

چرخه‌ای از پنج رخداد: خوردگی، انحراف فرایندی، انرژی، محیط‌زیست و هزینه‌ی تولید

محمدرضا حامدغفاریان^{*۱}

^۱ مهندس ارشد فرایندهای یوتیلیتی و تصفیه‌خانه در فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی، شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی، شرکت ملی گاز ایران، عسلویه، ایران

* نویسنده مسئول: Mohamedreza.Hamedghafarian@Gmail.Com

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۰

چکیده

ارتباط میان پنج رخداد موجود در صنایع فرایندی: خوردگی، انحراف فرایندی، انرژی، محیط‌زیست و هزینه‌ی تولید مورد بحث قرار گرفت. ارتباط معنی‌دار این پنج رخداد با یکدیگر توسعه یافت. در این میان نشان داده شد که چرا انحراف‌های فرایندی و خوردگی باید دارای بیشترین حجم اختصاص یافته برای طرح‌ریزی، تدوین استراتژی و تصمیم‌های مدیریتی خوردگی باشند. همچنین این دو رخداد از این منظر که خود عامل به وجود آمدن بسیاری دشواری‌های دیگر هستند مورد بررسی قرار گرفتند. یک نمونه‌ی صنعتی برای پرداختن به جزئیات موجود در هر رخداد ارائه شد تا نزدیکی ذهنی مناسبی به وجود آید. سپس در جریان معرفی رخدادها و ارتباط‌شان با یکدیگر، یک نمونه‌ی صنعتی دیگر برای نمایاندن آثار این رخدادها بر عملکرد کلی و نیز رخداد‌های متناظر بررسی شد.

کلیدواژه: خوردگی، انحراف فرایندی، انرژی، محیط‌زیست، هزینه‌ی تولید، مستندسازی، ارتباط رخدادها، کاهش اثر، بازرسی فنی.

Case Study

Cycle of Five Events: Corrosion, Process Deviation, Energy, Environment, and Production Cost

M. R. Hamedghafarian^{2*}

¹ Senior Process Engineer of Utilities and Wastewater Treatment Plant in Phases 20 & 21, South Pars Gas Complex, National Iranian Gas Company, Assaluyeh, Iran.

* **Corresponding Author:** Mohamedreza.Hamedghafarian@Gmail.Com

Submission: 2022, 03, 11 **Acceptance:** 2022, 06, 10

Abstract

The interrelationship between the five events in the process industries: corrosion, process deviation, energy, environment, and production cost was discussed. A significant interrelationship developed between these five events. In the meantime, it was shown why process deviations and corrosion should have the maximum volume allocated for corrosion planning, strategy edition and management decisions. These two events were also examined from the perspective that they themselves cause many other difficulties. An industrial example was provided to address the details of each event to create the clear explanation. Then, during the introduction of the events and their interrelationship with each other, another industrial example was examined to present the impacts of these events on the overall performance as well as the corresponding events.

Keywords: Corrosion, Process Deviation, Energy, Environment, Production Cost, Documentation, Events Interrelationship, Mitigation, Technical Inspection.

۱- مقدمه

در همه‌ی صنایع فرایندی، رخداد خوردگی، انحراف‌های فرایندی، انرژی، محیط‌زیست و هزینه‌ی تولید در یک ارتباط کاملاً معنی‌دار و به هم گره خورده به سر می‌برند. تلاش برای فهم بیشتر و عمیق‌تر این ارتباط به دانستن دلایل بسیاری از رخدادها و نیز حوادث پیش روی یک صنعت منجر خواهد شد. همچنین پیروی از یک چهارچوب مشخص برای بررسی نظام‌مند این پدیده‌ها می‌تواند کمک مهمی در راستای کشف ریشه(های) دشواری‌های روزمره و دنباله‌دار در صنایع فرایندی باشد که سایت‌های نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاه از جمله‌ی مهم‌ترین آن‌ها هستند [۱].

توجه به مسائل مرتبط با آن چیزی که در فرایندهای جاری در یک سایت صنعتی رخ می‌دهد یکی از اصولی‌ترین کارها در شرح وظایف متخصصان واپایش فرایند^۱ است [۲]. تقریباً هر صنعتی متناسب با نیازها و سطح حساسیت تولید به متغیرهای عملیاتی دارای سبک مشخصی از این توجه است که در این میان می‌توان به صنایع آب و فاضلاب، نیروگاه، نفت، پالایش گاز و پتروشیمی به‌عنوان شاخص‌ترین آن‌ها اشاره نمود [۷-۳]. بخشی عمده از سامانه‌ای که قرار است یک فرایند را واپایش کند، و آن را تا تولید همراهی نماید، و سپس رخدادهای آن را مورد تحلیل قرار دهد و برای هر یک چاره‌ای بیاندیشد تا تولید دستخوش تغییر در کیفیت و کمیت نشود؛ در حقیقت از اندیشه‌ی طراح اولیه‌ی فرایند به‌دستان کاربرهای فرایندها منتقل می‌شود. این شاید یک تعریف ساده و البته گویا باشد که بتوان برای شناساندن مهندس فرایند در یک صنعت مانند پالایش گاز ارائه داد. به این ترتیب از ابتدای طراحی و سپس نوشتن دستورنامه‌های مورد نیاز برای راهبری فرایندها، این شاخه از مهندسی تمام فعالیت‌هایی را در بر می‌گیرد که این مقاله در عنوان خود به آن‌ها اشاره نموده است.

در این مقاله کوشش شده است یک نگاه از رخداد خوردگی، انحراف فرایندی، انرژی، محیط‌زیست و هزینه‌ی تولید، جایگاهشان در رسیدن به کمیت و کیفیت محصول و ارتباط

آن‌ها با یکدیگر ارائه شود. در این راه ابتدا به این موضوع پرداخته شده است که چرا افزودن این نوع تحلیل به ادبیات خوردگی الزامی است؟ این کار با توصیف واپایش فرایند و پس از آن بررسی ارتباط میان رخدادها انجام شده است. در این راه یک جدول دربردارنده‌ی جزئیات مورد نیاز برای هر یک از این رخدادها ارائه شده و سپس یکی از مدخل‌های آن به صورت اختصاصی مورد ارزیابی دقیق‌تر قرار گرفته است. سپس به روش رسیدن به این نگاه و زمینه‌ی جمع‌آوری داده‌ها و روش تحلیل آن‌ها و تبدیل کردنشان به اطلاعات قابل استفاده پرداخته شده است. به منظور روشن‌تر شدن بحث و فاصله گرفتن از ارائه‌ی صرف یک نگاه از رخدادها و اثر هر یک بر یکدیگر، یک نمونه‌ی واقعی از صنعت به همراه پردازش جزئیات مورد نیاز برای تحلیل هر یک از رخدادهای مورد اشاره در این مقاله آورده شده است.

۲- واپایش فرایند

هر فرایند طراحی و نصب شده دارای ویژگی‌های مشخصی است که این ویژگی‌ها تابعیت سختگیرانه‌ای از فناوری به کار رفته در فرایند تولید، ماهیت سیالات فرایندی اولیه، میانی و در نهایت قیمت فروش محصول پایانی دارند. به منظور رسیدن و سپس حفظ کیفیت محصول، یک طرح برای پایش کیفیت ارائه می‌شود. از این رو یک مجموعه المان واپایشی مورد نیاز خواهد بود تا پایش را به درستی به انجام رساند [۸].

کمیت و کیفیت محصول یا محصولات تولیدی دو محور اساسی برای تمام فعالیت‌های موجود در حرفه‌ی مهندسی فرایند هستند. هرگاه مجموعه‌ی پایش‌ها و المان‌های پایشی متناظر با آن‌ها نشان دهند که یک فرایند در هر بخشی از خود از اهداف اولیه‌اش فاصله گرفته است، بی‌درنگ باید به دنبال ثبت یک رخداد به نام "انحراف فرایندی" بود [۹]. شناسایی این انحراف فرایندی و تمایل یا اجبار به ثبت آن، نقطه‌ی آغاز و البته اساسی در هرگونه سیر مستندسازی مؤثر در راهبری یک فرایند است [۱۰، ۱۱]. جایگاه و درجه‌ی ارزشمندی این مستندسازی‌ها

هنگامی نمایان خواهد شد که آن‌ها ابزاری برای پیش‌بینی و پیشگیری از موارد زیر قلمداد شوند:

(آ) انحراف‌های فرایندی بیشتر که سرانجام منجر به تحت تأثیر قرار گرفتن کمیت و کیفیت تولید خواهد شد [۱۲]،

(ب) رخداد پدیده‌ی خوردگی و نیز ایجاد شرایط برای توسعه‌ی بیشتر خوردگی‌های پیشین و سایت‌های فعال در سامانه،
(پ) افزایش مصرف انرژی،

(ت) روانه شدن آلودگی و یا انتشار آن به محیط زیست [۱۰ و ۱۳]،

و (ث) افزایش هزینه‌ی تولید به شکلی که فعالیت تولیدی توان رقابت نداشته باشد.

در اینجا دو پاراگراف بالا در چهارچوب یک نمونه‌ی واقعی صنعتی توصیف شده‌اند:

بخار یکی از اساسی‌ترین جانبی‌ها (یوتیلیتی‌ها) در صنایع فرایندی است. هیچ سایت نفت، گاز و پتروشیمی بدون این جانبی قادر به فعالیت نیست. آب به صورت پیوسته در حال

دریافت از سرچشمه و سپس تصفیه است. در ادامه بخار نیز به صورت پیوسته در حال تولید است. کمیت بخار تولیدی، کمیت و کیفیت محصولات پایانی برای صادرات را تضمین می‌کند.

کیفیت بخار تولیدی نیز، کمیت و کیفیت محصولات پایانی را تضمین می‌کند. از این رو نتیجه‌گیری می‌شود، وجود هر گونه انحراف فرایندی در تولید بخار، مستقیماً تولید محصولات را

برای صادرات با نوسان مواجه خواهد ساخت. از طرفی برخی از انحراف‌های فرایندی موجب تغییراتی در ویژگی‌های سیالات فرایندی می‌شوند که زمینه‌ی خوردگی در سامانه را به وجود

می‌آورند. یک انحراف فرایندی و/یا یک خوردگی نشأت گرفته از آن، هر دو، ممکن است موجب یک انتشار نامطلوب محیط‌زیستی و یا ورود آلودگی به آن شوند [۱۰ و ۱۳]، و در

ضمن مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار دهند. همچنین هر دوی

آن‌ها سرانجام منجر به یک افزایش در هزینه‌ی تولید و متناظر با آن یک زیان اقتصادی نیز خواهند شد. جدول ۱ اجزای مختلفی را که در بالا به آن‌ها اشاره شده است در خود دارد.

جدول ۱ دارای اطلاعاتی قابل دسترس و آسان است، با این وجود اختصاص یک پاراگراف برای توصیف یکی از مدخل‌های آن می‌تواند مفید باشد.

جز در فرایند: کمیت تصفیه‌ی آب.

نام فرایند اصلی: تصفیه‌ی آب (نمک‌زدایی حرارتی آب دریا).

زیر فرایند موجود: شستشوی شیمیایی.

پارامترهای فیزیکی/شیمیایی: دما، شدت جریان آب خوراک، افت فشار خوراک از افشانه‌ها، بازدهی حرارتی، GOR، شوری، رسانایی و کل جامدات محلول در آب محصول، ضخامت رسوب بر روی تیوب‌های تبخیرکننده، کلرزدایی، پتانسیل رشد سخت‌پوستان دریایی (تقاضای کلر).

انحراف فرایندی (به ترتیب پارامترها): کاهش دما، کاهش شدت جریان آب خوراک، افزایش افت فشار خوراک از افشانه‌ها، کاهش بازدهی حرارتی، کاهش ۳۵٪ برای GOR، افزایش رسانایی و TDS^۲ در آب محصول، افزایش ضخامت رسوب بر روی تیوب‌های تبخیرکننده، تزریق نامناسب ماده‌ی شیمیایی کلرزدا، افزایش رشد سخت‌پوستان دریایی (افزایش تقاضای کلر).

خوردگی: چگال شدن و ایجاد خوردگی نقطه‌ای اسیدی (کاهش دما)، تشکیل سخت‌پوستان دریایی در مسیرهای جریان آب و ایجاد خوردگی سایشی در اثر کاویتاسیون و خوردگی میکروبی (کاهش شدت جریان آب خوراک، افزایش تقاضای کلر)، خوردگی زیر رسوبی (افزایش ضخامت رسوب بر روی تیوب‌های تبخیرکننده)، خوردگی تیوب‌های تبخیرکننده ناشی از گاز کلر (تزریق نامناسب ماده‌ی شیمیایی کلرزدا).

1- Gain Output Ratio

2- Total Dissolved Solids

جدول ۱ - اجزای واپایش، پارامترها، انحراف فرایندی، خوردگی، محیط زیست، مصرف انرژی و هزینه‌ی تولید در فرایند تولید بخار در یک پالایشگاه ساحلی

مصرف انرژی و هزینه‌ی تولید	محیط زیست	خوردگی	انحراف فرایندی	پارامترهای فیزیکی / شیمیایی	زیر فرایندهای موجود	نام فرایند اصلی	اجزای واپایش و فرایند
افزایش آلان‌های مهم مصرف انرژی	آلودگی و فرسایش بیش از حد خاک، پسماندی مواد شیمیایی و آب نمک تخلیه شده به محیط زیست، انتشار گاز گلخانه‌ای، انتشار مواد شیمیایی فرار به اتمسفر	خوردگی ناشی از اکسیداسیون بیش از حد کلر، خوردگی ناشی از گاز کلر، خوردگی ناشی از تزریق ناگهانی بازدارنده، خوردگی زیر رسوبی ناشی از فاولینگ و رسوب گذاری بیش از اندازه بر روی تیوب‌های تبخیر کننده		شدت جریان، دما، سرعت جریان، نرخ خوردگی	برداشت آب یا پمپ در عمق / حوضچه‌ی تعادلی / چاه دریایی، صافش اولیه، الکتروپالیز آب شور برای تولید گندزدا	دریافت آب	کمیت دریافت آب
افزایش آلان‌های مهم مصرف انرژی	ورود آلودگی به محیط زیست ناشی از فعالیت‌های شستشوی شیمیایی، انتشار گازهای گلخانه‌ای	خوردگی سایشی، خوردگی ناشی از شستشوی شیمیایی، خوردگی زیر رسوبی، خوردگی ناشی از اکسیداسیون کلر	فاصله گرفتن از بازه‌های تعریف شده برای هر پارامتر	شدت جریان بخار، دما، فشار، ولتاژ، دما و فشار بخار، GOR	تزریق گندزدا، گازرسانی اولیه، نمک‌زدایی اولیه، تزریق بازدارنده‌ی خوردگی	تصفیه‌ی آب	کمیت تصفیه‌ی آب
افزایش آلان‌های مهم مصرف انرژی	انتشار گازهای گلخانه‌ای، ورود آلودگی به محیط زیست، ورود مواد شیمیایی به محیط زیست	خوردگی زیر رسوبی، خوردگی ناشی از اکسیداسیون کلر، خوردگی ناشی از یون کلرید		شدت جریان بخار، دما، فشار، ولتاژ، دما و فشار بخار	نرم کردن، تبادل یون، نمک‌زدایی، الکتروپالیز، تزریق بازدارنده‌ی کف، تزریق بازدارنده‌ی رسوب، تزریق گندزدا، واپایش شیمیایی	تولید بخار	کمیت تولید بخار
افزایش آلان‌های مهم مصرف انرژی	انتشار گازهای گلخانه‌ای، ورود آلودگی به محیط زیست، ورود مواد شیمیایی به محیط زیست	خوردگی زبر رسوبی، خوردگی فسفاتی، خوردگی اسیدی، خوردگی نقاط داغ، خوردگی اسیدی ناشی از هیدروکربن		شدت جریان آب خوراک، بخار و چگالی برگشتی بخار، نرخ احتراق در مشعل‌ها	احتراق، پمپاژ، جدایش فاز، شستشوی شیمیایی، واپایش شیمیایی	تولید بخار	کمیت تولید بخار
افزایش آلان‌های مهم مصرف انرژی	انتشار گازهای گلخانه‌ای، ورود آلودگی به محیط زیست، ورود مواد شیمیایی به محیط زیست	خوردگی زبر رسوبی، خوردگی فسفاتی، خوردگی اسیدی، خوردگی نقاط داغ، خوردگی اسیدی ناشی از هیدروکربن		TDS, Alkalinity, pH, EC, Ions, Hardness, T, Fe, Fe ²⁺ , Cl ⁻ , Residual phosphate.		تولید بخار	کمیت تولید بخار

۳- ارتباط میان رخدادها

تقریباً با قطعیت می‌توان گفت که هر رخدادی در یک سایت فرایندی بر تمام یا تعدادی دیگری از پارامترها اثر گذاشته، باعث وقوع یک رخداد یا مجموعه‌ای از رخدادهای جدید شده و یا بر هر یک از رخدادهای فعلی اثری با وزن مشخص می‌گذارد. آشنایی با این مفهوم در طبقه‌بندی مدل‌سازی فرایند قرار می‌گیرد که در آن از ارتباطات موجود میان رخدادهای به برهم‌کنش تعبیر می‌شود [۸]. در این بخش یک نمونه‌ی صنعتی با پرداختن به صورت محدود مورد توجه قرار گرفته است تا هدف نوشتار به روشنی ارائه گردد.

۳-۱- انحراف فرایندی

هنگامی که یک یا تعدادی از پارامترهای پایشی یک فرایند از مقادیر مقرر در طراحی فاصله بگیرند، یک انحراف فرایندی رخ داده است. همیشه معیار وجود داشتن یک فاصله از مقادیر مقرر در طراحی ملاک در نظر گرفتن فاصله به عنوان انحراف فرایندی نیست. توضیح این استناد در مقاله‌ای با رویکرد شناساندن جایگاه خوردگی در راهبری فرایندهای اندکی دشواری به همراه دارد از این رو از بحث پیرامون آن چشم‌پوشی شده است. یک سایت پالایشگاه گاز دارای شبکه‌ی توزیعی از آب سرویس و آشامیدنی است که حاصل نمک‌زدایی از آب دریاست. تولید این آب به ۴ برابر مقدار طراحی شده رسیده است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که الگوی مصرف و شمار کارکنان حاضر در سایت تغییری نکرده است و افزایش تولید که در واقع جبران افت فشار است؛ به دلیل نشتی از خطوط زیر زمینی است که در اثر رانش زمین و ایجاد شکستگی رخ داده است.

۳-۲- خوردگی

مواد ساخت انتخاب شده در یک سایت فرایندی در هماهنگی کاملی با ویژگی‌های سیالات فرایندی حاضر است. به نظر می‌رسد که اتمسفر بیرونی، دما، جامدات معلق، فشار، سرعت، غلظت، قلیائیت، وجود برخی از یون‌های ویژه، اسیدی و یا بازی بودن بخشی از مهم‌ترین پارامترهایی هستند

که مورد توجه مهندس مواد قرار می‌گیرند. بدیهی است که پس از ساخت یک سایت صنعتی بر اساس داده‌های اولیه و خوراک طراحی، در صورت فاصله گرفتن هر پارامتر از مقدار اولیه، دیگر، طراحی اولیه برای مواد ساخت دارای تداوم اعتبار نخواهد بود و باید راهکاری برای پیشگیری از به وجود آمدن خوردگی‌های احتمالی در نظر گرفت: بازگشت کامل یا کوشش در بازگشتن به طراحی پایه، برای پارامترهای راهبری فرایند، و/یا تقویت مواد ساخت فعلی برای ارتقای حداکثر تحمل در مقابل انحراف‌های فرایندی موجود.

در کنار انتخاب مواد ساخت مناسب، مجموعه‌ای از تمهیدات وجود دارد که برای واپایش خوردگی و پیشگیری از آغاز مکانیسم‌های آن کاملاً شناخته شده هستند. تزریق بازدارنده‌ی خوردگی، تزریق زیست‌کش، تثبیت سیالات فرایندی با سیرنمودن توسط انحلال جامدات محلول (نمک‌ها) که مشهورترین آن‌ها پس‌تصفیه‌ی آب نمک‌زدایی شده است [۶، ۱۴ و ۱۵]. بدیهی است که وجود هر گونه انحراف فرایندی بر روی اندازه‌ی اثربخشی این مجموعه از تمهیدات نیز سایه خواهد انداخت. در نمونه‌ی صنعتی بخش ۳-۱ همان نشتی به ظاهر ساده از یک شبکه‌ی انتقال آب صنعتی یا آشامیدنی موجب ناکارآمدی کامل بخش پس‌تصفیه‌ی آب نمک‌زدایی شده‌ی دریا شده است [۱۰]. زیرا ظرفیت پس‌تصفیه برای انتقال محلول نمک‌ها به آب نمک‌زدایی شده تنها برای ۲۵٪ از کل جریان فعلی آب طراحی شده است. همچنین غلیظ‌تر نمودن محلول نمک‌ها برای جبران افزایش شدت جریان آب با شکست روبرو شده است چرا که گذشتن از آستانه‌ی سیری محلول نمک‌ها را در پی خواهد داشت. پس‌تصفیه‌ی نامناسب باعث ایجاد خوردگی در درون خطوط لوله می‌شود. شکل ۱ خوردگی ناشی از ناپایداری آب نمک‌زدایی شده در خطوط لوله را نشان می‌دهد. شکل زیر بخشی از خط لوله‌ای را نشان می‌دهد که در آن پس‌تصفیه‌ی متناسب با شدت جریان آب نمک‌زدایی شده‌ی دریا صورت نگرفته است.

۳-۳- انرژی

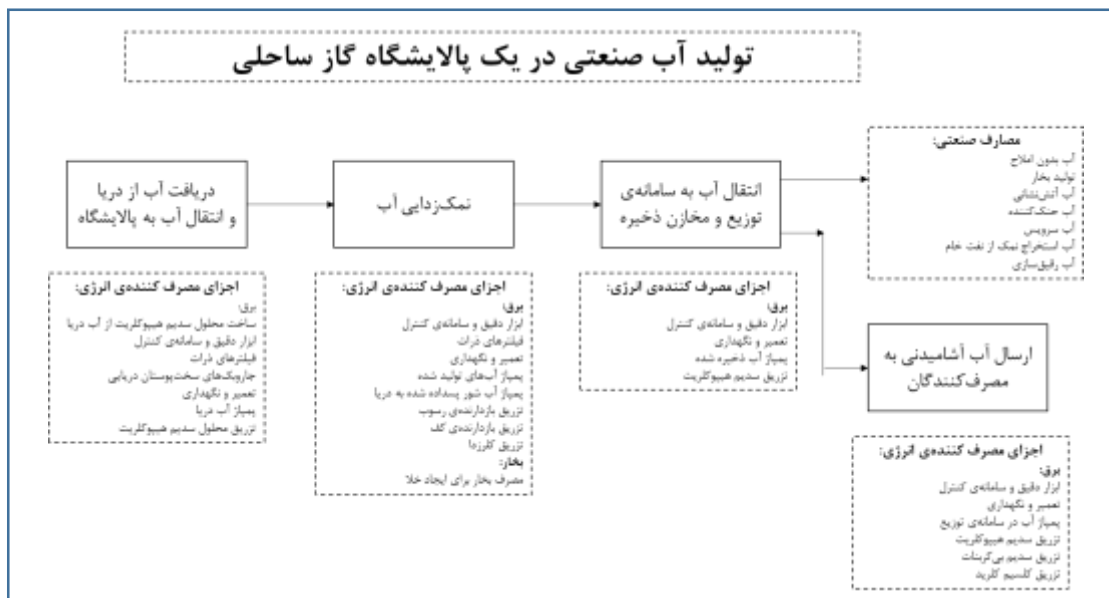
مصرف انرژی در صنایع همیشه مورد توجه بوده و تدابیر ویژه‌ای برای پایش مقدار مصرف آن در نظر گرفته می‌شود. تقریباً تمام انحراف‌های فرایندی موجود منجر به تغییر در مقدار انرژی مصرف شده می‌شوند. ارتباط میان رخداد خوردگی با انرژی نیز به این صورت توصیف می‌شود: (آ) اگر خوردگی بخشی از سامانه‌ی مورد مطالعه منجر به هدر رفت سیال فرایندی یا محصول و یا نیاز به بازگرداندن بخشی از مواد خام به ابتدای فرایند تولید شود، قطعاً مقدار مصرف انرژی را افزایش می‌دهد [۱۰]، (ب) اگر خوردگی ایجاد شده در بخشی از سامانه باعث شود که یک یا چند تجهیز در یک فرایند بزرگ‌تر در ظرفیتی پایین‌تر از ظرفیت تولید اصلی عملیات کنند، آنگاه می‌توان انتظار داشت که مصرف انرژی کاهش یابد اما این کاهش مصرف باید در مقایسه با کاهش سطح تولید مورد ارزیابی و وزن‌دهی مناسب قرار گیرد [۱۰]. به هر رو حفظ سطح تولید یک انتخاب با اولویت بالا است و

در عمل خوردگی به عنوان عاملی نامطلوب در چرخه‌ی فرایند پذیرفته نیست چه در عمل مصرف انرژی را کاهش دهد. در نمونه‌ی صنعتی آورده شده در بخش‌های ۳-۱ و ۳-۲ شدت جریان آب بیشتر در یک سامانه‌ی توزیع به معنای تولید آب بیشتر و صرف بیشتر انرژی در سامانه‌های تولید آب است.

فرایند تولید آب نمک‌زدایی شده مقدار قابل توجهی انرژی مصرف می‌کند که در نمودار ۱ به هر یک اشاره شده است. همچنین پمپاژ مقدار بیشتری از آب در شبکه نیازمند صرف انرژی بیشتری در پمپ‌های شبکه‌ی انتقال و توزیع است. پس تصفیه‌ی نامناسب منجر به خوردگی در سطوح داخلی خطوط لوله می‌شود [۱۴]. خوردگی در این بخش‌ها در شکل توسعه یافته‌ی خود در نهایت منجر به خوردگی خواهد شد. از این رو باید اثر خوردگی بر هدر رفت بیشتر آب و پیرو آن، همانطور که پیش‌تر رفت، افزایش مصرف انرژی در نظر آورده شود.



شکل ۱- خوردگی در خط لوله‌ی انتقال آب در اثر ناپایداری آب نمک‌زدایی شده‌ی دریا [10]



شکل ۲- مصرف انرژی در مسیر تولید آب صنعتی یک پالایشگاه گاز ساحلی

۳-۴- محیط‌زیست

روی‌دادن هر رخدادی در یک سایت فرایندی که یک یا تعدادی از موارد زیر در آن باشند بر روی محیط زیست دارای اثر خواهد بود:

(۱) تغییر در مقدار انرژی مصرف شده

(۲) تغییر در مقدار مصرف افزودنی‌های فرایند [۱۰]

(۳) تغییر در انتشار ناشی از فرایند به اتمسفر، ناشی به

آب و خاک [۱۰ و ۱۳]

(۴) تغییر در ترکیب درصد اجزای موجود در پساب و

پسماند حاصل از فرایند [۱۰]

به این نکته توجه شود که به صورت عمومی هر فعالیتی در یک فرایند دارای جنبه‌ها و آثاری در محیط‌زیست است [۱۳]. در این مقاله هدف پرداختن به آثار زیست محیطی ناشی از انحراف فرایندی و خوردگی است. در نمونه‌ی صنعتی آورده شده در بخش‌های ۳-۱، ۳-۲ و ۳-۳ مصرف انرژی بیشتر در ارتباط با هر یک از دو رخداد انحراف فرایندی و خوردگی، در نهایت منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر می‌شود. یعنی افزایش تولید آب نمک‌زدایی شده از دریا، افزایش تقاضای پمپ‌ها آب به شبکه‌ی توزیع و در نهایت خوردگی ایجاد شده به دلیل پس‌تصفیه‌ی نامناسب همگی

عامل افزایش انتشار گاز گلخانه‌ای هستند. دیگر اینکه تولید بخار بیشتر برای استفاده در نمک‌زدایی از آب دریا باعث مصرف بیشتر مواد شیمیایی و سپس آلودگی بیشتر ناشی از انتشار آن‌ها به اتمسفر و نفوذ به پساب خواهد شد [۱۰]. مصرف کلر در بخش پیش‌تصفیه‌ی آب دریا و ذخیره‌سازی آب نمک‌زدایی شده نیز موجب اعمال آلودگی بیشتر به جریان پساب خواهد شد.

۳-۵- هزینه‌ی تولید

هزینه‌ی تولید می‌تواند به عنوان اعتبار مالی اختصاص داده شده برای تولید واحد جرم یا حجم از یک محصول مشخص در نظر گرفته شود [۱۷ - ۱۶]. افزایش این اعتبار اختصاص یافته یک پدیده‌ی نامطلوب در تولید محصول و رقابت‌های مورد نیاز پس از آن برای فروش در بازار داخلی یا صادرات است [۱۶]. هزینه‌ی تولید می‌تواند به ازای واحد جرم یا حجم محصول تولید شده در نظر گرفته شود و یا برای کل فعالیت یک سایت فرایندی به صورت تجمعی محاسبه گردد. گاهی هزینه‌ی تولید ظاهری تغییری پیدا نمی‌کند، اما کمیت تولید محصول و یا پتانسل صادرات محصول به دلیل افت کیفیت دستخوش تغییر می‌گردد [۱۸]. از این رو لازم است که به هزینه‌ی تولید به صورت کاملاً واقع‌گرایانه نگریسته شود.

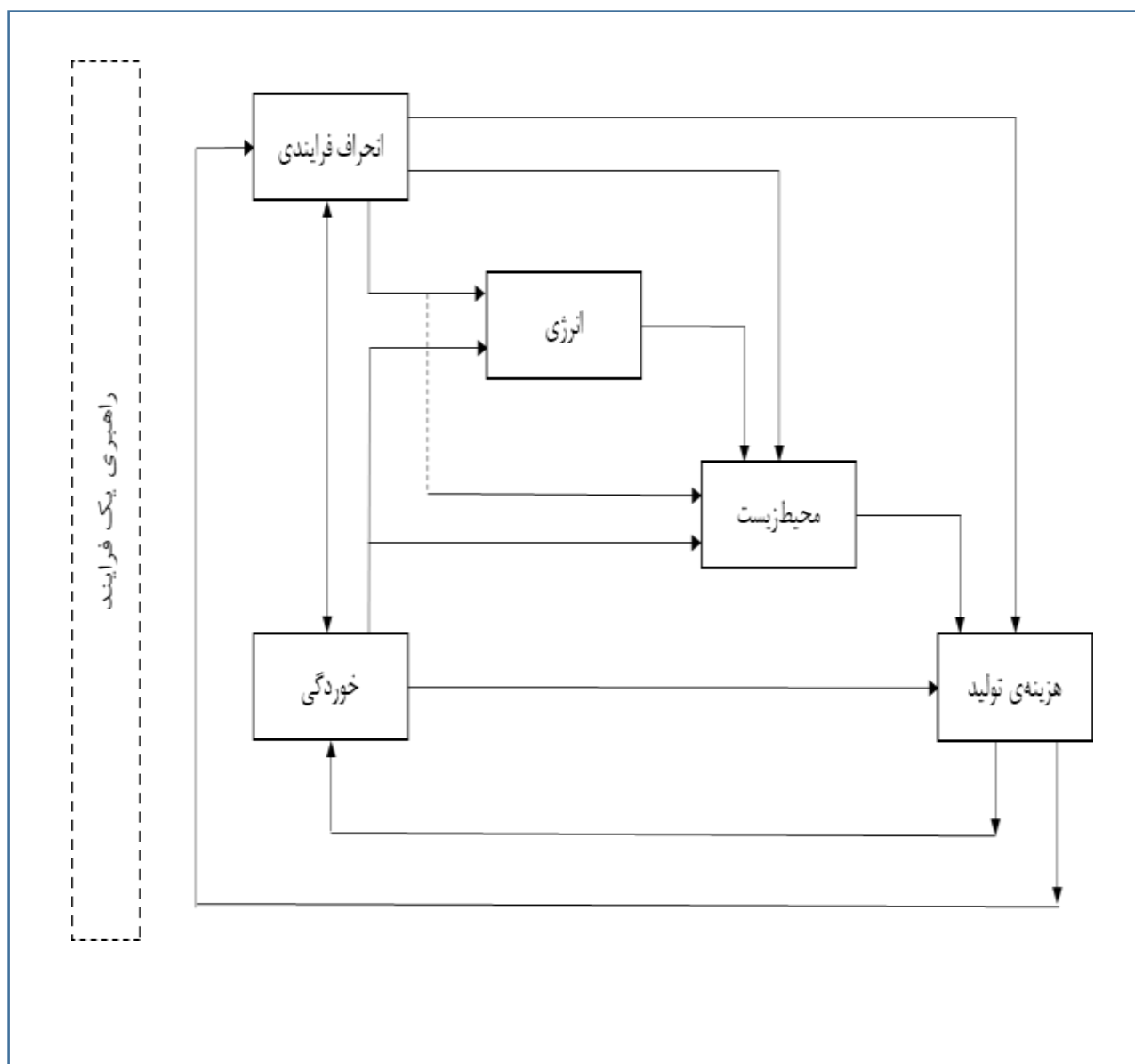
فرایندی پس از چندی رو به کاهش گذاشته و بسیاری از رخدادهای بعدی عملاً از واپایش بهنجار خارج شوند به شکلی که ارائه‌ی هر طرحی برای برون رفت از شرایط موجود تنها به عنوان یک مسکن بر انبوهی از دشواری‌ها قلمداد شود.

۴- روش جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های موجود برای نگارش این مقاله از پایش و نمودار کردن پارامترهای گوناگون در واحدهای فرایندهای جانبی و بخش آفسایت یک پالایشگاه گاز برای بیش از ۱۰۰ مورد انحراف فرایندی به دست آمده‌اند. روندنماهای به دست آمده بر اساس متغیرهای حساسیت از پایش شناسایی شده، پالایش شده و داده‌های نهایی پس از اعتبارسنجی داده‌های اولیه به دست آمده‌اند. به منظور تبدیل نمودن داده‌های پالایش شده به اطلاعات ارزشمند و طبقه‌بندی شده برای ورود به بخش تحلیل، کوشش شد تا در قالب ایجاد مدل‌های معیار برای راهبری و سپس محاسبه‌ی انحراف از هر پارامتر، توابع معنی‌داری استخراج شوند که در آن‌ها وزن هر یک از رخدادهای سرشاخه، یعنی تأثیرپذیری انرژی، خوردگی، محیط‌زیست و هزینه‌ی تولید، از انحراف فرایندی اولیه مشخص گردد. در این راه از نتایج بازرسی‌های فنی دوره‌ای، و در صورت نبود شواهد بازرسی از فاصله داشتن معیارهای مطلوب سیال فرایندی با وضعیت حال سامانه کمک گرفته شد که در مراجع معتبر علمی به آن‌ها اشاره شده است [۳، ۴، ۶ و ۱۰].

توجه به هر یک از رخدادهای اشاره شده در این بخش به روشنی نشان دهنده‌ی تأثیر منفی بر روی هزینه‌ی تولید است. جانبی‌ها مانند آب، برق و بخار بخشی‌هایی مهم از اجزای هزینه در یک سایت فرایندی هستند که در این نمونه‌ی صنعتی تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. در این مثال تأثیرگذاری بر روی اجزای هزینه به اندازه‌ای متنوع است که برای برشمردن هر یک نیاز به جدول کردن آن‌ها احساس می‌شود. از این رو جدول ۲ به تنهایی دربردارنده‌ی تمام جزئیاتی است که در بخش‌های ۳- ۱ تا ۳- ۵ به آن‌ها اشاره شده است و احتمالاً در متن نمای مناسبی نداشته‌اند.

همچنین باید توجه داشت که افزایش هزینه‌ی تولید تا جایی که صنعت مورد نظر توان رقابت در بازار را نداشته باشد دارای اثری نامطلوب و البته انحصاری در ایجاد انحراف‌های فرایندی بیشتر و خوردگی‌های حاصل از آن‌ها (یا رخدادن خوردگی و ایجاد انحراف فرایندی در اثر آن) است. هنگامی که رقابت‌پذیری کاهش می‌یابد، برای کاهش هزینه‌های جاری تولید، یک انتخاب پیش رو کاهش حجم اقدامات تعمیر و نگهداری از تجهیزات و نیز آموزش و اجرای طرح‌های اصلاحی است. کمبود در هر سه‌ی این اقدامات و کاهش کیفیت اجرای هر یک تأثیرگذار است، که معمولاً رخ می‌دهد، یک تأثیر بسیار نامطلوب بر روی ایجاد انحراف‌های فرایندی بیشتر و خوردگی‌های گسترده‌تر بگذارد که با توجه به پیوستگی این دو با دیگر رخدادهای مهم یک سایت می‌توان انتظار داشت که توان صنعت



شکل ۳ - ارتباط میان رخدادها در یک فرایند (برداشتی از نموداری بزرگتر در [۱۰])

[illegible]

نتیجه‌گیری

بررسی رخدادهای فرایندی و نیز خوردگی نشان می‌دهد یک ارتباط کاملاً روشن میان تمامی پنج رخداد مورد اشاره در این مطالعه وجود دارد. شکل ۳ نشان می‌دهد که هر گاه در مسیر پایش و سپس واپایش یک فرایند، به صورت آگاهانه یا ناآگاهانه، یک پارامتر یا مجموعه‌ای از پارامتر دستخوش تغییر گردند، آنگاه باید انتظار داشت که این انحرافات یک مجموعه رخداد دیگر را نیز به دنبال خود بیاورند. یکی از این رخدادهای به دنبال، همان پدیده‌ی خوردگی در تجهیزات است که در شدت و وسعتی غیر قابل پیش‌بینی در سامانه رخ می‌دهد. این مطالعه نشان داد که نگرش حاکم بر این رویکرد می‌تواند کمک مهمی در این محورها به راهبری فرایندها بکند:

- شناسایی نقاط آغاز پدیده‌ی خوردگی در تجهیزات (از نظر زمان سپری شده از فرایند)،
- وسعت آن (از نظر موقعیت تقریبی و دقیق قرارگیری سایت‌های متأثر شده در یک فرایند)،
- تلاش در مسیر درست برای:
- طرح‌ریزی برای کم کردن آثار آن (با بازگرداندن پارامترهای اثر گذار در راهبری فرایند به حالت بهنجار، پیش از آگاهی کامل نسبت به وضعیت داخل تجهیز و بازرسی‌های دوره‌ای)،
- حذف اثر مخرب برخی از پارامترهای فرایندی و خوردگی بر دیگر اجزای مهم سامانه مانند انرژی، محیط‌زیست و هزینه‌ی تولید،
- قطع زنجیره‌ی رخدادهای و نیز اثر گذاری منفی آن‌ها بر یکدیگر و رسیدن به شرایط پایدار در راهبری.

مراجع

- [1] <https://www.linkedin.com/pulse/troubleshooting-utilities-off-sites-processes-coastal-hamedghafarian>.
- [2] R.K. Mobley, Plant Engineer's Handbook. Ukraine: Elsevier Science, 2001.
- [3] Kurita Water Industries Ltd., 1999, Kurita Handbook of Water Treatment, 2nd ed, Japan.
- [4] Association of Water Technologies (AWT), Inc., 2001. Technical Reference and Training Manual, 2nd ed., Rockville.
- [5] BetzDearborn, Inc., 1991. Betz Handbook of Industrial Water Conditioning, 9th ed., Trevoise, Pennsylvania.
- [6] Nalco Company, 2009. The Nalco Water Handbook, 3rd ed., McGraw Hill.
- [7] G. J. Crits, 2003, Condensate Polishing: Purification Technology for Steam Power, Tall Oaks Publishing.
- [8] W. Luyben, Plantwide Dynamic Simulators in Chemical Processing and Control (Chemical Industries Book 87), CRC Press, 2002.
- [9] M. King, Statistics for Process Control Engineers: A Practical Approach, John Wiley & Sons, 2017.
- [10] R. Javaherdashti (editor), Corrosion Policy Decision Making: Science, Engineering, Management, and Economy. Wiley, 2022.
- [11] M. Hamed Ghafarian, Effective management of chemicals in side sites (process industries, oil, gas, petrochemical and power plants), Zang magazine, Vol, 18. No, 74, fall 2018.
- [12] M. Hamed Ghafarian, A. Kamali, M. Dalilkohi, M. Zamani, report on the destruction of the air cooler tube of the air compression unit in the fourth refinery of South Pars, the third international conference on heat exchangers in oil and gas industries, Tehran, Oktober 2011.
- [13] R. Javaherdashti, H. Nikraz, 2010, A Global Warning on Corrosion and Environment: A New look at Existing Technical and Managerial Strategies and Tactics, VDM Verlag.
- [14] O. Lahav, N. Voutchkov, and L. Birnhack. 2012. Post Treatment of Desalinated Water, Balaban Desalination Publications, Hopkinton.
- [15] Nalco Company, 2015. The Nalco Guide to Cooling Water Systems Failure Analysis, 2nd ed., McGraw Hill.
- [16] M. Peters, K. Timmerhaus, R. West, Plant design and economics for chemical engineers, McGraw Hill, 2003.
- [17] D.W. Green, R.H. Perry, Perry's Chemical Engineers' Handbook, Eighth Edition, McGraw Hill, 2007.
- [18] V.S. Lavier, M. J. Barsuti, D. K. Hardy, Guide to the injection of chemical substances in the unit for refinery workers, translator: Mohammadreza Hamed Ghafarian, Iran Corrosion Association Publications, 2017.