



کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.



دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته ی مهندسی شیمی گرایش طراحی فرآیندها

مطالعه CFD و بهینه سازی عملیاتی پره ی راشتون با استفاده از هوش مصنوعی

استاد راهنما:

پرفسور مسعود رحیمی

نگارش:

ندا پورجعفری

خرداد ۱۳۸۹



دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی شیمی

گرایش طراحی فرآیندها

دانشجو: ندا پورجعفری

تحت عنوان

مطالعه CFD و بهینه سازی عملیاتی پره ی راشون با استفاده از هوش مصنوعی

در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۱ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنما، پرفسور مسعود رحیمی با مرتبه ی علمی استاد
امضاء

۲- استاد داور داخل گروه، دکتر لاله رجیبی با مرتبه ی علمی استادیار
امضاء

۳- استاد داور خارج از گروه، دکتر مهرداد خامفروش با مرتبه ی علمی استادیار
امضاء

باخاضعانه ترین سپاس ها:

✓ از خداوند سبحان که چنگاھی ست رخ نمی نماید و چونان که محتاجم
مد نمی فرماید... به هر وصف، سپاس او را سزااست.

✓ از بهرامی و مهربانی پدر، مادر و برادرم که همواره مورد محبت و حمایت
ایشان بوده ام.

✓ و از استاد ارجمند و فرزانه، جناب آقای پر فور رحیمی به خاطر
لطف بی دریغ و بردباری مثال زدنی شان.

الحمد لله الذی لو حبس عن عباده
معرفة حمده علی ما ابلاهم من مننه
المتتابعة، و اسبغ علیهم من نعمه
المتظاهرة، لتصرفوا فی مننه فلم
یحمدوه، و توسعوا فی رزقه فلم
یشکروه، و لو کانوا لخرجوا من
حدود الانساریع الی حد البه یهیءه
فکانوا کما وصفه فی محکم کتابه:
"ان هم الا لکانعم بل هم اخلل
سبیل".

سپاس و ستایش پروردگاری راست که اگر معرفت شایش و آمین
ساکزایش را از زندگان دریغ کرده بود به آنان، رسم سپاس و
ستایش نمی آموخت تا در برابر انبوه نعمت های وزین و ارجمندش و
نیکی ها و بخشش های بی دریغش او را بستند، در نعمت شایش
تصرف می کردند و از شناسی او لب فرو می بستند، و در روزی
بایش دست می بردند و او را پاس نمی داشتند و اگر چنین می بودند
از قلمرو انسانیت بیرون رفته، به مرز حیوانیت می رسیدند بلکه در
مرتبیه ای فروتر از آن گام می نهادند و چنان می بودند که در کتاب
حکمت از ایشان چنین یاد می شود: "ناسپاسان، جز مانند چارپایان
نیستند، بلکه گمراه ترند".

پروردگارا،

به پیشگاه پر از لطف و کرمیت تقدیم می دارم...

چکیده

در این مطالعه، روند اختلاط توسط پره راشتون بررسی شده است و هدف اصلی تعیین بهترین سایز پره و فاصله از کفی است که کمترین انرژی مصرفی را موجب بشود. این کار با ترکیبی از مدلسازی به روش دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)، آزمایشات تجربی، پیش بینی توسط شبکه عصبی مصنوعی و بهینه سازی به واسطه الگوریتم ژنتیک صورت پذیرفته است. آزمایشات تجربی جهت اثبات صحت نتایج CFD انجام گرفته و پیش بینی توان مصرفی و زمان اختلاط نیز در شبکه عصبی انجام شده است و در آخر الگوریتم ژنتیک جهت بهینه سازی انرژی مصرفی استفاده شده است.

از دینامیک سیالات محاسباتی به همراه مدل آشفتگی $k - \epsilon$ برای بدست آوردن الگوی جریان و محاسبه زمان اختلاط در مخزن ساخته شده استفاده شده است. در ابتدا هندسه ی سیستم در نرم افزار GAMBIT ساخته شده و کل حجم آن به حجم کنترل های کوچک جهت انجام محاسبات تقسیم شده و جهت تعریف شرایط مرزی و حل دسته معادلات برای حجم کنترل های مورد نظر، به نرم افزار FLUENT فرستاده شده است. در دوره های مختلف همزن برای سایزهای مختلف پره و در فواصل متفاوت از کف مدلسازی انجام گرفته است. زمانی که شرایط سیال داخل مخزن به حالت کاملاً پایدار رسید، با شروع تزریق ردیاب، حل حالت ناپایدار نیز صورت گرفته است که در این تحقیق فاکتور زمانی مورد بررسی اصلی عبارت بود از زمان چرخش میانگین محوری. از طرف دیگر یکی از پارامترهای مورد نظر بدست آوردن توان مصرفی شده توسط همزن جهت اختلاط کامل بود. آگاهی از توان مصرفی در مخازن از نظر مصرف انرژی بسیار مهم است که از کل توان مستهلک شده در حجم سیال موجود بدست می آید. نتایج حاصله از مدلسازی دینامیک سیالات محاسباتی جهت مدل نمودن شبکه عصبی به کار رفته است و نهایتاً بهینه سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام گرفته که بعد از فراخوانی شدن تابع حامل مدل شبکه عصبی توسط الگوریتم ژنتیک، الگوریتم اجازه می یابد که تا همگرا شدن و یافتن مقدار بهینه انرژی مصرفی اجرا شود و در نهایت پاسخی را ارائه خواهد داد که گویای مناسب ترین نقطه یعنی همان مقدار بهینه است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مروری بر مطالعات انجام شده
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- مطالعات CFD صورت گرفته بر روی اختلاط توسط پروان
۱۰	۳-۱- مروری بر تاریخچه استفاده از شبکه های عصبی
۱۲	۴-۱- مروری بر تاریخچه استفاده از الگوریتم ژنتیک
۱۴	فصل دوم: مقدمه ای بر دینامیک سیالات محاسباتی شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک
۱۵	۱-۲- دینامیک سیالات محاسباتی
۱۵	۱-۱-۲- CFD چیست؟
۱۶	۲-۱-۲- مقایسه ی بین روش ها
۱۷	۳-۱-۲- مراحل کاری CFD
۱۹	۴-۱-۲- معادلات حاکم بر جریان سیال
۲۰	۱-۴-۱-۲- بقای جرم در حالت سه بعدی
۲۰	۲-۴-۱-۲- نرخ های تغییر مربوط به یک ذره ی سیال و یک المان سیال
۲۱	۳-۴-۱-۲- معادله اندازه حرکت در حالت سه بعدی
۲۱	۴-۴-۱-۲- معادله انرژی در حالت سه بعدی
۲۲	۵-۱-۲- مروری بر معیارهای مورد استفاده در تحلیل CFD و توصیف جریان
۲۲	۱-۵-۱-۲- توان و عدد توان
۲۳	۲-۵-۱-۲- عدد جریان پره
۲۳	۳-۵-۱-۲- زمان و شدت جریان چرخش
۲۴	۴-۵-۱-۲- عدد جریان محوری و زمان چرخش میانگین محوری

- ۲۵ ۲-۱-۵-۵- سرعت میانگین حجمی و اندیس اختلاط
- ۲۵ ۲-۱-۵-۶- میدان های سرعت و خطوط جریان
- ۲۶ ۲-۲- شبکه های عصبی مصنوعی
- ۲۶ ۲-۲-۱- شبکه عصبی چیست؟
- ۲۷ ۲-۲-۲- انواع شبکه های عصبی
- ۲۷ ۲-۲-۲-۱- طبقه بندی از لحاظ نوع ساختمان
- ۲۸ ۲-۲-۲-۲- طبقه بندی از لحاظ الگوریتم آموزش
- ۲۸ ۲-۲-۳- اصول شبکه های عصبی مصنوعی
- ۲۹ ۲-۲-۳-۱- چگونگی عملکرد شبکه های عصبی
- ۳۰ ۲-۲-۳-۲- خواص شبکه های عصبی
- ۳۰ ۲-۲-۳-۳- کاربرد شبکه های عصبی
- ۳۲ ۲-۲-۳-۴- اجزای یک نرون
- ۳۴ ۲-۲-۴- شبکه MLP
- ۳۴ ۲-۲-۴-۱- ساختمان شبکه
- ۳۶ ۲-۲-۴-۲- الگوریتم آموزش
- ۳۷ ۲-۲-۵- شبکه RBF
- ۳۷ ۲-۲-۵-۱- ساختمان شبکه
- ۳۸ ۲-۲-۵-۲- الگوریتم آموزش
- ۳۹ ۲-۲-۶- تخمین متغیرهای خروجی توسط شبکه های عصبی
- ۳۹ ۲-۳- الگوریتم ژنتیک
- ۳۹ ۲-۳-۱- بهینه سازی و الگوریتم ژنتیک چیست؟
- ۴۰ ۲-۳-۲- بررسی روش های بهینه سازی

- ۴۰ - ۱-۲-۳-۲- روش های شمارشی
- ۴۱ - ۲-۲-۳-۲- روش های محاسباتی
- ۴۱ - ۳-۲-۳-۲- روش های تصادفی
- ۴۲ - ۳-۳-۲- الگوریتم ژنتیک
- ۴۳ - ۱-۳-۳-۲- پیش زمینه زیستی
- ۴۴ - ۲-۳-۳-۲- مقایسه بین الگوریتم ژنتیک با تکامل زیستی
- ۴۵ - ۳-۳-۳-۲- واژه شناسی الگوریتم ژنتیک
- ۴۸ - ۴-۳-۳-۲- ساختار عمومی الگوریتم ژنتیک
- ۴۹ - ۵-۳-۳-۲- تفاوت الگوریتم ژنتیک با روش های دیگر بهینه سازی
- ۵۰ - ۴-۳-۲- اجزای الگوریتم ژنتیک
- ۵۰ - ۱-۴-۳-۲- جمعیت
- ۵۱ - ۲-۴-۳-۲- کد دهی مسئله
- ۵۳ - ۳-۴-۳-۲- تابع هدف و تابع برازندگی
- ۷۳ - ۴-۴-۳-۲- فرایند گزینش
- ۷۳ - ۱-۴-۴-۳-۲- فضای نمونه برداری
- ۷۵ - ۲-۴-۴-۳-۲- مکانیسم نمونه برداری
- ۵۷ - ۵-۳-۲- عملگرهای ژنتیکی
- ۵۷ - ۱-۵-۳-۲- تقاطع (Crossover)
- ۵۹ - ۲-۵-۳-۲- جهش
- ۶۰ - ۶-۳-۲- همگرایی الگوریتم ژنتیک
- ۶۰ - ۱-۶-۳-۲- معیار توقف محاسبات الگوریتم ژنتیک
- ۶۱ - ۴-۲- مطالعه حاضر در یک نگاه

۶۲	فصل سوم: ساخت و نصب تجهیزات
۶۳	۱-۳- ساخت پروانه
۶۵	۲-۳- ساخت مخزن
۶۷	۳-۳- ساخت بهمن
۶۸	۴-۳- هدایت سنج
۶۸	۵-۳- گشتاور سنج
۶۹	۶-۳- مروری بر ابزار آزمایشگاه
۷۱	فصل چهارم: مدل‌سازی
۷۲	۱-۴- مقدمه
۷۳	۲-۴- حل مساله CFD
۷۳	۱-۲-۴- تولید شکل هندسی و شبکه بندی
۷۶	۳-۴- انجام دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)
۸۲	۴-۴- انجام مدل‌سازی توسط شبکه ی عصبی
۸۳	۵-۴- انجام بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک
۸۵	فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات
۸۶	۱-۵- نتایج آزمایشات و مقایسه با مدل‌سازی CFD
۸۷	۲-۵- داده های مدل‌سازی
۸۷	۳-۵- مدل‌سازی توسط هوش مصنوعی
۹۰	۱-۳-۵- بهینه سازی توان مصرفی پره راشتون در $Re=150$
۹۰	۲-۳-۵- بهینه سازی توان مصرفی پره راشتون در جریان آرام
۹۲	۳-۳-۵- مقایسه نتایج پیش بینی شبکه عصبی و Correlation توسط الگوریتم ژنتیک
۹۵	۴-۵- پیشنهادات

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۳	شکل ۱-۱- الگوریتم آموزش شبکه
۴	شکل ۲-۱- نمایشی از مخزن بدون بافل
۱۹	شکل ۱-۲- المان در سیال
۲۹	شکل ۲-۲- شبکه عصبی ساده با یک لایه مخفی
۳۳	شکل ۳-۲- شمای کلی نرون شماره z
۳۵	شکل ۴-۲- ساختمان شبکه عصبی MLP
۳۸	شکل ۵-۲- ساختمان شبکه عصبی RBF
۵۸	شکل ۶-۲- شکل‌های مختلف عملگر جابجایی
۶۴	شکل ۱-۳- دو نما از توربین راشتون
۶۴	شکل ۲-۳- پره‌های ساخته شده در پنج سایز متفاوت
۶۵	شکل ۳-۱- نمایشی کامل از یک راشتون ساخته شده در این تحقیق
۶۵	شکل ۴-۳- مخزن ساخته شده
۶۶	شکل ۵-۳- مجموعه‌ی ظرف و پایه
۶۶	شکل ۶-۳- درپوش یونولیتی
۶۷	شکل ۷-۳- الکتروموتور استفاده شده در آزمایشات
۶۸	شکل ۸-۳- منبع تغذیه و مدار دورسنج
۶۸	شکل ۹-۳- هدایت سنج
۶۹	شکل ۱۰-۳- گشتاور سنج
۷۰	شکل ۱۱-۳- شمایی از تجهیزات آزمایشگاهی
۷۳	شکل ۱-۴- شکل هندسی پره راشتون در پیش پردازنده‌ی GAMBIT
۷۳	شکل ۲-۴- سایزهای مختلف پره‌ی راشتون در GAMBIT
۷۴	شکل ۳-۴- هندسه‌ی ظرف، پره و MRF در GAMBIT
۷۵	شکل ۴-۴- مش بندی MRF و مخزن در GAMBIT

- ۷۶ شکل ۴-۵- نمایش هندسه های مختلف اعمال شده در FLUENT
- ۷۸ شکل ۴-۶- بردارهای سرعت در صفحه ی افقی زیر پروانه، $Re=30$
- ۷۸ شکل ۴-۷- کانتورهای سرعت در صفحه ی افقی عبوری از میان پروانه، $Re=30$
- ۷۹ شکل ۴-۸- بردارهای سرعت در صفحه ی افقی زیر پروانه، $Re=150$
- ۷۹ شکل ۴-۹- کانتورهای سرعت در صفحه ی افقی عبوری از میان پروانه، $Re=150$
- ۸۰ شکل ۴-۱۰- بردارهای سرعت در صفحه ی عمودی عبوری از میان پروانه، $Re=30$
- ۸۰ شکل ۴-۱۱- کانتورهای سرعت در صفحه ی عمودی عبوری از میان پروانه، $Re=30$
- ۸۱ شکل ۴-۱۲- بردارهای سرعت در صفحه ی عمودی عبوری از میان پروانه، $Re=150$
- ۸۱ شکل ۴-۱۳- کانتورهای سرعت در صفحه ی عمودی عبوری از میان پروانه، $Re=150$
- ۸۴ شکل ۴-۱۴- فرآیند بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک و مدل شبکه عصبی
- ۸۷ شکل ۵-۱- پره ی ۱۳ سانتیمتری در فاصله از کف ۱۵/۵ سانتیمتر و سرعت ۶۵ rpm
- ۸۹ شکل ۵-۲- تغییرات شدت جریان در طول مخزن
- ۸۹ شکل ۵-۳- تغییرات عدد توان در فاصله از کف های مختلف
- ۹۰ شکل ۵-۴- تغییرات عدد توان در سایزها و فاصله از کف های مختلف
- ۹۱ شکل ۵-۵- شمایی از شبکه ی آموزش دیده
- ۹۳ شکل ۵-۶- شمایی از شبکه ی آموزش دیده
- ۹۴ شکل ۵-۷- تست و ارزیابی خروجی شبکه و داده های واقعی
- ۹۴ شکل ۵-۸- نزدیکی خروجی شبکه به داده های فلوئنت
- ۹۵ شکل ۵-۹- شمایی از شبکه آموزش دیده
- ۹۷ شکل ۵-۱۰- قیاس نتایج فلوئنت و شبکه و ژنتیک
- ۹۷ شکل ۵-۱۱- مقایسه نزدیکی مدل ها به داده های واقعی

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۰	جدول ۱-۲- تغییرات برای هر خاصیت
۵۲	جدول ۲-۲- تشریح اصطلاحات الگوریتم ژنتیک
۶۳	جدول ۱-۳- اندازه های پنج سایز مختلف پره های ساخته شده
۸۶	جدول ۱-۵- مقایسه داده های آزمایشی و مدلسازی
۸۸	جدول ۲-۵- داده های ورودی
۸۸	جدول ۳-۵- داده های محاسبه شده پس از همگرایی FLUENT
۹۲	جدول ۴-۵- پارامترهای عددی در GA
۹۶	جدول ۵-۵- پارامترهای عددی در GA

فصل اول

مروری بر مطالعات انجام شده

۱ - مقدمه

به عنوان مطلع فصول، به کاربرد دینامیک سیالات محاسباتی، شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک در مدلسازی اختلاط پرداخته می شود.

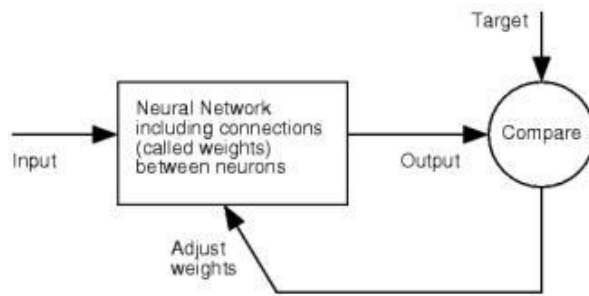
در این تحقیق ترکیبی از دینامیک سیالات محاسباتی، شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم های ژنتیک، جهت بهینه سازی شرایط عملیاتی پره راشتون مشاهده می شود که البته به موازات آزمایشات تجربی صحت داده ها و نتایج مورد بررسی قرار گرفته است. در مقدمه با نگاهی اجمالی به هر یک از این علوم پرداخته شده و در ادامه تاریخچه هر یک به تفصیل بررسی شده است. دینامیک سیالات محاسباتی یا CFD عبارت از تحلیل سیستم های شامل جریان سیال، انتقال حرارت و پدیده های همراه نظیر واکنش های شیمیایی، بر اساس شبیه سازی کامپیوتری است. CFD روش بسیار توانایی است، بطوریکه طیف وسیعی از کاربردهای صنعتی و غیرصنعتی را دربر می گیرد.

* * *

شبکه های عصبی از عناصر عملیاتی ساده ای به صورت موازی ساخته می شوند و به طور وسیعی برای حل مسائل یادگیری و پیش بینی در زمینه های گوناگون بکار برده شده اند. این عناصر از سیستم های عصبی زیستی الهام گرفته اند.

در طبیعت، ساختار شبکه های عصبی از طریق نحوه ی اتصال بین اجزا تعیین می شود. در نرم افزارها نیز، با به کار بردن داده های موجود، شبکه، روابط بین ورودی و خروجی را یاد می گیرد. این روابط می توانند کاملاً غیر خطی باشند. بنابراین شبکه های عصبی مدل های رگرسیون پیچیده ی غیرخطی هستند که ساختار آنها به صورت تجربی معین می شود.

پس از آموزش شبکه عصبی، اعمال یک ورودی خاص به آن، منجر به دریافت پاسخ خاص می شود. شبکه بر مبنای تطابق و همسنگی بین ورودی و هدف سازگار می شود تا اینکه خروجی شبکه و هدف بر هم منطبق گردند. شکل (۱-۱) گویای این تعریف است.



شکل ۱-۱- الگوریتم آموزش شبکه

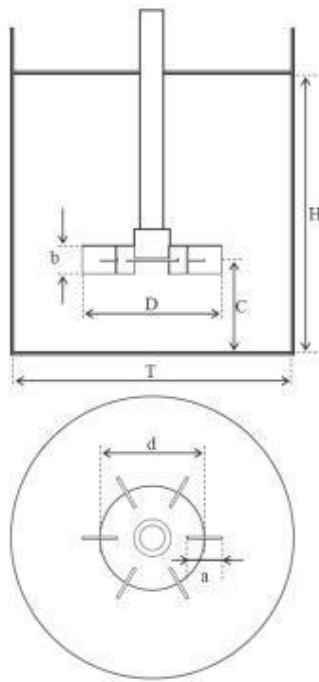
آموزش دسته ای شبکه به معنی تغییر وزن ها و بایاس های شبکه بر مبنای مجموعه همه ی بردارهای ورودی می باشد. از شبکه های عصبی برای پیاده سازی توابع پیچیده در زمینه های مختلف از جمله تشخیص الگو، تشخیص هویت، طبقه بندی، پردازش صحبت و تصویر و سیستم های کنترلی استفاده می شود. امروزه از شبکه های عصبی برای حل مسائل دشواری که حل آنها با کامپیوترهای معمولی و انسان ها دشوار می باشد استفاده می کنند. شبکه های عصبی مصنوعی دارای تاریخ پنجاه ساله هستند اما کاربرد آنها در مسائل عملی به پانزده سال گذشته برمی گردد و این زمینه هم اکنون به سرعت در حال پیشرفت می باشد.

* * *

تکامل طبیعی یک فرآیند تاریخی است. تکامل یک فرآیند دومارحله ای پویا از تغییر و انتخاب تصادفی است که بر مبنای محیط پویا و مقتضیات، تغییرات ثابتی را در افراد یک جمعیت ایجاد می کند. افراد در جمعیت تدریجاً با محیط فعلی شان از طریق گلچین شدن، منطبق می شوند. انطباقی که به افراد خاصی اجازه می دهد تا از طریق توارث زنده بمانند. الگوریتم ژنتیک یک مدل از یادگیری ماشین است که رفتار آن از مکانیسم تکامل در طبیعت الهام گرفته شده است. این علم، دارای کاربرد گسترده ای در زمینه های مختلف می باشد. یک نمونه از این کاربردها مسائل بهینه سازی چندبعدی می باشد که در آنها پارامترهای متفاوتی که قرار است بهینه شوند در قالب کرموزوم ساماندهی می شوند.

۴ ۱- مطالعات CFD صورت گرفته بر روی اختلاط توسط پروان

تانک های هم زده کاربرد گسترده ای در صنایع و فرآیندهای شیمیایی دارند. Raul Alcamo و همکارانش در سال ۲۰۰۵ مطالعه ای روی تانک های بدون بافل با پره ی راشتون در جریان توربولنت انجام دادند [۱].



شکل ۱-۲- نمایی از مخزن بدون بافل

آنها از مزایات حضور بافل اشاره داشتند به اینکه جریان محوری را قوی تر می کند و باعث حذف ورتکس نیز می شود و اینچنین سرعت اختلاط را بهبود می بخشد. این دلایل مهمترین عوامل چرایی وجود بافل در ظرف های اختلاط هستند. با این حال هنوز هم هستند مواردی که ظرف های بدون بافل کاربرد دارند. از جمله آنها زمانی است که سیال ویسکوزیته بالا دارد و رینولدز کمتر از حدود ۲۰ است. در اینگونه موارد از بازده و عملکرد اختلاط به دلیل افزایش نواحی مرده در اثر وجود بافل کاسته می شود. Nagata در سال ۱۹۷۵ این موضوع را مورد مطالعه قرار داد. و نیز اشاره نمود که ورتکس ها در چنین کیس هایی در سرعت های پایین به وجود نمی آیند [۲]. Mazzarotta نیز در سال ۱۹۹۳ طی مطالعه ای تانک های بدون بافل را جهت استفاده در فرآیندهای بلورساز توصیه نمود [۳]. از دیدگاه حل عددی، یکی از مشخصه های اصلی تانک های بافل دار (و همچنین تانک هایی که وجود همزن و جت در آنها باعث عدم تقارن می شود؛ تانک هایی که همزن روی دیوار جانبی نصب می گردد) این است که شکل دامنه جریان (شامل سطح مایع، دیوار تانک، همزن و شفت آن) با زمان تغییر می کند. این خصوصیت، تانک بهمزن را از اکثر راکتورهایی که در فرآیندهای صنعتی مهندسی شیمی استفاده می شوند جدا می نماید .

جریان های آشفته برای اولین بار در تانک های اختلاط بافل دار به صورت دو بعدی شبیه سازی شدند که اینها اولین شبیه سازی های جریان های آشفته به حساب می آیند [۵ و ۴].