بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای صدرالدین ناصری گل جو پایان نامه ٦ واحدی خود را با عنوان **تلفیق داده های حاصل از نمونه برداری از مدار خردایش کارخانهی فرآوری طلای زرشوران** در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱۵ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی معدن - فرآوری موادمعدنی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمدرضا خالصی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر محمود عبدالهی	استاد	
استاد ناظر	دکتر احمد خدادادی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر مهدی ایرانی نژاد	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر احمد خدادادی	دانشیار	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت‌های علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی معدن (گرایش فرآوری مواد معدنی) است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده‌ی فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر محمد رضا خالصی، مشاوره جناب آقای دکتر محمود عبداللهی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تعدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتاب‌های عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶: اینجانب صدرالدین ناصری گل‌جو دانشجوی رشته مهندسی معدن گرایش فرآوری مواد معدنی در مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: صدرالدین ناصری گل‌جو

تاریخ و امضا:

۱۳۹۲/۱۲/۱۴

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ٤- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ٥- این آیین‌نامه در ٥ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/٤/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/٤/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب عمادالدین باکری دانشجوی رشته مهندسی عمران (گرایش آب و سازه‌های آبی) ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۹ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی مهندسی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:.....

تاریخ: .....

۱۳۹۲،۳،۴

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی معدن گرایش فرآوری مواد معدنی

تلفیق داده‌های حاصل از نمونه‌برداری کارخانه‌ی فرآوری طلای زرشوران

صدرالدین ناصری گل‌جو

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا خالصی

استاد مشاور:

دکتر محمود عبداللهی

بهمن ۱۳۹۱

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که در تمام این سال‌ها پشت و پناهم بوده‌اند.

تشکر و قدردانی

در این جا لازم می دانم که از راهنمایی های بی دریغ استاد راهنمای محترم، جناب آقای دکتر محمد رضا خالصی تشکر نمایم. قطعاً انجام این پایان نامه بدون راهنمایی و تلاش های ایشان به پایان نمی رسید. هم چنین از جناب آقای دکتر محمود عبداللهی نیز به علت مشاوره ی این پایان نامه تشکرم. از زحمات جناب آقای دکتر علی اکبر عبدالله زاده در زمینه ی موضوع پایان نامه بسیار سپاسگزارم. در آخر نیز جا دارد از اساتید محترم آقایان دکتر محمود عبداللهی، دکتر احمد خدادادی و دکتر محمد رضا خالصی به خاطر آموزش ها و تلاش هایی که برای اینجانب در دوره ی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس انجام دادند، قدردانی نمایم. در پایان نیز از خانواده و به ویژه پدر و مادر عزیزم که همواره مراحمت نموده اند، بی نهایت سپاسگزارم.

صدرالدین ناصری

زمستان ۱۳۹۱

چکیده

نظارت، کنترل و بهینه‌سازی یک مدار فرآوری در اولین قدم نیازمند شناخت آن مدار است. شناسایی عملکرد یک مدار نیز وابسته به داشتن اطلاعات جامع، صحیح و دقیق می‌باشد. متأسفانه در صنعت فرآوری مواد معدنی به دلیل ماهیت تصادفی مشخصات کانسنگ و ناهمگنی بالا و انواع خطاهای نمونه‌برداری و نیز به دلیل عدم امکان برداشت اطلاعات از برخی محل‌ها، داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها همواره ناقص و حاوی خطا می‌باشند. خطاهای تصادفی و غیر تصادفی موجود در داده‌ها می‌توانند شناسایی مدار و در نتیجه فعالیت‌های نظارتی و بهینه‌سازی را با مشکلات جدی روبرو کنند؛ لذا برداشت نمونه از مناسب‌ترین محل‌ها که بیشترین دقت و صحت را در تخمین‌ها باعث شود و نیز اصلاح داده‌ها و حذف خطاهای متفاوت، پیش نیاز هر عملیات مهندسی در فرآوری مواد معدنی است.

در این پایان‌نامه تلاش شده است تا مبانی تئوریک پالایش داده‌ها شامل حذف خطاهای فاحش، تلفیق داده‌ها در حالات خطی، دو خطی، چند خطی و غیرخطی به روش‌های تحلیلی و عددی متفاوت بررسی شده و ضمن آموختن مبانی، با پیاده‌سازی آن‌ها در محیط نرم‌افزار متلب، بسته‌های نرم‌افزاری متفاوتی برای فعالیت‌های متفاوت داده‌پردازی ایجاد و اعتبارسنجی شود. سپس این ابزارها جهت اصلاح داده‌های حاصل از نمونه‌برداری از مدار خردایش کارخانه‌ی طلای زرشوران به کار رفته‌اند.

نتایج این تحقیق نشان داد که چگونه پیش از اجرای نمونه‌برداری از مدار می‌توان با استفاده از آنالیز افزونگی داده‌ها و تئوری گراف، محل‌های مناسب‌تر برای نمونه‌برداری را تعیین کرد. با استفاده از آزمون‌های مختلف آشکارسازی خطاهای فاحش نشان داده شد که آنالیزهای مربوط به نقره در خروجی آسیا و آنالیز مس در جریان سرریز سیکلون دارای خطای فاحش است و نمی‌بایست در محاسبات تلفیق داده‌ها دخالت داده شود. به علاوه نتایج تلفیق داده‌ها در حالت‌های مختلف خطی و غیرخطی نشان داد که اندازه‌گیری دبی ته‌ریز سیکلون خطایی حدود ۳۲ درصد داشته است و استفاده از داده خام این جریان در محاسبات مختلف می‌تواند منجر به تصمیم‌گیری‌های غلط شود. در این پایان‌نامه، برای اولین بار در مسأله پیچیده تلفیق غیرخطی داده‌ها، از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی استفاده شد و نتایج نشان داد که الگوریتم‌های فرا ابتکاری می‌توانند در جهت اصلاح بهتر داده‌ها به کار گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: فرآوری مواد معدنی، مدار، تلفیق داده‌ها، خطا، بهینه‌سازی خطی و غیرخطی، تئوری گراف

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... ث
فهرست شکل‌ها ..... ح

فصل ۱ – مقدمه ۱
۱-۱ - پیش‌گفتار ۲
۱-۲ - مفهوم تلفیق داده‌ها ۲
۱-۳ - تلفیق داده‌ها در فرآوری مواد معدنی ۳
۱-۳-۱ - اهمیت تخمین صحیح اندیس‌های کارایی ۳
۱-۳-۱ - مشاهده‌گر در مدار فرآوری ۳
۱-۳-۲ - اهمیت وجود داده‌های صحیح در فرآوری مواد معدنی ۴
۱-۴ - هدف و اجرای پایان‌نامه ۵

فصل ۲ – مبانی تلفیق داده‌ها ۷
۲-۱ - بخش اول – افزونگی ۸
۲-۱-۱ - افزونگی و تلفیق داده‌ها ۸
۲-۱-۲ - دسته‌بندی متغیرها با توجه افزونگی ۹
۲-۱-۳ - موازنه‌ی جرم و حداقل تعداد نمونه‌ی لازم ۱۲
۲-۱-۴ - تئوری گراف و انتخاب محل‌های نمونه‌برداری ۱۶
۲-۱-۵ - انتخاب محل‌های نمونه‌برداری با استفاده از ماتریس سیکل پایه ۲۰
۲-۲ - بخش دوم – آشکارسازی خطاهای فاحش ۲۸
۲-۲-۱ - ویژگی‌های آماری خطاهای اندازه‌گیری ۳۱
۲-۲-۲ - مطالعه‌ی مقدار باقیمانده (مقدار عدم موازنه‌ی گره‌ها) ۳۱
۲-۲-۳ - مکان‌یابی داده‌های خطا با استفاده از تلفیق داده‌ها ۳۶
۲-۲-۴ - روش‌های فیلترینگ ۳۷
۲-۲-۵ - آزمون بایوکوف ۳۸
۲-۳ - بخش سوم – تلفیق داده‌ها ۳۹
۲-۳-۱ - تفاوت تلفیق داده‌ها و تخمین مجهول‌ها ۳۹
۲-۳-۲ - تلفیق داده‌ها و عملیات بهینه‌سازی ۴۰
۲-۳-۳ - تلفیق داده‌ها در حالت پایا ۴۱
۲-۳-۴ - تلفیق داده‌های خطی ۴۵
۲-۳-۵ - تلفیق داده‌های دو خطی ۵۲
۲-۳-۶ - روش‌های تلفیق داده‌های دو خطی ۵۳
۲-۳-۷ - تلفیق داده‌های چند خطی ۵۸
۲-۳-۸ - تلفیق داده‌ها به روش غیرخطی ۶۱
۲-۳-۹ - تلفیق داده‌ها با چند مرحله‌ای کردن شروط ۶۳
۲-۳-۱۰ - تأثیر نقاط بهینه‌ی محلی بر نتیجه‌ی تلفیق داده‌ها ۶۵

فصل ۳ – روش تحقیق ۶۶

۳-۱ – مقدمه ۶۷
۳-۲ - کارخانه‌ی زرشوران تکاب ۶۷
۳-۳ - تمهیدات قبل از نمونه‌برداری ۶۸
۳-۳-۱ - مدار خردایش کارخانه ۶۸
۳-۳-۲ - طراحی نقاط نمونه‌برداری ۶۹
۳-۳-۳ - طراحی بازه‌ی نمونه‌برداری ۷۰
۳-۴ - عملیات نمونه‌برداری ۷۱
۳-۵ - فعالیت‌های اجرایی و آزمایشگاهی در محل کارخانه ۷۵
۳-۶ - فعالیت‌های آزمایشگاهی انجام شده در دانشگاه ۷۷
۳-۷ - روش‌های محاسباتی ۷۹
۳-۷-۱ - محاسبه‌ی عیار و واریانس داده‌های جذب اتمی ۸۰
۳-۷-۲ - محاسبه و مرتب‌سازی و پردازش آماری داده‌ها ۸۰
۳-۷-۳ - محاسبه‌ی اولیه جریان ۲ (جریان مجازی) ۸۳
۳-۷-۴ - مقدار اولیه و محدوده‌ی جواب مسائل تلفیق داده‌ها ۸۶
۳-۷-۵ - استفاده از ماتریس داده‌ها در نرم‌افزار متلب ۸۹
۳-۷-۶ - بهینه‌سازی و تلفیق داده‌ها ۹۰

فصل ۴ - نتایج و بحث ۹۳

۴-۱ – مقدمه ۹۴
۴-۲ - تعیین نقاط نمونه‌برداری ۹۴
۴-۳ - آشکارسازی خطاهای فاحش داده‌ها ۹۶
۴-۳-۱ - آزمون توزیع نرمال پراکندگی داده‌ها ۹۶
۴-۳-۲ - آزمون بررسی باقیمانده نرمال شده ۹۶
۴-۳-۳ - استفاده از فیلتر میانگین متحرک بر روی داده‌ها ۱۰۴
۴-۳-۴ - اعمال آزمون بایوکوف بر روی داده‌های زرشوران ۱۰۵
۴-۴ -تلفیق داده‌های خطی ۱۰۷
۴-۴-۱ - حل تحلیلی مسأله‌ی تلفیق داده‌های خطی ۱۰۷
۴-۴-۲ - حل عددی مسأله‌ی تلفیق داده‌های خطی ۱۰۸
۴-۴-۳ - تأثیر تلفیق خطی بر روی داده‌های دبی ۱۰۹
۴-۵ - تلفیق داده‌های دو خطی داده‌های مدار ۱۱۰
۴-۵-۱ - حل تحلیلی مسأله‌ی تلفیق داده‌های دو خطی ۱۱۰
۴-۵-۲ - حل عددی مسأله‌ی تلفیق داده‌های دو خطی ۱۱۲
۴-۶ - تلفیق غیر خطی داده‌های مدار ۱۱۴

فصل ۵ - نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۱۸

۵-۱ – مقدمه ۱۱۹
۵-۲ - نتایج حاصل از آنالیزهای مشاهده‌پذیری مدار ۱۱۹
۵-۳ - نتایج حاصل از نمونه برداری و داده‌پردازی ۱۲۰
۵-۴ - نتایج آشکارسازی خطاهای فاحش ۱۲۰
۵-۵ - تلفیق داده‌ها ۱۲۱

۵-۶ - سایر نتیجه‌گیری‌ها ۱۲۴
۵-۷ - پیشنهادها ۱۲۵
فهرست مراجع ... ۱۲۷
پیوست‌ها ۱۳۱
پیوست أ - تعیین حداقل تعداد نقاط نمونه‌برداری مدار زرشوران ۱۳۲
پیوست ب - مثالی برای مفهوم ماتریس سیکل پایه و همه‌ی سیکل‌ها ۱۳۴
پیوست ت - قاعده‌ی کلی تعیین محل نمونه‌برداری در حالت تک متغیره و دو متغیره‌ی خاص ۱۳۶
پیوست ث - در تعیین نقاط نمونه‌برداری مدار زرشوران با تئوری گراف ۱۳۷
پیوست ج - تولید داده‌ی مصنوعی ۱۴۱
پیوست ح - مقایسه‌ی تلفیق داده‌های خطی در حالت‌های مختلف تحلیلی ۱۴۷
پیوست خ - مثالی از تلفیق دو خطی ساده ۱۵۰
پیوست د - واحدهای فرآیند و شروط مستقل آن‌ها در حالت دو خطی ۱۵۳
پیوست ذ - مثالی از روش کرو ۱۵۸
پیوست ر - مثال تلفیق داده‌های غیر خطی ۱۶۲
پیوست ز - تلفیق داده‌های غیر خطی با شروط چند مرحله‌ای ۱۷۰
پیوست س - محاسبه‌ی حجم مؤثر آسیا ۱۷۴
پیوست ش - روش‌های سنجش دبی خوراک ۱۷۹
پیوست ص - محاسبه‌ی واریانس نتایج جذب اتمی از روی واریانس سنجش ۱۸۱
پیوست ض - بررسی برنامه‌ی نوشته شده جهت آشکارسازی خطای فاحش ۱۸۲
پیوست ط - اعتبارسنجی تلفیق داده‌های خطی با داده‌های مصنوعی ۱۸۳
پیوست ظ - اعتبارسنجی تلفیق داده‌های دو خطی با داده‌های مصنوعی ۱۸۶

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- امکانات مورد نیاز عملیات نمونه‌برداری ۷۵
جدول ۳-۲- نام‌گذاری نمونه‌های به دست آمده ۷۵
جدول ۳-۳- ضریب رقت نمونه‌های سنجش عیاری ۷۸
جدول ۳-۴- داده‌های اندازه‌گیری شده دبی، چگالی و درصد جامد ۸۲
جدول ۳-۵- دبی، چگالی جامد و مایع محاسبه شده ۸۲
جدول ۳-۶- چگالی استاندارد فلزات ۸۳
جدول ۳-۷- عیار جرمی سنجش شده برای فلزات ۸۳
جدول ۳-۸- عیار حجمی محاسبه شده برای فلزات ۸۵
جدول ۳-۹- داده‌های تخمینی جریان ۲ ..... ۸۵
جدول ۳-۱۰- عیارهای حجمی جریان ۲ ..... ۸۶
جدول ۴-۱- ماتریس ارتباط مدار شکل ۴-۲ ..... ۹۶
جدول ۴-۲- داده‌های خام نمونه‌برداری شده ۹۷
جدول ۴-۳- واریانس داده‌های جدول ۴-۲ ..... ۹۷
جدول۴-۴- مقادیر باقیمانده‌ی گره‌ها برای داده‌های اندازه‌گیری شده ۹۸
جدول۴-۵- ماتریس واریانس - کوواریانس بردار باقیمانده‌ی دبی ۹۸
جدول۴-۶- ماتریس واریانس- کوواریانس بردار باقیمانده‌ی دبی جامد ۹۸
جدول۴-۷- ماتریس واریانس- کوواریانس بردار باقیمانده‌ی دبی مایع ۹۹
جدول۴-۸- ماتریس واریانس- کوواریانس بردار باقیمانده‌ی دبی نقره ۹۹
جدول۴-۹- ماتریس واریانس- کوواریانس بردار باقیمانده‌ی دبی مس ۹۹
جدول۴-۱۰- نتایج آزمون کای – دو برای یافتن خطای فاحش در مقایسه با مقدار ۷/۸۱ ..... ۹۹
جدول۴-۱۱- مقادیر نرمال شده‌ی باقیمانده برای ۵ متغیر ۱۰۰
جدول۴-۱۲- بردار علائم ۵ متغیر مورد نظر در مقایسه با مقدار ۱/۹۶ ..... ۱۰۰
جدول۴-۱۳- ماتریس علائم خطای سیستم ۱۰۱
جدول۴-۱۴- نتایج مقایسه‌ی بردار علائم با ماتریس علائم برای مقادیر نرمال شده دبی نقره ۱۰۱
جدول۴-۱۵- نتایج مقایسه‌ی بردار علائم با ماتریس علائم برای مقادیر نرمال شده دبی مس ۱۰۲
جدول۴-۱۶- نتایج جمع منطقی ستون جریان مشکوک دبی نقره با سایر ستون‌های ماتریس علائم ۱۰۲
جدول۴-۱۷- نتایج جمع منطقی ستون جریان مشکوک دبی مس با سایر ستون‌های ماتریس علائم ۱۰۳
جدول۴-۱۸- نتایج مقایسه‌ی بردار علائم نقره با ستون‌های ترکیب شده‌ی ماتریس علائم خطای سیستم ۱۰۳
جدول۴-۱۹- نتایج مقایسه‌ی بردار علائم مس با ستون‌های ترکیب شده‌ی ماتریس علائم خطای سیستم ۱۰۳
جدول ۴-۲۰- تغییرات دبی خروجی آسیا نسبت به زمان ۱۰۴
جدول ۴-۲۱- نتایج تلفیق خطی داده‌های دبی (تن بر ساعت) با روش‌های مختلف ۱۰۹
جدول ۴-۲۲- نتایج تلفیق دو خطی داده‌های دبی و چگالی حجمی کل مدار زرشوران ۱۱۲
جدول ۴-۲۳- نتایج تلفیق دو خطی عددی داده‌های دبی و چگالی حجمی کل مدار زرشوران ۱۱۳
جدول ۴-۲۴- نتایج تلفیق غیر خطی داده‌های زرشوران به روش عددی ۱۱۶
جدول ۵-۲- نتایج تلفیق داده‌های دبی با روش‌های مختلف ۱۲۴
جدول أ-۱- بدست آوردن دبی‌های مجهول با استفاده از انتخاب نمونه‌های مستقل خطی ۱۳۳
جدول ب-۱– ماتریس تمام سیکل‌های مدار شکل ب-۱ ..... ۱۳۵
جدول ث-۱- ماتریس ارتباط مدار کارخانه زرشوران ۱۳۷

جدول ث-۲ - ماتریس تمام سیکل‌های مدار کارخانه‌ی زرشوران ۱۳۷
جدول ث-۳- قابل تلفیق بودن مدار با توجه به سری نقاط نمونه‌برداری انتخاب شده ۱۳۸
جدول ث-۴–قابل محاسبه بودن مدار با توجه به نقاط انتخاب شده ۱۳۹
جدول ج-۱ـ داده‌های مصنوعی تولید شده مدار خردایش زرشوران قبل از ایجاد اغتشاش (داده صحیح) ۱۴۲
جدول ج-۲ـ داده‌های نمونه‌برداری مصنوعی تولید شده مدار خردایش زرشوران با یک بار نمونه‌برداری ۱۴۳
جدول ج-۳ـ داده‌های نمونه‌برداری مصنوعی تولید شده مدار خردایش زرشوران با سه بار نمونه‌برداری ۱۴۴
جدول ج-۴ـ داده‌های نمونه‌برداری مصنوعی تولید شده مدار خردایش زرشوران با پنج بار نمونه‌برداری ۱۴۵
جدول ج-۵ـ داده‌های نمونه‌برداری مصنوعی تولید شده مدار خردایش زرشوران با هشت بار نمونه‌برداری ۱۴۶
جدول ح-۱ـ داده‌های صحیح و داده‌های نمونه‌برداری شده از آن با ایجاد اغتشاش ۱۴۷
جدول خ-۱– مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی راکتور [۱] ۱۵۰
جدول خ-۲– مقادیر عدم موازنه‌ی معادله‌های موازنه‌ی جرم راکتور [۱] ۱۵۰
جدول خ-۳– نتایج تلفیق داده‌ها با در نظر گرفتن شروط مختلف ۱۵۲
جدول خ-۴– عدم تطبیق با شروط نتایج تلفیق داده‌ها با در نظر گرفتن شروط مختلف ۱۵۲
جدول ذ-۱- نتایج تلفیق داده‌های دو خطی با روش کرو ۱۵۸
جدول ذ-۲- میزان سازگاری نتایج تلفیق داده‌های روش کرو ۱۵۹
جدول ذ-۳- داده‌های اندازه‌گیری شده و اصلاح شده در مدار فلوتاسیون ۱۶۰
جدول ذ-۴- میزان سازگاری با شروط نتایج تلفیق داده‌های مدار اسمیت توسط کرو و نگارنده ۱۶۱
جدول ر-۱- داده‌ها اندازه‌گیری شده و انحراف استاندارد آن‌ها برای مورد مطالعاتی اول [۴۳] ۱۶۴
جدول ر-۲- مقادیر اصلاح شده و تخمین زده شده برای مورد مطالعاتی اول (لیما ۲۰۰۶) [۴۳] ۱۶۵
جدول ر-۳- مقادیر اصلاح شده و تخمین زده شده برای مورد مطالعاتی اول لیما ۱۶۶
جدول ر-۴- مقادیر تلفیق شده عیار طلا در فاز مایع توسط روش‌های مختلف ۱۶۷
جدول ر- ۵ مقایسه‌ی روش‌ها و ابزارهای مختلف تلفیق داده‌ها بر روی مدار فرآوری طلا [۶۵] ۱۶۸
جدول ز-۱- داده‌های اندازه‌گیری شده و انحراف استاندارد آن‌ها برای مورد مطالعاتی دوم [۴۳] ۱۷۱
جدول ز-۲- داده‌های اصلاح شده و تخمین زده شده برای مورد مطالعاتی دوم توسط لیما و نگارنده [۴۳] ۱۷۳
جدول ط-۱- نام‌گذاری مجموعه داده‌های تلفیق داده‌ها ۱۸۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- گراف‌های موازنه جرم – تقسیم‌بندی متغیرها [۶] ۱۰
شکل۲-۲- تقسیم‌بندی متغیرها بر اساس مشاهده‌پذیری [۶] ۱۲
شکل۲-۳- مسأله پل‌های کانیگسبرگ [۱۲] ۱۷
شکل۲-۴- یک گراف ساده (راست) در مقایسه با گراف غیر ساده (چپ) [۱۱] ۱۷
شکل۲-۵ -یک گراف جهت‌دار و ماتریس وقوع آن [۱۴] ۱۸
شکل ۲-۶- گراف ساده‌ی G و تشکیل «گراف – خط» L(G) از روی آن [۱۲] ۱۹
شکل۲-۷- یک سیکل (یال‌های ضخیم) بر روی گراف [۱۲] ۱۹
شکل ۲-۸ – درخت پوشای یک گراف (یال‌های ضخیم) [۱۱] ۲۰
شکل۲-۹- وترهای یک گراف (یال‌های ضخیم میانی) [۱۰] ۲۲
شکل ۲-۱۰- انواع خطاهای دستگاهی [۱] ۳۱
شکل ۲-۱۱- تخمین جریان خروجی با موازنه جرم (راست) اندازه‌گیری همه جریان‌ها و عدم موازنه (چپ) ۳۹
شکل ۲-۱۲- حالت مانا برای تغییرات دبی در مدار [۳۳] ۴۲
شکل ۲-۱۳- رژیم پویا با تغییرات آنی دبی ورودی (راست) با حالت گذار در تغییرات ارتفاع تانک (چپ) [۳۳] ۴۳
شکل ۲-۱۴ – تلفیق داده‌های چند مرحله‌ای برای فرآوری طلا [۵۸] ۶۴
شکل ۲-۱۵- حوزه‌ی جاذبه و نقاط بهینه‌ی مختلف (راست) نقاط کمینه‌ی محلی و سراسری (چپ) ۶۵
شکل ۳-۱- نمایی از محوطه‌ی کارخانه طلای زرشوران ۶۸
شکل ۳-۲- مدار خردایش زرشوران ۶۹
شکل ۳-۳ - مدار شاخه و گره‌ای بخش خردایش کارخانه زرشوران ۶۹
شکل ۳-۴– (راست) خوراک دهنده‌ی مدار (چپ) محل نمونه‌برداری از نوار نقاله ۷۲
شکل ۳-۵- ظرف دبی سنجی جریان آب و جریان‌های پالپ با حجم ۳۸ لیتر ۷۳
شکل ۳-۷- محل نمونه‌برداری خروجی آسیا (راست) ظرف دبی سنجی خروجی آسیا (۱۱۰ لیتر) (چپ) ۷۴
شکل ۳-۸- سرریز سیکلون و شیر نمونه‌برداری آن ۷۴
شکل ۳-۹- مراحل آماده‌سازی نمونه‌های معرف جامد ۷۷
شکل۳-۱۰- محیط نرم‌افزار سولور ۹۰
شکل۳-۱۱- جعبه‌ابزار بهینه‌ساز متلب (راست)، تنظیم پارامترهای الگوریتم نقطه‌ی داخلی (چپ) ۹۲
شکل ۴-۱- مدار خردایش زرشوران ۹۵
شکل ۴-۲ - مدار شاخه و گره‌ای بخش خردایش کارخانه زرشوران ۹۵
شکل ۴-۳-مقادیر باقیمانده‌ی گره‌ها برای دبی کل (راست) و دبی مس (چپ) ۹۸
شکل ۴-۴- نتیجه برنامه آشکارسازی خطای فاحش برای داده‌های زرشوران ۱۰۳
شکل ۴-۵- نتایج پالایش داده‌های جدول ۴-۲۰ با استفاده از فیلتر میانگین شناور ۱۰۵
شکل ۴-۶- سیگنال اعلام تخطی مثبت برای داده‌های جدول ۴-۲۰ ..... ۱۰۶
شکل ۴-۷- سیگنال اعلام هشدار ماندگاری خطای مثبت برای داده‌های جدول ۴-۲۰ ..... ۱۰۶
شکل ۴-۸- سیگنال اعلام تخطی منفی برای داده‌های جدول ۴-۲۰) ۱۰۷
شکل ۴-۹- سیگنال اعلام هشدار ماندگاری خطای منفی برای داده‌های جدول ۴-۲۰) ۱۰۷
شکل ۴-۱۰- مجموع باقیمانده‌ی گره‌ها برای داده‌های دبی پیش و پس از تلفیق خطی ۱۰۸
شکل ۴-۱۱- تغییرات دبی‌های مدار پس از تلفیق خطی به روش‌های مختلف ۱۰۹
شکل ۴-۱۲- مقادیر باقیمانده پیش و پس از تلفیق دو خطی با روش عددی برای داده‌های دبی و چگالی ۱۱۱
شکل ۴-۱۳- مقادیر باقیمانده پیش و پس از تلفیق دو خطی با روش عددی برای داده‌های دبی و درصد جامد ۱۱۳
شکل ۴-۱۴- مقدار باقیمانده‌ی مجموع داده‌ها پیش و پس از تلفیق داده‌ها به روش غیر خطی ۱۱۶

شکل ۵-۱- مجموع و متوسط مقدار باقیمانده برای نتایج روش‌های مختلف تلفیق داده‌های دبی ۱۲۴
شکل أ-۱- مدار گره‌ای مدار خردایش کارخانه زرشوران ۱۳۲
شکل ب-۱- مدار ساده برای تعیین ماتریس سیکل پایه ۱۳۴
شکل ب-۲- سیکل پایه‌ی شماره ۱ (راست)، شماره ۲ (وسط)، شماره ۳ (چپ) ۱۳۵
شکل ج-۱- مجموع و متوسط باقیمانده‌ی گره‌ها برای مجموعه نمونه‌های مصنوعی ۱۴۶
شکل ح-۱- خطای داده‌های اصلاح شده با روش تحلیلی ماتریس انتخاب ۱۴۸
شکل ح-۲- خطای داده‌های اصلاح شده با روش تحلیلی راگو با توجه به اعداد و واریانس اختیاری ۱۴۸
شکل ح-۳- خطای داده‌های اصلاح شده با روش عددی بهینه‌سازی با توجه به اعداد و واریانس اختیاری ۱۴۹
شکل ح-۴- مقایسه‌ی خطای نتایج تلفیق داده‌ها با دو روش تحلیلی ۱۴۹
شکل د-۱-یک واحد مخلوط کننده [۱] ۱۵۳
شکل د-۲- یک واحد تقسیم کننده [۱] ۱۵۳
شکل د-۳- یک واحد جداکننده [۱] ۱۵۴
شکل د-۴- یک واحد رآکتور [۱] ۱۵۵
شکل د-۵- یک واحد جداکننده‌ی دو فازی [۱] ۱۵۶
شکل د-۶- یک واحد مخلوط کننده دو فازی (راست)، یک واحد آسیای گلوله‌ای (چپ) [۱] ۱۵۷
شکل ذ-۱- مدار فلوتاسیون [۵۷] ۱۶۰
شکل ر-۱- فلوشیت مدار فرآوری طلای دوایون (راست)، مدار گره‌ای (چپ) (چیدمان ۱۹۸۰) [۴۳] ۱۶۲
شکل ر-۲- ترکیب روش‌های الگوریتم ژنتیک و روش کلاسیک ۱۶۷
شکل ز-۱- فلوشیت استحصال طلا در معدن دوایون (چیدمان سال ۱۹۹۰) [۴۳] ۱۷۰
شکل ز-۲-مدار شاخه و گره‌ای فلوشیت استحصال طلا در معدن دوایون (چیدمان سال ۱۹۹۰) [۴۳] ۱۷۰
شکل س-۱-ابعاد خارجی و داخلی آسیا (مقیاس نمایشی) ۱۷۴
شکل س-۳-سطح مقطع لاینر شماره یک آسیا ۱۷۵
شکل س-۴- سطح مقطع لاینر شماره دو آسیا ۱۷۵
شکل س-۵– محاسبه‌ی مساحت سطح مقطع دو لاینر (مقیاس نمایشی) ۱۷۵
شکل س-۶- گلوله‌های مصرفی در آسیا ۱۷۷
شکل س-۷- سطح مواد درون پس آسیا در هنگام خاموش بودن آن و درصد انباشتگی آسیا ۱۷۸
شکل ض-۱- واکنش برنامه در برابر مجموعه داده‌ی صحیح ۱۸۲
شکل ض-۲- نتیجه برنامه آشکارسازی خطای فاحش برای خطای ساختگی دبی ۱۸۲
شکل ض-۳- نتیجه برنامه آشکارسازی خطای فاحش برای خطای ساختگی عیار ۱۸۲
شکل ط-۱- مجموع مقدار باقیمانده‌ی گره‌ها برای مجموعه داده‌های خام خطی ۱۸۳
شکل ط-۲- مجموع مقدار باقیمانده‌ی گره‌ها برای مجموعه داده‌های خطی پس از تلفیق به روش تحلیلی ۱۸۴
شکل ط-۳- مقدار متوسط خطای نتایج تلفیق نسبت به داده‌های صحیح (بر حسب درصد) در حالت خطی ۱۸۴
شکل ط-۴- مجموع مقدار باقیمانده‌ی گره‌ها برای مجموعه داده‌ها پس از تلفیق به روش عددی در حالت خطی ۱۸۵
شکل ظ-۱- مجموع مقدار باقیمانده‌ی گره‌ها برای داده‌ها پیش و پس از تلفیق در حالت دو خطی ۱۸۶
شکل ظ-۲- متوسط مقدار خطای نتایج تلفیق دو خطی داده‌های مصنوعی نسبت به داده‌ی صحیح ۱۸۷
شکل ظ-۳- مجموع باقیمانده‌ی گره‌ها پیش و پس از تلفیق دو خطی با روش عددی در حالت دو خطی ۱۸۷
شکل ظ-۴- متوسط باقیمانده‌ی گره‌ها پیش و پس از تلفیق دو خطی با روش عددی در حالت دو خطی ۱۸۷

فصل ۱ – مقدمه

۱-۱- پیش‌گفتار

وجود خطا در داده‌های اندازه‌گیری شده موجب اخلال در تخمین عملکرد کارخانه می‌شود. خطاهای تصادفی[۱]، خطاهای سیستماتیک[۲] و نیز خطاهای فاحش[۳] می‌توانند بر روی بهینه‌سازی‌های انجام شده و یا عملکرد سیستم‌های کنترلی تأثیر بگذارند. در بعضی موارد خطای داده‌ها می‌تواند منجر به غیراقتصادی شدن یا حتی ایمنی ضعیف فرآیند شود. بنابراین کاهش خطاها، حتی اگر هم به صورت کامل حذف نشوند، بسیار مهم است. بدین منظور چندین روش اصلاح و پردازش داده‌ها با هم ترکیب می‌شوند و خطای داده‌ها را تا حد امکان اصلاح می‌کنند [۱].

۱-۲- مفهوم تلفیق داده‌ها

تلفیق داده‌ها[۴] روشی است که با کاهش تأثیر «خطاهای تصادفی» در داده‌ها و مشروط کردن داده‌ها به پیروی از قوانین فیزیکی مانند بقای جرم[۵] موجب بهبود صحت داده‌های اندازه‌گیری شده می‌گردد. تفاوت اصلی میان این روش و سایر روش‌های پالایش[۶] داده‌ها این است که در این روش با استفاده از شرط‌های مدل فرآیند، تخمین‌های متغیرهای فرآیند به دست می‌آید که باعث اصلاح اندازه‌گیری‌ها و سازگاری تخمین‌ها در شرط‌ها می‌شود. انتظار می‌رود که داده‌های اصلاح شده و تخمین‌ها بیشتر از اندازه‌گیری‌ها صحت داشته باشند و مهم‌تر از آن، سازگاری در روابط تعریف شده بین متغیرهای فرآیند (شرط‌ها) برقرار باشد. برای مؤثر بودن تلفیق داده‌ها نباید در اندازه‌گیری‌ها و یا شرط‌های مدل فرآیند خطاهای سیستماتیک وجود داشته باشد. هم‌چنین می‌بایست داده‌ها قبل از تلفیق مورد پالایش قرار بگیرد و داده‌های دارای خطای فاحش که داده‌ی خارج از ردیف[۷] نیز نامیده می‌شوند، شناسایی شود. این داده‌ها می‌بایست در صورت امکان دوباره اندازه‌گیری شده و در غیر این صورت حذف شوند [۱].

[1] Random error
[2] Systematic error
[3] Gross error or fault
[4] Data Reconciliation (DR)
[5] Mass balance
[6] Filtering
[7] Out layer data

۱-۳- تلفیق داده‌ها در فرآوری مواد معدنی

۱-۳-۱- اهمیت تخمین صحیح اندیس‌های کارایی[1]

هدف نهایی در یک واحد فرآوری مواد معدنی یا متالورژیکی[2] ایده‌آل، نگه داشتن شرایط پیچیده‌ی کارخانه در مقادیری است که بعضی از اندیس‌های کارایی در آن بهینه باشند. این اندیس‌ها می‌توانند توسط عوامل فنی (همانند تناژ مواد با ارزش تولید شده) یا کیفیت مواد تولید شده (مانند عیار کنسانتره یا خلوص فلز) مشخص شوند. در مقیاس جهانی چون بهره‌وری، کیفیت مواد و هزینه‌های صرف شده جهت تولید در تجارت این محصولات دارای اهمیت می‌باشند، لذا اندیس‌های کارایی معمولاً به صورت اندیس‌های اقتصادی بیان می‌شوند تا تمامی این جنبه‌ها را در خود جای دهند [۲].
وقتی رژیم عملیاتی از حالت بهینه فاصله بگیرد، کارخانه زیان اقتصادی می‌بیند. توانایی نگه‌داشتن یک کارخانه یا واحد نزدیک به شرایط بهینه به تصمیم‌گیری لحظه‌ای[3] در حین انجام فرآیند بستگی دارد. برای ایجاد تصمیم‌گیری لحظه‌ای می‌توان به ایجاد سیستم‌های نظارتی[4]، بهینه‌سازهای لحظه‌ای سیستم و راهکارهای کنترل خودکار[5] اشاره نمود. نگه داشتن واحد نزدیک به شرایط کارآیی بهینه، در درجه‌ی اول به یک ارزیابی موثر[6] از اندیس کارآیی متکی است و به عبارت دیگر به مقدار واریانس کارآیی محاسبه شده وابسته است. در واقع زمانی که کارایی محاسبه شده در حدود بهینه بوده و میزان واریانس آن کم باشد می‌توان گفت که عملکرد کارخانه یا واحد بهتر است [۲].

۱-۳-۱- مشاهده‌گر در مدار فرآوری

یک مشاهده‌گر[7] عملکرد کارخانه، از اندازه‌گیری‌های موجود از متغیرهای فرآیند جهت محاسبه برخی متغیرهای دیگر استفاده می‌کند. به طور معمول در یک واحد متالورژیکی این متغیرها معمولاً دبی‌های کلی، فازها، دبی‌های فلزی، ترکیبات شیمیایی مواد، دبی‌های انرژی، دما، توان مصرفی و غیره هستند. هر کنترل کننده در یک واحد، هم‌زمان از چندین مقدار اندازه‌گیری شده و مدل استفاده می‌کند. این

[1] Performance index
[2] Mineral or Metallurgical Plant
[3] Real time decision making
[4] Supervisory systems
[5] Automatic control strategies
[6] Efficient evaluation
[7] Observer

مدل‌ها باید با مسائل معمولی که در پردازش داده‌ها مورد نیاز هستند، همانند عدم قطعیت اندازه‌گیری‌ها (که در فرآیندهای متالورژیکی زیاد است)، در دسترس نبودن اندازه‌گیری‌های برخی متغیرهای بحرانی، دانش محدود در مورد رفتار فرآیندها (به ویژه در متالورژی استخراجی یک مسأله‌ی جدی است)، اطلاعات مازاد متغیرهای اندازه‌گیری شده و دانش قبلی از فرآیند هم‌خوانی داشته باشند. از آن جایی که در صنایع متالورژیکی عدم قطعیت مدل‌ها بسیار زیاد است، معمولاً از زیر مدل‌ها[1] (که عدم قطعیت کمتری نسبت به مدل‌های اصلی دارند) به عنوان شروط استفاده می‌شود و شرط‌های انتخاب شده لزوماً قوانین بقای جرم و انرژی هستند. در متالورژی و در صنایع شیمیایی این روش‌های «مشاهده» معمولاً روش‌های «اصلاح» نامیده می‌شوند، چرا که داده‌های اندازه‌گیری شده در حسگرها با استفاده از قوانین بقای جرم یا انرژی «اصلاح» می‌شوند [۲].

۱-۳-۲- اهمیت وجود داده‌های صحیح در فرآوری مواد معدنی

تخمین حالت‌های[2] یک فرآیند پیش‌نیاز بازرسی[3] عملکرد، مدل سازی، پایش[4]، نظارت، کنترل و بهینه‌سازی آنی[5] آن فرآیند است. در هر مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی یا تمام صنعتی، قدم اول در تخمین حالت فرآیند جمع‌آوری داده‌های تجربی است. متأسفانه این یک حقیقت است که در مقیاس صنعتی و به خصوص در رشته مهندسی متالورژی و فرآوری مواد معدنی، اندازه‌گیری داده‌ها به شدت سخت است و داده‌ها اکثراً ناصحیح هستند. واحدهای فرآوری مواد اکثراً حالت چند فازی دارند و معمولاً به شدت غیر همگن هستند. این داده‌ها صحیح و کامل نیستند و نیاز است تا قبل از استفاده در کاربردهای ذکر شده در بالا، اصلاح شوند. اصطلاح معمول «اگر آشغال وارد شود، آشغال هم بیرون داده می‌شود[6]» به ویژه در این مورد صادق است. استفاده از داده‌های ضعیف همواره منجر به تولید مدل‌های ضعیف، تصمیمات ضعیف، طراحی‌های نامناسب و سیستم‌های عملیاتی ناکارآمد می‌شود. بنابراین استفاده از اطلاعات اضافی در داده‌های اندازه‌گیری شده و دانش اولیه از فرآیند منجر به تخمین‌های بهتری می‌شود [۲].

[1] Sub models
[2] States
[3] Audit
[4] Monitoring
[5] Real-time Optimization (RTO)
[6] Garbage in, Garbage out

۱-۴- هدف و اجرای پایان‌نامه

با توجه به بخش‌های قبل می‌توان به اهمیت وجود داده‌های صحیح که مبنای کارهایی مانند شبیه‌سازی[1] و بهینه‌سازی است، پی برد. لکن در بیشتر کارخانه‌های فرآوری ایران معمولاً به مسأله‌ی وجود داده‌های صحیح بی‌توجهی شده است. در بیشتر موارد کارخانه‌ها فاقد سیستم کنترلی و در نتیجه نظام پایش مدار هستند و در برخی دیگر که دارای سیستم کنترلی پیشرفته هستند، معمولاً از داده‌های خام دارای خطا به عنوان ورودی سیستم کنترلی استفاده می‌شود که نمی‌تواند نتیجه‌ی خوبی به دنبال داشته باشد.

در این پایان‌نامه به بیان اهمیت و چگونگی اجرای فرآیند تلفیق داده‌ها در یک کارخانه‌ی فرآوری پرداخته شده است. در نتیجه تمامی مراحل به دست آوردن یک مجموعه داده‌ی صحیح از یک کارخانه مورد بررسی قرار گرفته است. در این راه، برای مقایسه روش‌های مختلف و یافتن روش‌های بهتر ابتدا تمامی مراحل و روش‌های تلفیق داده‌ها که در فصل دوم به آن‌ها پرداخته خواهد شد، با یک سری داده مصنوعی و بر روی یک مدار فرضی مورد بررسی قرار گرفته و اعتبارسنجی شده است. ذکر این نکته خالی از لطف نیست که تمام روش‌های اصلاح داده‌ها تلاش دارند تا از روی داده‌های اندازه‌گیری شده به داده‌های صحیح (حقیقت) برسند، ولی از آنجایی که مقدار صحیح (حقیقت) داده‌ها معلوم نیست عملاً نمی‌توان درباره نزدیک شدن داده‌ها به حقیقت ارزیابی داشت، بلکه صرفاً می‌توان صدق تخمین‌ها در شروط مدل و نیز نزدیکی آن‌ها به داده‌های اندازه‌گیری شده را به عنوان کارایی روش اصلاح داده‌ها مورد بررسی قرار داد. لکن هنگامی که از داده‌های مصنوعی استفاده می‌شود، حقیقت از ابتدا معلوم است و نزدیک شدن تخمین‌ها به حقیقت را می‌توان سنجید؛ لذا در این پایان‌نامه تمرکز اصلی بر انجام اجرای تئوری‌های مختلف اصلاح داده‌ها بر روی داده‌های مصنوعی است. جهت نشان دادن کاربرد عملی این روش‌ها در کارخانه‌های فرآوری، بخش خردایش کارخانه‌ی فرآوری طلای زرشوران به عنوان مطالعه‌ی موردی[2] مد نظر قرار گرفته است و داده‌های به دست آمده از نمونه‌برداری این کارخانه تحت تمامی مراحل تلفیق داده‌ها قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است که انتخاب مدار خردایش این کارخانه به عنوان مطالعه‌ی موردی، به دلیل اجرای یک پایان‌نامه [۳] به

[1] Simulation
[2] Case study