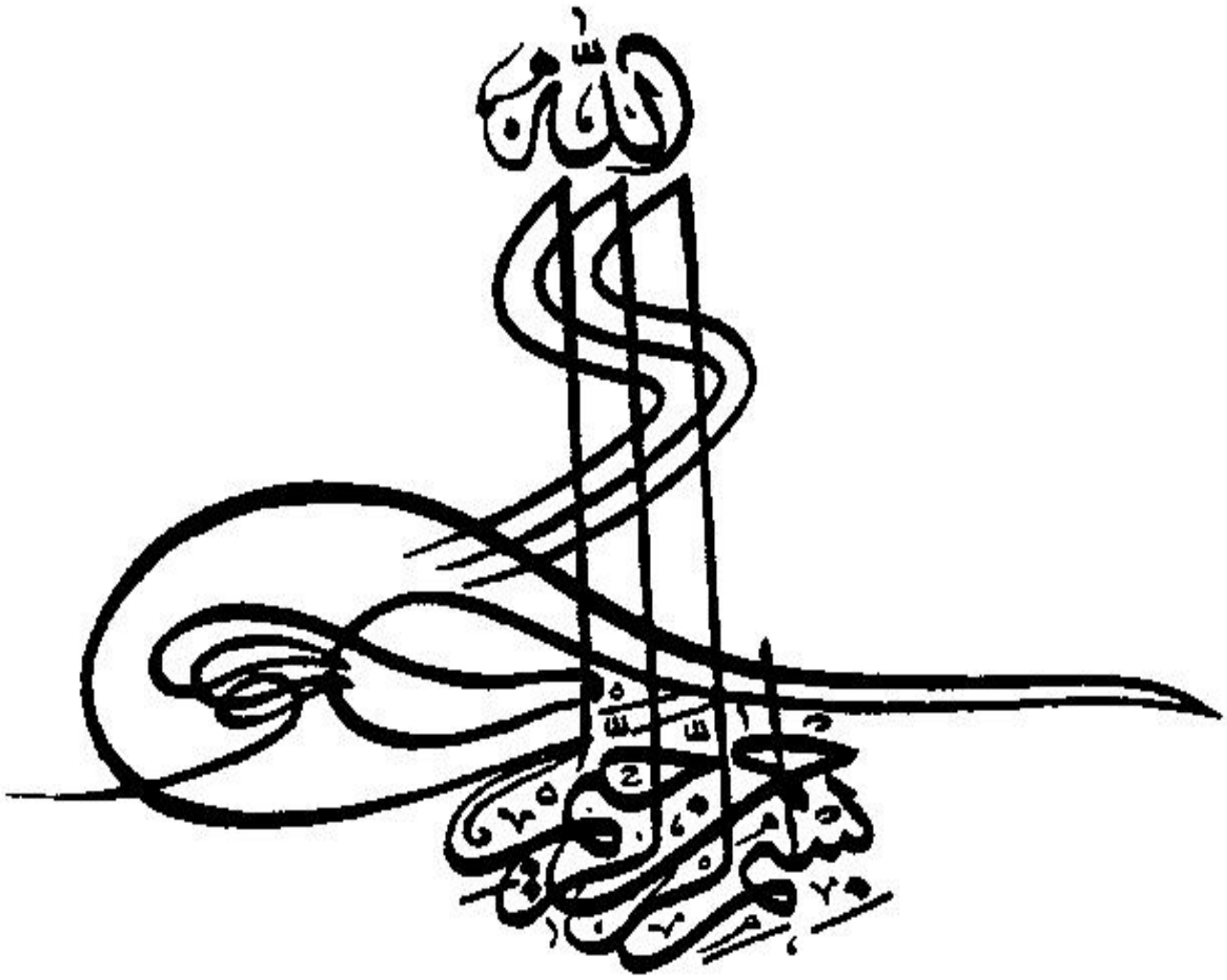

دانشکده مهندسی- گروه مهندسی شیمی

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی (صنایع گاز)

# مدل سازی و بهینه سازی سیکلون با جریان برگشتی برای جداسازی ذرات معلق در گاز

دانشجو:

محسن عالی زاده

استاد راهنما:

دکتر جواد سرگلزایی

شهریور ماه ۱۳۹۰

**دانشکده مهندسی**

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی (فرآوری و انتقال گاز) آقای محسن عالیزاده

تحت عنوان

# مدل سازی و بهینه سازی سیکلون با جریان برگشتی برای جداسازی ذرات معلق در گاز

در تاریخ ۱۳۹۰/۰۶/۳۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

| | |
|---|---|
| ۱ – استاد راهنمای پایان نامه | دکتر جواد سرگلزایی |
| ۲ – استاد داور خارجی | دکتر فرهاد کلاهان |
| ۳ – استاد داور داخلی و نماینده تحصیلات تکمیلی | دکتر سعید زینالی هریس |

**مدیر گروه مهندسی شیمی** **دکتر مهدی پور افشاری چنار**

# تعهد نامه

اینجانب **محسن عالی زاده** دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، نویسنده پایان نامه: **مدل سازی و بهینه سازی سیکلون با جریان برگشتی برای جداسازی ذرات معلق در گاز**، تحت راهنمایی **دکتر جواد سرگلزایی** متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از این نتایج محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه فردوسی مشهد» و یا «Ferdowsi University of Mashhad» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده است، اصل رازداری و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

**مالکیت نتایج و حق نشر**

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته) متلعق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شده است.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

**فهرست علائم و نشانه ها در فصل اول**

| | |
|---|---|
| A | ارتفاع مدخل گاز ورودی |
| A | سطح جانبی سیکلون |
| B | عرض مدخل گاز ورودی |
| B | قطر خروجی ذرات غبار |
| $C_i$ | غلظت ذرات غبار ورودی |
| $C_o$ | غلظت ذرات غبارخروجی |
| C | پارامتر هندسی سیکلون |
| D | قطر ذره غبار |
| $d_c$ | قطر مخروط سیکلون در طول طبیعی |
| $d_{50}$ | قطر برشی از ذرات که شامل اندازه ی ذرات جمع آوری شده با راندمان ۵۰ درصد است |
| $d_{100}$ | ذره ی بحرانی که بر اساس تئوری با راندمان ۱۰۰ درصد جدا می گردد |
| D | قطر استوانه سیکلون |
| $D_e$ | قطر گاز خروجی |
| F | ضریب در معادله (۱-۱۱) |
| $F_c$ | نیروی گریز از مرکز که بر روی ذره عمل می کند |
| $F_d$ | نیروی دراگ که بر روی ذره عمل می کند |

| | |
|---|---|
| $G$ | شتاب جاذبه زمین ، $۹/۸۱ m/s^2$ |
| $G$ | توزیع ذرات جمع شده |
| $G^*$ | ضریب اصطکاک ۰/۰۰۵ |
| $H$ | ارتفاع استوانه سیکلون |
| $H$ | ارتفاع کلی سیکلون |
| $N$ | توان گرداب |
| $N$ | تعداد چرخش های گاز در سیکلون |
| $Q$ | دبی حجمی گاز |
| $r$ | فاصله شعاعی از محور سیکلون |
| $r_{core}$ | فاصله شعاعی از محور سیکلون تا مرکز هسته |
| $r_i$ | فاصله شعاعی از محور سیکلون تا ذره میانی در مدخل |
| $r_w$ | فاصله شعاعی از محور سیکلون تا دیواره سیکلون، نصف قطر استوانه سیکلون |
| $S$ | ارتفاع خروجی گاز |
| $t$ | زمان |
| $T$ | دمای مطلق گاز بر حسب کلوین |
| $U$ | سرعت ذره |
| $u_r$ | سرعت شعاعی ذره |
| $u_t$ | سرعت مماسی ذره |

| | |
|---|---|
| $V$ | سرعت گاز |
| $v_i$ | سرعت گاز ورودی |
| $v_{is}$ | سرعت گاز ورودی که بر اثر جنبش ناگهانی اتفاق می افتد |
| $v_{max}$ | سرعت مماسی ماکزیمم گاز |
| $v_r$ | سرعت شعاعی گاز |
| $v_t$ | سرعت مماسی گاز |
| $v_{tw}$ | سرعت مماسی روی دیواره سیکلون |
| $Z$ | طول طبیعی |
| $\alpha^*$ | ضریب درمعادله (۱-۱۹) |
| € | ضریب اتلاف |
| $\eta$ | بازده جزئی اندازه یک ذره |
| $\eta_{overall}$ | بازده کلی برای غبار |
| | افت فشار بر حسب هد سرعت ورودی |
| | افت فشار بر حسب هد فشار استاتیک |
| $\Theta$ | نسبت ماکزیم سرعت مماسی گاز به سرعت گاز در خروجی ، معادل(۱- ۱۸) |
| $\Lambda$ | ضریب اصطکاک ۰/۰۲ |
| $\mu$ | ویسکوزیته گاز |
| $\rho_G$ | دانسیته گاز |

| | |
|---|---|
| $\rho_p$ | دانسیته ذره |
| Ø | نسبت ماکزیمم سرعت مماسی گاز به سرعت درون مدخل گاز |
| | پارامتر اینتریا |

**فهرست علائم و نشانه ها در فصل دوم**

| | |
|---|---|
| ANN | شبکه عصبی مصنوعی |
| B | مقدار نرون گرایش دار |
| EBP | پس انتشار خطا |
| Dsigmf | تابع عضویتی که از دو تابع عضویت سیگموئیدی تشکیل شده است |
| F | تابع انتقال |
| GA | ژنتیک الگوریتم |
| Gaussmf | تابع عضویتی که از نمودار گوسی تشکیل شده است |
| Gauss2mf | تابع عضویتی تشکیل شده از گوسی |
| Gbellmf | تابع عضویتی که در حالت کلی شبیه زنگ است |
| GD | روش کاهش شیب |
| $N_{train}$ | شمار الگوهای آموزش |
| Pimf | تابع عضویت **Π** شکل |
| Psigmf | تابع عضویتی که از دو تابع عضویت سیگموئیدی تشکیل شده است |
| Probor | احتمالی، یا |

| | |
|---|---|
| S | ورودی شبکه |
| Sigmf | تابع عضویت سیگموئیدی |
| Smf | تابع عضویت S شکل |
| Trapmf | تابع عضویت ذوزنقه ای شکل |
| Trimf | تابع عضویت مثلثی شکل |
| TSK | تاکاگی سوگنو کانگ |
| $V_n$ | مقدار نرمال شده V |
| W | وزن ها |
| X | داده ی ورودی |
| Y | داده خروجی |
| Zmf | تابع عضویت Z شکل |
| $\eta$ | سرعت یادگیری |
| $\alpha$ | ضریب مومنتوم |
| $\delta$ | خطای نرمالیزه شده |

فهرست مطالب


چکیده ..... ۱

فصل اول : آشنایی با انواع سیکلون ها..... ۲

۱-۱- مقدمه ..... ۲

۱-۲- معرفی انواع سیکلونهای معمولی ..... ٦

۱-۲- ۱-سیکلونها با ورودی مماسی معمولی ..... ۷

۱ -۲- ۲-سیکلونها با ورودی مماسی متقارن ..... ۹

۱- ۲-۳- سیکلونها با ورودی مماسی مارپیچ ..... ۹

۱-۳-تاثیر عوامل مختلف در جدایش ذرات..... ۱۰

۱-٤-الگوی جریان در سیکلون..... ۱۱

۱-٤-۱سرعت مماسی جریان گاز..... ۱۲

۱-٤-۲-سرعت عمودی و شعاعی جریان گاز ..... ۱٤

۱-٤-۳-توزیع فشار..... ۱۵

۱-٤-٤-افت فشار سیکلون..... ۱٦

۱-٤-۵-راندمان..... ۱۸

۱-٤-٦- تقریب ذره ی ساکن ..... ۲۱

۱-٤-۷-تقریب گریز زمانی ..... ۲۲

۱-٤-۸- منحنی راندمان جزیی ذرات ..... ۲۳

۱-۵-معرفی سیکلون دارای محفظه پرتاب کننده و جریان برگشتی..... ۲٦

۱-۵-۱- مشخصات سیکلونها در دستگاه ساخته شده..... ۲۹

۱-۵-۲- پایلوت از جنس تلق پلکسی گلاس (پایلوت کوچک)..... ۲۹

۱-۵-۳- پایلوت فلزی (پایلوت بزرگ)..... ۳۰

۱-۵-٤- طراحی و شرح دستگاه ..... ۳۱

۱-۵-۵- ابعاد دستگاه کوچک آزمایشگاهی ..... ۳۶
۱-۵-۶-ابعاد دستگاه بزرگ آزمایشگاهی ..... ۳۷
۱-۵-۷- روش اندازه گیری راندمان ..... ۳۸

---

فصل دوم : آشنایی با سیستم های هوشمند ..... ٤٠
۲-۱-شبکه عصبی مصنوعی ..... ٤٠
۲-۱- ۱-مقدمه ..... ٤٠
۲-۱-۲- ساختار شبکه ..... ٤۲
۲-۱-۳-توابع تبدیل ..... ٤٤
۲-۱-٤- ورودی‌ها و خروجی‌های نرون‌ها ..... ٤٥
۲-۱-٥- نرمالیزه کردن داده ..... ٤٥
۲-۱-٦- فرایند آموزش، آزمون و ارزیابی شبکه ..... ٤٦
۲-۲-سیستم های فازی ..... ٥٠
۲-۲-۱- مقدمه ..... ٥٠
۲-۲-۲- مفهوم فازی ..... ٥۱
۲-۲-۳- مجموعه های فازی ..... ٥۱
۲-۲-٤- مجموعه فازی خالص ..... ٥۱
۲-۲-٥- مجموعه فازی تاکاگی-سوگنو-کانگ (TSK) ..... ٥۲
۲-۲-٦- مجموعه فازی با فازی ساز و غیرفازی ساز ..... ٥۳
۲-۲-۷- پایگاه قواعد فازی ..... ٥۳
۲-۲-۸- گزاره فازی ..... ٥٤
۲-۲-۹- تابع عضویت ..... ٥٥
۲-۲-۱۰- عملگر استلزام ..... ٥٥
۲-۲-۱۱- موتور استنتاج فازی ..... ٥٦

۲-۲-۱۲- فازی ساز منفرد ..... ٥٦
۲-۲-۱۳- غیرفازی ساز میانگین مراکز ..... ٥٦
۲-۲-۱٤- مجموعه های استنتاج فازی ..... ٥٧
۲-۲-۱٥- روش ممدانی ..... ٥٧
۲-۲-۱٦- روش تاکاجی- سوگنو ..... ٥٨
۲-۲-۱۷- طراحی مجموعه فازی با استفاده از جدول جستجو ..... ٥٨
۲-۲-۱۸- مراحل طراحی ..... ٥٩
۲-۳-الگوریتم ژنتیک ..... ٦١
۲-۳-۱- مقدمه ..... ٦١
۲-۳-۲- تاریخچه ..... ٦١
۲-۳-۳- *تاریخچه بیولوژیکی* ..... ٦١
۲-۳-٤-کروموزوم ..... ٦٢
۲-۳-٥- جمعیت ..... ٦٢
۲-۳-٦- تابع برازندگی ..... ٦٢
۲-۳-۷-عملگرهای الگوریتم ژنتیک ..... ٦٢
۲-۳-۸-عملگر انتخاب ..... ٦٢
۲-۳-۹- انتخاب نخبگان ..... ٦٣
۲-۳-۱۰- نمونه‌برداری به روش چرخ رولت ..... ٦٢
۲-۳-۱۱-انتخاب تورنومنت ..... ٦٣
۲-۳-۱۲-عملگر آمیزش ..... ٦٤
۲-۳-۱۳-تلفیق تک نقطه ای ..... ٦٤
۲-۳-۱٤- روش ادغام دو نقطه ای ..... ٦٥
۲-۳-۱٥-تلفیق نقطه ای ..... ٦٥
۲-۳-۱٦-تلفیق جامع ..... ٦٥

۲-۳-۱۷-عملگر جهش ..... ٦٥
۲-۳-۱۸- روند کلی الگوریتم‌های ژنتیکی ..... ٦٦
۲-۳-۱۹- روند کلی بهینه سازی و حل مسائل در الگوریتم ژنتیک ..... ٦٦
۲-۳-۲۰- شرط پایان الگوریتم ..... ٦٧
۲-۳-۲۱- برخی از کاربرد الگوریتم‌های ژنتیکی ..... ٦٧

فصل سوم : نتایج ..... ٦٩
۳-۱ بهینه سازی دستگاه بوسیله ژنتیک الگوریتم ..... ٦٩
۳-۲- مدلسازی سیستم بوسیله شبکه عصبی ..... ٧٤
۳-۳- مدل ترکیبی شبکه عصبی – ژنتیک الگوریتم بر روی دستگاه ..... ۸۳
۳-٤-مدل فازی دستگاه ..... ۹٦
۳-٥- مدل ترکیبی فازی–ژنتیک الگوریتم بر روی دستگاه ..... ۹۹

فصل چهارم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها و منابع ..... ۱۰۳
٤-۱- نتیجه گیری کلی ..... ۱۰۳
٤-۲- پیشنهادها ..... ۱۰٤
٤-۳- مراجع ..... ۱۰٥

پیوست ..... ۱۰۹

## فهرست اشکال


شکل (۱-۱) انواع مختلف سیکلون از لحاظ ورودی و خروجی..... ٦

شکل (۱-۲) انواع ساختارهای ورودی سیکلون ..... ۷

شکل (۱-۳ ) ورودی های سیکلون..... ۷

شکل(۱-٤) طرح شماتیک از سیکلون گاز- جامد..... ۸

شکل (۱-٥ ) سیکلون مماسی– جداسازی ذرات از جریان گاز ..... ۹

شکل (۱-٦) سیکلون متقارن ..... ۹

شکل(۱-۷) سیکلون مارپیچ ..... ۱۰

شکل (۱-۸) ابعاد سیکلون با جریان معکوس ..... ۱۱

شکل(۱-۹) توان گرداب بصورت تابعی از قطر سیکلون و درجه حرارت گاز ..... ۱۳

شکل (۱-۱۰) سرعت های مماسی گاز در سیکلون..... ۱٤

شکل (۱-۱۱) سرعت های عمودی گاز در سیکلون ..... ۱٤

شکل(۱-۱۲) سرعت های شعاعی گاز در سیکلون ..... ۱٥

شکل (۱-۱۳) فشارهای استاتیکی و کل در سیکلون ..... ۱٥

شکل (۱-۱٤ ) منحنی راندمان جزئی سیکلون..... ۱۹

شکل (۱-۱٥ ) نمایش نیروهای وارده بر یک ذره داخل سیکلون ..... ۱۹

شکل(۱- ۱٦)راندمان جزیی بر حسب گروه بدون بعد $\frac{d}{d_{50}}$ برای سیکلون با طراحی لپل ..... ۲۳

شکل(۱-۱۷) شمای فرآیندی دستگاه غبارگیر سیکلونی مجهز به محفظه پرتاب کننده ذرات با لوله دوران کننده نازل دار و جریان برگشتی و خوراک از پست سیکلون..... ۲۷

شکل(۱-۱۸) شمای فرآیندی دستگاه غبارگیر سیکلونی مجهز به محفظه پرتاب کننده ذرات با لوله دوران کننده نازل دار و جریان برگشتی و خوراک از سیکلون ..... ۲۸

شکل (۱-۱۹) پایلوت ساخته شده از جنس تلق پلکسی گلاس( پایلوت کوچک)..... ۳۰

شکل (۱-۲۰) پایلوت ساخته شده از جنس فلزی(پایلوت بزرگ) ..... ۳۱

شکل (۱-۲۱) شمای دستگاه پایلوت غبارگیر طراحی شده برای انجام آزمایشات متنوع ..... ۳٤

شکل (۱-۲۲) شمای فرآیندی دستگاه در شرایط ورود خوراک از پست سیکلون ..... ۳۶
شکل (۱-۲۳) ابعاد کانال حاوی لوله نازل دار پایلوت کوچک..... ۳۸
شکل (۱-۲٤) ابعاد کانال حاوی لوله نازل دار پایلوت بزرگ..... ۳۸
شکل (۱-۲۵) ابعاد لوله نازل دار پایلوت بزرگ..... ۳۷
شکل( ۲-۱) ساختمان یاخته عصبی مغز انسان..... ٤۱
شکل(۲-۲) مدل یک یاخته عصبی (نرون) با چند ورودی..... ٤۲
شکل(۲-۳) نمودار یک شبکه عصبی مصنوعی سه لایه..... ٤٤
شکل (۲-٤) ساختار اصلی مجموعه های فازی خالص ..... ۵۲
شکل(۲-۵) ساختار اصلی مجموعه فازی TSK..... ۵۲
شکل(۲-٦) ساختار اصلی مجموعه های فازی با فازی ساز و غیرفازی ساز ..... ۵۳
شکل (۲-۷) تابع عضویت گوسی که به ازاء عدد x مقداری بین صفر و یک معین می شود..... ۵۵
شکل (۲-۸) نحوه ارزیابی شایستگی در چرخ رولت..... ٦۳
شکل (۲-۹) یک نمونه تلفیق (آمیزش) ..... ٦٤
شکل (۲-۱۰) یک نمونه ادغام دو نقطه ای ..... ٦۵
شکل (۲-۱۱) یک نمونه تلفیق جامع ..... ٦۵
شکل (۲-۱۲) یک کروموزوم قبل و بعد از اعمال عملگر جهش ..... ٦٦
شکل (۲-۱۳) نحوه ارزیابی تابع شایستگی در چرخ رولت ..... ٦٦
شکل( ۳-۱) تغییرات بازده دستگاه نسبت به تولید (کروموزوم) برای حالت ٤ متغیره..... ۷۳
شکل (۳-۲) تغییرات بازده سیکلون به تولید در حالت ۳ متغیره..... ۷٤
شکل (۳-۳) ساختارشبکه عصبی پیشخور برای سیکلون دارای محفظه پرتاب کننده ..... ۷۵
شکل (۳-٤) مقدارخطا برای تعداد نرونهای مختلف لایه میانی شبکه عصبی در حالت ۳ متغیره..... ۷۵
شکل (۳-۵) مقدارخطا برای تعداد نرونهای مختلف لایه میانی شبکه عصبی در حالت ٤ متغیره ..... ۷٦
شکل(۳-٦) ساختار شبکه عصبی برای حالت ۳ متغیره..... ۷٦
شکل(۳-۷) ساختار شبکه عصبی برای حالت ٤ متغیره..... ۷۷

شکل(۳-۸) آموزش شبکه عصبی بازده محقظه پرتاب کننده برای حالت داده های ورودی با سه متغیر۷۸
شکل (۳-۹) یادگیری شبکه عصبی برای بازده سیکلون محفظه پرتاب کننده برای حالت ٤ متغیر ورودی۷۹
شکل(۳-۱۰) نتایج مدلسازی شبکه عصبی برای بازده سیکلون با محفظه پرتاب کننده برای داده های تست در حالت ۳ متغیر داده ی ورودی..... ۸۰
شکل(۳-۱۱) نتایج مدلسازی شبکه عصبی برای بازده سیکلون با محفظه پرتاب کننده برای داده های تست در حالت ٤ متغیر داده ی ورودی..... ۸۱
شکل(۳-۱۲) شکل رگرسیون میان داده های واقعی و پیش بینی شده برای سیکلون با محفظه پرتاب کننده در حالت ۳ متغیره ..... ۸۲
شکل(۳-۱۳) شکل رگرسیون میان داده های واقعی و پیش بینی شده برای سیکلون با محفظه پرتاب کننده در حالت ٤ متغیره ..... ۸۳
شکل (۳-۱٤) فلوچارت آموزش شبکه عصبی بوسیله ژنتیک الگوریتم..... ۸٤
شکل(۳-۱۵) نمودار بهترین مقدار تابع هدف درمقابل نسل برای شبکه عصبی با سه متغیر ورودی (تکامل تدریجی یادگیری شبکه و کاهش خطا)..... ۸۵
شکل(۳-۱٦) نمودار میانگین تابع هدف درمقابل نسل برای شبکه عصبی با سه متغیر ورودی (تکامل تدریجی یادگیری شبکه و کاهش خطا)..... ۸٦
شکل(۳-۱۷) نمودار بهترین مقدار تابع هدف درمقابل نسل برای شبکه عصبی با چهارمتغیر ورودی (تکامل تدریجی یادگیری شبکه و کاهش خطا)..... ۸٦
شکل(۳-۱۸) نمودار میانگین تابع هدف درمقابل نسل برای شبکه عصبی با چهارمتغیر ورودی (تکامل تدریجی یادگیری شبکه و کاهش خطا)..... ۸۷
شکل(۳-۱۹) یادگیری شبکه عصبی – ژنتیک الگوریتم(ANN-GA) برای بازده سیکلون دارای محقظه پرتاب کننده در حالت ۳ متغیر ورودی ..... ۸۸
شکل(۳-۲۰) یادگیری شبکه عصبی – ژنتیک الگوریتم(ANN-GA) برای بازده سیکلون دارای محقظه پرتاب کننده در حالت ٤ متغیر ورودی ..... ۸۹
شکل(۳-۲۱) نتایج مدلسازی شبکه عصبی – ژنتیک الگوریتم(ANN-GA) برای بازده سیکلون با محفظه پرتاب کننده برای داده های تست در حالت ۳ متغیر داده ی ورودی ..... ۹۰

شکل(۳-۲۲) نتایج مدلسازی شبکه عصبی – ژنتیک الگوریتم(ANN-GA) برای بازده سیکلون با محفظه پرتاب کننده برای داده های تست در حالت ٤ متغیر داده ی ورودی ..... ۹۱

شکل(۳-۲۳) ارتباط میان داده های بازده واقعی و خروجی بدست آمده بوسیله شبکه عصبی – ژنتیک الگوریتم(ANN-GA) در حالت ۳ متغیره ..... ۹۲

شکل(۳-۲٤) ارتباط میان داده های بازده واقعی و خروجی بدست آمده بوسیله شبکه عصبی – ژنتیک الگوریتم(ANN-GA) در حالت ٤ متغیره ..... ۹۲

شکل (۳-۲۵) نتایج سه بعدی شبکه عصبی – ژنتیک الگوریتم سیکلون دارای محفظه پرتاب کننده برای حالت ٤ متغیره ..... ۹۵

شکل(۳-۲٦) تابع عضویت ورودی و خروجی مدل فازی برای سیکلون دارای محفظه پرتاب کننده با ٤ متغیره ..... ۹۷

شکل(۳-۲۷) تغییرات مراکز تابع عضویت خروجی و میانگین مربعات خطا در حالت ٤ متغیره..... ۹۸

شکل(۳-۲۸) نتایج مدل فازی برای بازده سیکلون دارای محقظه پرتاب کننده در حالت ٤ متغیر ورودی ۹۹

شکل (۳-۲۹) نمودار بهترین مقدار تابع هدف درمقابل تولید برای مدل فازی با چهارمتغیر ورودی (تکامل تدریجی یادگیری مدل فازی و کاهش خطا ..... ۱۰۰

شکل(۳-۳۰) تابع عضویت ورودی و خروجی مدل فازی – ژنتیک الگوریتم برای سیکلون دارای محفظه پرتاب کننده با ٤ متغیره ..... ۱۰۱

شکل(۳-۳۱) MSE مدل فازی-ژنتیک الگوریتم برای بازده سیکلون دارای محفظه پرتاب کننده در حالت ٤ متغیر ورودی ..... ۱۰۲

## فهرست جداول

جدول۱-۱-معادلات پیشنهادی افت فشار به صورت هد سرعت ورودی $\Delta H$ ..... ۱۷

جدول ۱-۲- فرضیات پیشنهادی در حل معادله ی (۱- ۲٤) ..... ۲۳

جدول ۲-۱- مقادیر ورودی و خروجی به نرون های شبکه عصبی مصنوعی به تفکیک هر لایه ..... ٤٥

جدول( ۳-۱)داده های تجربی در حالت ۳ متغیره..... ۷۱

جدول( ۳-۲)داده های تجربی در حالت ٤ متغیره..... ۷۲

جدول( ۳-۳) مشخصات پارامترهای ژنتیک الگوریتم در مسئله ..... ۷۳

جدول( ۳-٤) نتایج شبکه عصبی و ترکیب شبکه عصبی –ژنتیک الگوریتم ..... ۹۳

## چکیده

جداکننده های گردبادی اغلب بنام سیکلون نامیده می شوند و از آنها به منظور جمع آوری ذرات غبار موجود در جریان گازهای صنعتی استفاده بعمل می آید. بزرگترین عیب سیکلونهای معمولی، بازده پایین آنها برای ذرات با کوچکتر از ۵ میکرون است. به این منظور سیکلون همراه با محفظه پرتاب کننده و جریان برگشتی طراحی گردید و مورد آزمایش قرار گرفت که این مشکل را تا حد زیادی بر طرف کرد. ضرورت مدلسازی برای پیش بینی رفتار و بهینه سازی عملکرد آن، به دلیل اینکه دستگاه برای اولین بار ساخته شده است احساس می شد. در این پروژه بوسیله برنامه نویسی در محیط مطلب مدلسازی دستگاه مورد نظر بوسیله سیستم های هوشمند مانند شبکه عصبی مصنوعی و فازی و بهینه سازی بوسیله ژنتیک الگوریتم صورت گرفته است. برنامه ی شبکه عصبی به صورت پیشخور و روش یادگیری آن به صورت پسخور است. در ترکیب شبکه عصبی و ژنتیک الگوریتم، زنتیک الگوریتم موجب یادگیری شبکه می شود. طبق نتایج بدست آمده مشخص شد هنگامی که دبی خوراک ورودی پایین است و در محدوده ی ۳۶۵ تا ۳۷۵ متر مکعب بر ساعت است و همچنین دبی جریان برگشتی بیش از ۱۹۰ متر مکعب بر ساعت باشد بازده و کارایی بهتری داریم. وقتی که دبی جریان خوراک زیاد میشود به دلیل اینکه درصد دبی جریان پرتاب کننده پایین می آید بازده کمتری داریم. رابطه میان دبی جریان پرتاب کننده و بازده رابطه معکوس است و به دلیل افزایش اغتشاشات به واسطه زیاد شدن دبی جریان پرتاب کننده بازده پایین می آید. بهترین شرایط برای دبی جت پرتاب کننده محدوده ی ۴۹ تا ۶۵ متر مکعب بر ساعت است. اثر سرعت دوران لوله نازل دار همان طور که پیش بینی می شد ناچیز است و می توان از آن صرف نظر کرد. بهترین بازده که بوسیله ژنتیک الگوریتم در حالت ۴ متغیر بدست آمد ۰/۹۷۸۲ بود.

کلمات کلیدی : سیکلون ، محفظه پرتاب کننده ،جریان برگشتی ،شبکه عصبی ، فازی ، ژنتیک الگوریتم

# فصل اول

## آشنایی با انواع سیکلون ها

### ۱-۱- مقدمه

جداسازی گاز از جامد در فرآیندهای صنعتی مختلفی به دلایل: کاهش آلودگی‌های زیست محیطی؛ مراقبت و محافظت از تجهیزات فرآیند از صدمات جریان‌های حاوی ذرات؛ جلوگیری از انجام واکنش‌های ناخواسته مابین گاز – جامد وجداسازی اولیه محصولات نهایی از کاتالیست در فرآیند های بستر سیالی، انجام می گیرد [۱].

جداکننده های گردبادی[1] اغلب بنام سیکلون نامیده می شوند و از آنها به منظور جمع آوری ذرات موجود درجریانهای گازهای صنعتی استفاده وسیعی بعمل می آید. این دستگاهها دارای هیچ جزء متحرکی نبوده و در اثر نیروی گریز از مرکز فزونی یابنده حاصل از جریانهای گردبادی داخل آن، ذرات را جدا سازی می نمایند. بر طبق لیتز [۲]، سیکلونها ساخت آسان، عملکرد نسبتا" مقرون به صرفه دارند و می توانند در یک محدوده وسیع شرایط عملیاتی تنظیم شوند. اگاوا [۳] سیکلون را به عنوان وسیله ای که از مناطق گریز از مرکز و جاذبه ای برای جداسازی ذرات در جریانهای گاز استفاده می کند تعریف می نماید.

برای به چرخش درآوردن گازهای ورودی به سیکلون، روشهای متعددی وجود دارد که در اغلب آنها قسمت ورودی سیکلون دارای شکل ویژه ای می باشد. معمولترین روش به گردش درآوردن جریان گاز در

[1] - Cyclone Separator