



مسئله خوردگی و اهمیت آن در صنعت، اقتصاد و آموزش مهندسی معطوف به صنعت در ایران

پرتال جامع علوم انسانی

رضا جواهر دشتی

دبیر انجمن خوردگی ایران

چکیده: خوردگی یکی از مهمترین معضلات صنعت در ایران است. برآورد شده که فقط در سال ۱۳۷۵ ضرر و زیان مستقیم اقتصادی صنایع ایران از خوردگی حدود سی برابر سرمایه گذاری دولت در بخش صنعت در همان سال بوده است. در این مقاله با مقایسه ایران و جهان از نظر مسائل مربوط به زیانهای خوردگی و سابقه علم و مهندسی خوردگی، پیشنهاداتی برای بهبود جایگاه واقعی آموزش خوردگی در نظام مهندسی ایران ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: خوردگی، زیانهای اقتصادی، زیانهای زیست محیطی، تاریخچه، مدیریت.

۱. مقدمه

یکی از واحدهایی که در بعضی از رشته‌های مهندسی بخصوص مهندسی شیمی و مهندسی متالورژی تدریس می‌گردد، خوردگی^۱ می‌باشد. این درس که از نظر ظاهر همانند دیگر دروس به نظر می‌رسد و گاه به سبب جنبه الکتروشیمی خود موجبات "زدگی" دانشجویان را فراهم می‌آورد، از اهمیت بسیار زیادی در صنعت برخوردار است. تجارب نویسنده در تدریس چندین دوره بازآموزی صنعتی مهندسين شاغل، این نکته را به او اثبات نموده که متأسفانه نه تنها در دانشگاه بلکه حتی در گوشه گوشه صنایع به جای درک اهمیت مسئله خوردگی به عنوان یک کل منسجم، فقط به گونه‌ای مقطعی به منظور حل مشکل^۲ به این رشته از علوم مهندسی پرداخته می‌شود. گرچه در بیش از سیزده دانشگاه و مرکز تحقیقاتی در ایران، به تدریس و تحقیق در مورد خوردگی پرداخته می‌شود، اما هنوز این رشته از مهندسی نه تنها در بین تحصیلکردگان بلکه در بین متخصصان نیز از شناخت کامل برخوردار نیست. امروزه برای ما تعجب‌آور نیست که بشنومیم فلان کس مهندس نرم‌افزار یا محیط زیست است اما هنوز هم قشر تحصیلکرده ما وقتی واژه "مهندسی خوردگی" را می‌شنود با نوعی سردرگمی با آن روبرو می‌شود. از طرف دیگر، دیده می‌شود که در اغلب صنایع یا از وجود مهندسان خوردگی بهره‌گیری نمی‌شود، یا آنکه کسانی که دوره تخصصی خوردگی را نگذرانیده‌اند، عهده‌دار مسئولیت خطیر حل مسائل خوردگی می‌باشند که جز اتلاف وقت، هزینه و انرژی حاصل دیگری ندارد. فارغ‌التحصیلان دانشگاهی با تخصص خوردگی نیز عموماً به دلیل عدم شناخت وضعیت موجود جامعه صنعتی در برابر مسئله خوردگی و ابعاد فاجعه‌آمیز آن، عموماً در شغل مرتبط با تخصص خود جذب نمی‌گردند. در این میان چاره چیست؟ تجارب نگارنده به او این نکته را اثبات نموده که چاره این کار "فرهنگ سازی" در بستر مهندسی در ایران و جهت دادن تحقیقات بخصوص در مقطع کارشناسی ارشد به سمت بررسی‌های موردی و حل مشکل می‌باشد. از طرف دیگر، وظیفه دانشگاه و نهادهای دانشگاهی - تحقیقاتی، معرفی هر چه بیشتر و گسترده‌تر مهندسی خوردگی به صنعت از طریق نشان دادن موارد قابل حل در صنعت توسط روشها و فنون مهندسی و علم خوردگی می‌باشد. در این مقاله به بررسی اجمالی و مقایسه علم و مهندسی خوردگی در ایران و جهان می‌پردازیم و از این لحاظ نه تنها برخی ملاحظات

تاریخی، بلکه جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی خوردگی را نیز به‌طور مشروح توضیح می‌دهیم تا دست‌اندرکاران با درک اهمیت این مسئله، کمر همت بسته و با برنامه‌ریزیهای اصولی و اجرایی، جایگاه شایسته علم و مهندسی خوردگی را در آموزشهای مهندسی در ایران به آن بازگردانند.

۲. خوردگی چیست

برای بیشتر مردم، خوردگی با مصادیق آن شناخته می‌شود، مثل زنگ زدگی قطعات آهنی^۱ یا سیاه شدن قاشقهای نقره‌ای^۲ و غیره. در واقع خوردگی همه اینها هست اما به تنهایی هیچکدام نیست. به‌طور مثال زنگ زدگی فقط به خوردگی آلیاژهای آهن اطلاق می‌شود و نه به دیگر آلیاژها. اصطلاح خوردگی در زبان فارسی و معادل آن در عربی، تأکل، هر دو ترجمه اصطلاح لاتینی هستند که به معنای "گاز گرفته شده" یا "جویده شده" می‌باشد [۱]. برای خوردگی در کتب مختلف تعاریف گوناگون ذکر گردیده، تعریف استاندارد ISO 8044 از خوردگی عبارت است از: "واکنش فیزیکی - شیمیایی بین فلز و محیط اطرافش که معمولاً دارای طبیعت الکتروشیمیایی بوده و نتیجه‌اش تغییر در خواص فلز می‌باشد. این تغییرات خواص ممکن است منجر به از دست رفتن توانایی عملکرد فلز، محیط یا سیستمی شود که این دو، قسمتی از آنرا تشکیل می‌دهند" [۱]. اگر خوردگی را میل ترمودینامیکی فلز برای بازگشت به حالت اصلی خود یعنی ترکیبات معدنی اولیه بدانیم، در واقع مبارزه با خوردگی به منظور تقلیل اثرات آن، مبارزه با طبیعت است و مثل هر مبارزه‌ای از این دست، نیازمند انرژی و هزینه است که به زبان مهندسی یعنی "بهبود روشهای طراحی، ساخت و تولید و آموزش نیروی انسانی به‌عنوان اجزاء چهارگانه فناوری".

گرچه بعضی از نویسندگان [۲] از فواید خوردگی نظیر استفاده در ساخت باطریها و غیره بحث نموده‌اند اما واقعیت آن است که خیر قلیل خوردگی نباید مانع از توجه به شرکثیر آن گردد.

۳. مثالهایی از زیانهای خوردگی

طبق روش استاندارد یولیش^۳ ضرر و زیانهای ناشی از خوردگی را می‌توان در سه گروه اصلی

۱. Rust

۲. Tarnish

۳. Uhlig

"اتلاف ماده و انرژی"، "ضررهای مستقیم و غیرمستقیم اقتصادی" و "زیانهای وارده بر محیط زیست و ایمنی" جای داد [۳]. ما نیز بر همین اساس، به بررسی مثالهایی از زیانهای خوردگی می پردازیم.

۱.۳. اتلاف ماده و انرژی

بر اساس آمارهای بین المللی، در هر ۹۰ ثانیه یک تن فولاد در اثر زنگ زدگی از بین می رود. از طرف دیگر انرژی مورد نیاز تولید یک تن فولاد نیز حدوداً معادل انرژی مصرفی یک خانواده متوسط در عرض سه ماه می باشد [۴]. یعنی به عبارت دیگر، در سطح بین المللی تقریباً هر ۶ دقیقه انرژی مصرفی سالانه یک خانواده متوسط در اثر خوردگی به هدر می رود. این در حالی است که از هر تن فولاد تولیدی، در سطح جهانی، حدوداً پنجاه درصد آن برای جایگزین شدن به جای فولادهای زنگ زده بکار می رود [۴]. به مثال دیگری توجه کنید [۳]، اگر یک لوله ۸ اینچی به طور تقریبی فاصله تهران - همدان به ضخامت ۰/۳۳۲ اینچ در مقابل خوردگی محافظت گردد، ضخامت آن می تواند به ۰/۲۵۰ اینچ تقلیل یابد که این به معنای صرفه جویی ۳۷۰۰ تن فولاد و اضافه نمودن گنجایش داخلی لوله به میزان پنج درصد خواهد بود. طبق بررسی های مؤسسه تحقیقات برق ایالات متحده [۵]، خوردگی، مسئول ۵۵ درصد خاموشیهای ناگهانی شناخته شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

رتال جامع علوم انسانی

۲.۳. خسارات اقتصادی

خسارات اقتصادی ناشی از خوردگی را می توان به دو دسته "خسارات مستقیم" و "خسارتهای غیرمستقیم" طبقه بندی نمود. از طرف دیگر، "خسارتهای غیرمستقیم" نیز شامل مواردی مانند کاهش راندمان، بدشکلی ظاهری، اتلاف محصولات و غیره می شود. لازم به ذکر است که بخش عمده خسارات ناشی از خوردگی، خسارات غیرمستقیم است که اگر در این مورد آموزش کافی وجود نداشته باشد، به تدریج این بخش از خسارات به قدری رشد خواهد کرد که هزینه ناشی از آن، ممکن است حتی هزینه ناشی از خسارات مستقیم را تحت تأثیر قرار دهد. در جدول شماره (۱) خسارتهای مستقیم اقتصادی خوردگی در سالهای مختلف در چند کشور جهان، از جمله ایران ملاحظه می گردد [۶].

جدول ۱ ضرر و زیان مستقیم خوردگی در چند کشور جهان در سالهای مختلف

کشور	سال	زیان مستقیم اقتصادی خوردگی
ایالات متحده	۱۹۴۹	۵/۵ میلیارد دلار
	۱۹۶۶	۱۰ میلیارد دلار
	۱۹۶۷	۸ میلیارد دلار
	۱۹۷۵	۷۰-۸۲ میلیارد دلار
	۱۹۷۹	۲۰۰ ± ۳۰ میلیارد دلار
	۱۹۹۴	۳۰۰ میلیارد دلار
آلمان	۱۹۶۸-۱۹۶۹	۱۹ میلیارد مارک
	۱۹۷۸	۴۵ میلیارد مارک
	۱۹۸۸	۸۵ میلیارد مارک
	۱۹۹۴	۱۱۷ میلیارد مارک
کانادا	۱۹۷۹	۱۰ میلیارد دلار
استرالیا	۱۹۷۳	۴۷۰ میلیون دلار استرالیا
بریتانیا	۱۹۷۱	۱۳۶۵ میلیون پوند
هند	دهه هفتاد میلادی *	۱ سالانه ۱ میلیون دلار
پاکستان	دهه هفتاد میلادی *	۱/۵ سالانه ۱ میلیون دلار
مصر	دهه هفتاد میلادی *	۱ سالانه ۱ میلیون دلار
ژاپن	دهه هفتاد میلادی *	۳ سالانه ۳ میلیون دلار
ایران	دهه هفتاد میلادی *	تخمیناً حداقل ۱۰ میلیون ایران ریال
	۱۳۷۳ شمسی	تخمیناً حداقل ۵۰۰۰ میلیارد ریال
	۱۳۷۵ شمسی	تخمیناً حداقل ۹۰۰۰ میلیارد ریال

* مقدار متوسط سالیانه

۱.۲.۳. مثالهایی از خسارات اقتصادی خوردگی در جهان

هزینه‌ها و خسارات ناشی از خوردگی حدود ۱ تا ۵ درصد تولید ناخالص ملی (GNP) را تشکیل

می‌دهد که در حدود ۱/۵ الی ۲۵ درصد آن (و در بسیاری حتی بیشتر از این مقدار) ممکن است با اعمال روشهای مناسب کاهش داده شود [۷]. بر اساس گزارشها [۵] فقط در سال ۱۹۹۵ میلادی ضرر و زیان کمپانی معروف شل از خوردگی چهارصد میلیون دلار بوده است و کمپانی نفت انگلیس نیز، خوردگی را مسئول به هدر رفتن شش درصد کل ارزش دارایی خالص خود اعلام نموده است. زیان صنعت نفت و برق آمریکا از خوردگی، سالانه ده میلیارد دلار گزارش شده است [۸]. بر اساس تحقیقات مؤسسه تحقیقات برق ایالات متحده [۵]، معلوم شده است که خوردگی، مسئول اضافه شدن بیش از ۱۰ درصد به هزینه‌های سالانه برق خانگی می‌باشد. ضرر و زیان سالانه صنعت چوب و کاغذ کانادا از خوردگی بالغ بر ۴۰۰ میلیون دلار می‌باشد که این هزینه، شامل مواردی از قبیل هزینه‌های ناشی از تعطیل کار، از بین رفتن محصول، تعمیرات و مانند آن نمی‌گردد و این، در حالی است که ضرر و زیان صنعت چوب و کاغذ در سطح جهانی، سالیانه سه میلیارد دلار تخمین زده می‌شود [۹]. مطالعات نشان می‌دهد [۱۰] که به‌عنوان مثال در صنایع دریایی، هزینه کنترل خوردگی یک سکوی دریایی می‌تواند تا ده درصد هزینه کل سکو برسد. برآورد شده است [۱۱] که تنها در سال ۱۹۹۳ میلادی، شصت درصد کل هزینه‌های تعمیرات و نگهداری سکوه‌ای تولید و استخراج نفت در دریای شمال (انگلستان)، مستقیماً یا غیرمستقیم به دلیل خوردگی بوده به طوری که از کل موارد مشاهده شده، ۳۵ درصد در ارتباط با خوردگی سازه‌ها، ۳۳ درصد موارد مربوط به خوردگی در سیستم فرآیند و ۲۵ درصد خوردگیها مربوط به خط لوله و تأسیسات دریایی بوده است. بر اساس گزارشهای شرکت سهامی نفت ترکیه، تقریباً هر سال در خطوط لوله مسئله خوردگی موجب تعویض لوله‌ها می‌شود، برای جایگزینی خط لوله جدید، روند تولید حداقل ۵ روز متوقف می‌شود: تعویض خط لوله توسط ماشین Work-Over Tower انجام می‌شود و هزینه‌ای معادل ۲۵۰ دلار در ساعت، به نرخهای سال ۱۹۹۲، در کنار دیگر هزینه‌ها، به سیستم مالی تحمیل می‌نماید [۱۲].

۲.۲.۳. مثالهایی از خسارتهای اقتصادی خوردگی در ایران

نشت^۱ سیالات که در اثر خوردگی حفره‌ای^۲ به وجود می‌آید، باعث می‌شود که واحدهای صنعتی

برای انجام تعمیرات برای مدتی تعطیل شوند که این عمل خسارات مالی فراوانی را به دنبال دارد: به ازای هر ۲۴ ساعت توقف در هر واحد در صنایع نفت، به طور متوسط یک میلیارد تومان خسارت وارد می شود [۱۳].

به غیر از صنایع نفت و نیرو، یکی از مهمترین صنایع دچار خوردگی، صنعت آب می باشد: همه ساله به علت پوسیدگیهای ناشی از خوردگی در شبکه آبرسانی و توزیع آب در تهران، حداقل ۳۰ درصد آبهای توزیعی - یعنی معادل حدود ۹۰۰ میلیون متر مکعب آب شهری در سال [۱۴] - در تهران [۱۵] و در استان آذربایجان شرقی حداقل ۲۰ درصد آبهای توزیعی به هدر می رود [۱۶]. این گونه خسارتها افزون بر ضرر و زیان ناشی از تعویض لوله های خورده شده می باشد. به این معنا که مثلاً در تهران، سی درصد آب تصفیه شده قبل از آنکه به دست مصرف کنندگان برسد به دلیل خوردگی در شبکه های آبرسانی اتلاف شده و به هدر می رود.

در استان آذربایجان شرقی، سالانه یکصد کیلومتر از شبکه لوله گذاری آب آشامیدنی تعویض می گردد [۱۶] که این، بار مالی سالانه ای در حدود هفتصد میلیون تومان را به سیستم مالی کشور تحمیل می کند. به دلیل کمبود منابع مالی در سال ۱۳۷۷ از مبلغ فوق الذکر فقط پانصد و پنجاه میلیون تومان اختصاص داده شده است [۱۶]. در استان کرمان، گزارش معلوم کرده است که [۱۷]: اولاً، اکثر اتفاقات شبکه آب در بخش انشعابات اتفاق می افتد، ثانیاً، در لوله های فرعی حدود هشت درصد و در انشعابات حدود بیست درصد از اتفاقات به دلیل خوردگی رخ می دهند.

از شاخصهای اقتصادی مهم برای سنجش قدرت اقتصادی (و نیز زیانهای اقتصادی)، تولید ناخالص ملی (GNP) و تولید داخلی (GDP) می باشد. همانطور که قبلاً نیز عنوان گردید، معمولاً بین یک تا پنج درصد GNP به عنوان شاخصی برای محاسبه زیان اقتصادی خوردگی در کشورهای جهان به کار می رود. حال اگر فرض کنیم که این شاخص برای صنایع ایرانی تنها چهار درصد تولید ناخالص ملی را تشکیل دهد (یعنی مقداری که حد استاندارد برای کشورهای صنعتی است [۱۸]). برای چند سال نمونه، می توان ضرر و زیان مستقیم اقتصادی خوردگی به صنایع ایران را - با فرض ثابت ماندن درصد ضرر از GNP - به شکل جدول شماره (۲) ارائه نمود، با تذکر این نکته که مقادیر GNP از گزارشهای اقتصادی مربوط استخراج شده اند [۱۹].

جدول ۲ برآورد زیان مستقیم خوردگی در صنایع ایران در چند سال نمونه [۲۰]

(ارقام به میلیارد ریال)

سال	تولید ناخالص ملی (GNP)		برآورد زیان حاصله بر حسب چهاردرصد GNP	
	به قیمت‌های جاری	به قیمت‌های ثابت ۱۳۶۱	به قیمت‌های جاری	به قیمت‌های ثابت ۱۳۶۱
۱۳۶۵	۱۸۱۰۶/۸	۱۲۰۰۰/۷	~ ۷۲۰	~ ۴۸۰
۱۳۷۰	۵۰۵۶۹/۹	۱۲۳۷۷/۹	~ ۲۰۰۰	~ ۴۹۰
۱۳۷۳	۱۲۵۳۶۶/۶	۱۳۱۶۳/۵	~ ۵۰۰۰	~ ۵۳۰
*۱۳۷۵	۲۲۹۹۲۲/۴	۱۴۵۰۶/۲	~ ۹۰۰۰	~ ۵۸۰

* برآورد بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، گزارش اقتصادی و ترازنامه سال ۱۳۷۵

اگر رقم ۸۱/۵ میلیارد دلار را برای تولید ناخالص ملی ایران در سال ۱۹۹۸ میلادی معتبر بدانیم [۲۱]، با احتساب معیار چهاردرصد و نرخ تسعیر ۵۷۰۰ ریال برای هر دلار، در سال ۱۳۷۷ شمسی، برآورد می‌کنیم که ضرر و زیان مستقیم اقتصادی ناشی از خوردگی وارده به صنایع ایران، بیش از هیجده هزار میلیارد ریال باشد، یعنی در حدود کسر بودجه دولت در آن سال، و یا بسته به نرخ تسعیر، بیش از آن. در همین رابطه، بد نیست بدانیم که [۱۹] در سال ۱۳۷۵، پرداخت از محل اعتبارات عمرانی دولت به بخش صنعت و معدن مبلغ ۵۴۶/۵ میلیارد ریال بوده است که سهم صنعت از این پرداخت، مبلغ ۳۸۵/۹ میلیارد ریال بوده است. با رجوع به رقم تقریبی خسارات خوردگی به صنایع ایران در همان سال (نهصد میلیارد تومان) می‌توان برآورد نمود که حدود سی برابر آنچه در سال ۱۳۷۵ از طرف دولت در بخش صنعت سرمایه گذاری شده، توسط خوردگی به شکل زیان انباشته، از بین رفته است. این زیان انباشته از ناحیه خوردگی ضرر و خسارتی است که به دلیل آموزش نامناسب و ناکافی خود را در مراحل نامناسب، ساخت و تولید غلط و غیراصولی، بهره‌برداری بی‌رویه و حفاظت و نگهداری ضعیف نمایان می‌سازد. برای تأکید هرچه بیشتر زیان ناشی از خوردگی در صنایع، بگذارید مسئله را از زاویه دیگری بنگریم.

بنابراین گزارش ساپکو (شرکت طراحی مهندسی و تأمین قطعات خودرو داخلی)، صنعت خودروسازی در ایران ۲/۵ درصد تولید داخلی (GDP) را به خود اختصاص می‌دهد [۲۲]. ابتدا بین GDP و GNP اقتصاد ایران، در دوره یازده ساله ۱۳۶۵-۱۳۷۵ مقایسه‌ای می‌کنیم.

جدول ۳ مقایسه GDP و GNP ایران در چند سال مختلف [۱۹]

(ارقام به میلیارد ریال)

سال	تولید ناخالص ملی (GNP)		برآورد زیان حاصله بر حسب چهاردرصد GNP	
	به قیمت‌های جاری	به قیمت‌های ثابت ۱۳۶۱	به قیمت‌های جاری	به قیمت‌های ثابت ۱۳۶۱
۱۳۶۵	۱۷۵۱۲/۶	۱۱۵۹۳/۱۱	۱۸۱۰۶/۸	۱۲۰۰۰/۷
۱۳۶۶	۲۰۶۰۵/۴	۱۱۳۷۰/۱	۲۱۲۳۱/۱	۱۱۷۲۸/۱
۱۳۶۷	۲۳۰۴۸/۲	۱۰۷۲۶/۰	۲۳۵۳۳/۸	۱۰۹۶۹/۰
۱۳۶۸	۲۷۵۶۷/۵	۱۱۱۱۱/۴	۲۸۲۲۳/۱	۱۱۴۰۶/۲
۱۳۶۹	۳۵۷۵۵/۰	۱۰۶۶۴/۹	۳۶۳۸۱/۲	۱۰۹۹۷/۵
۱۳۷۰	۴۸۶۷۲/۶	۱۱۸۲۴/۸	۵۰۵۶۹/۹	۱۲۳۷۷/۹
۱۳۷۱	۶۴۴۰۰/۸	۱۲۴۷۷/۸	۶۶۳۹۵/۹	۱۲۹۸۵/۶
۱۳۷۲	۹۳۵۱۸/۰	۱۳۰۷۱/۰	۹۱۱۲۴/۶	۱۳۳۷۰/۸
۱۳۷۳	۱۲۹۳۵۰/۸	۱۳۲۸۰/۴	۱۲۵۳۶۶/۶	۱۳۱۶۳/۵
۱۳۷۴	۱۸۰۸۰۰/۱	۱۳۸۸۴/۰	۱۷۷۰۶۵/۶	۱۳۷۱۰/۷
۱۳۷۵	۲۳۳۶۵۰/۶	۱۴۶۰۵/۰	۲۲۹۹۲۲/۴	۱۴۵۰۶/۲

با توجه به ارقام جدول شماره (۳)، دیده می‌شود که مقادیر تولید ناخالص داخلی و تولید ناخالص ملی از نظر مرتبه بزرگی، کم و بیش، مشابه هستند. حال اگر فرض کنیم [۲۲]:

۱. با توجه به مشابهت GNP و GDP در ایران، نرم چهاردرصد GNP به‌عنوان شاخص تخمین زیان حاصل از خوردگی به شکل نرم چهاردرصد GDP به‌عنوان شاخص تخمین زیان حاصل از خوردگی نیز بتواند به کار گرفته شود؛

۲. سهم صنعت خودرو در GDP ایران در سال ۱۳۷۵ نیز، همان ۲/۵ درصد باشد؛

در این صورت، سهم صنعت خودرو در تولید ناخالص داخلی سال ۱۳۷۵، به قیمت‌های جاری (با احتساب تورم) در حدود ۵۰۰۰ میلیارد ریال خواهد بود. با توجه به زیان کل صنایع کشور از خوردگی در سال ۱۳۷۵، که حدود ۹۰۰۰ میلیارد ریال تخمین زده می‌شود، به این نتیجه می‌رسیم که در سال ۱۳۷۵ در حدود ۱/۸ برابر آنچه صنعت خودرو عاید مملکت نموده، این سرمایه‌های

ملی از طریق خوردگی، اتلاف شده‌اند.

۳.۳. زیانهای ایمنی و زیست - محیطی ناشی از خوردگی

از موارد بسیار مهمی که در رابطه با خوردگی می‌توان بر شمرد مسائل مربوط به جنبه‌های ایمنی و زیست محیطی آن است. برای نمونه، خوردگی تنشی - نوعی از خوردگی در اثر عمل توأمان محیط خورنده، تنش کششی و حساسیت جنس ماده معروض به محیط خورنده - به وجود آورنده حوادث مختلفی، به طور مثال در خطوط لوله کانادا شده که شامل ۱۲ مورد ترکیدگی و ۱۰ مورد نشی در لوله‌های نفت و گاز (با پوشش نوارهای پلی اتیلین) بوده است [۲۳]. درصد بسیاری از این آسیبها را می‌توان پیشگیری نمود و با اعمال مدیریت ریسک و عنایت به قانون ۸۰-۲۰ (حدود هشتاد درصد اتفاقات خطرناک در بیست درصد تأسیسات اتفاق می‌افتد [۲۴]) به همراه اصول مدیریت خوردگی [۲۷-۲۵] منطبق با استانداردهای ایزو ۱۴۰۰۰ [۲۸]، می‌توان از اتلاف جان و مال و وارد آمدن زیان و خساتهای شدید به محیط زیست جلوگیری نمود.

در جدول شماره (۴) برخی از خسارات ایمنی و زیست محیطی ناشی از خوردگی در کشورهای مختلف ارائه می‌گردد [۶].

جدول ۴ بعضی از نتایج زیست - محیطی خوردگی

سال	محل	حادثه	دلیل احتمالی	نتایج
۱۹۶۷	آمریکا	غرق کشتی	خوردگی حفره‌ای در ته کشتی	انهدام کشتی
۱۹۷۰	حوزه نفتی دریای شمال	انهدام سکوهای نفتی	خوردگی تنشی	خسارات هنگفت مالی و جانی
؟	رودخانه اوهایو در ایالات متحده	تخریب و سقوط پل روی رودخانه	خوردگی تنشی	کشته شدن چهل انسان و وارد آمدن میلیونها دلار خسارت هنگفت مالی
۱۹۷۴	فلکس برو	انفجار راکتورهای بدنه فولادی (فولاد کربنی ساده) به ضخامت ۱۲/۳ میلیمتر با پوشش فولاد ضدزنگ به ضخامت ۳ میلیمتر	خوردگی تنشی	کشته و مجروح شدن تعدادی کثیر و وارد آمدن خسارات هنگفت مالی

ادامه جدول ۴ بعضی از نتایج زیست - محیطی خوردگی

؟	نیروگاه هنکلی	انهدام توربین بخاری و تخریب ژنراتور	شکست ترد خودبه خودی ناشی از خوردگی تنشی در یکی از دیسکهای توربین از جنس فولاد ۳ درصد کروم و ۵/۰ درصد مولیبدن که تحت عملیات سریع و بازپخت قرار گرفته بود.	خسارات هنگفت مالی
۱۹۸۵	سوئیس	فروریختن سقف ۲۰۰ تنی بتنی سالن یک استخر سرپوشیده	خوردگی تنشی در میله‌های ساخته شده از فولاد ضدزنگ نگهدارنده سقف در اثر وجود یون کلر در فضای سالن	کشته شدن ۱۲ نفر و مجروح شدن تعدادی دیگر
۱۹۹۶	بلغارستان	آتش سوزی	نشت خطوط گاز مایع LGP در یک پالایشگاه	سه نفر از کارکنان پالایشگاه کشته و ۹ نفر نیز دچار سوختگی شدید شدند.
۱۹۹۷	کانادا	آلودگی محیط زیستی	نشت ۳۵ هزار لیتر نفت از خطوط لوله معیوب متعلق به شرکت Mobil Oil	نشت این مقدار نفت در عرض یک شب باعث آلودگی بسیار زیاد زیست محیطی در منطقه گردید
۱۹۹۷	روسیه	آلودگی محیط زیستی	نشت ۱۲۰۰ تن نفت از یک خط لوله معیوب	در حدود ۴۰۰ تن از این نفت به رود ولگا وارد شد. برای جلوگیری از پیشرفت آلودگی یک سد اضطراری بر روی رودخانه احداث گردید.

۴. وضعیت خوردگی به عنوان علم و مهندسی در جهان و ایران (۱، ۲۹، ۳۰ و ۳۱) مطالعات تاریخی، این نکته را آشکار ساخته که احتمالاً اولین سند مکتوب در باره زنگ زدگی مطالبی باشد که پلینی فیلسوف و دانشمند بزرگ یونانی (۷۹-۲۳ میلادی) در باره ادوات جنگی

ساخته شده از آهن و زنگ زدگی آن برای امپراطور معاصر خود نگاشت. همفری دیوی، دانشمند بزرگ انگلیسی به بررسی اصول خوردگی در اثر تماس فلزات غیرهمنام (= خوردگی گالوانیکی) پرداخته و نتایج آزمایشهای خود در باره چگونگی حفاظت کاتدی بدنه کشتیها با نصب آندهای فداشونده را در سال ۱۸۲۴ میلادی منتشر ساخت. اقدامات این دانشمند پایه‌های علمی و اجرایی حفاظت کاتدی را به وجود آورد و سبب توسعه و گسترش کاربرد آهن گالوانیزه گردید. مایکل فارادی دانشمند دیگر نامدار انگلیسی در سالهای ۴۰-۱۸۳۰ میلادی رابطه بین فعالیتهای شیمیایی و جریانات الکتریکی (نسبت به مقدار فلز حل شده و جریان برق) را کشف نمود و با اعلام این مطلب که انحلال فلزات ماهیت الکتروشیمیایی دارد، قدم بزرگی در شناخت خوردگی و ماهیت آن برداشت (جالب است در اینجا به این نکته اشاره کنیم که اولین قدمها در راه شناخت خوردگی میکروبی - نوعی از خوردگی الکتروشیمیایی متأثر از فعالیتهای متابولیکی میکروارگانیسمهای خاص - نیز در همین سالها یعنی سالهای میانی قرن نوزدهم برداشت شد). مطالعات و بررسیهای سازماندهی شده جهت بررسیهای خوردگی اولین بار توسط "انجمن ترویج علوم بریتانیا" در سالهای دهه ۱۸۳۰ میلادی صورت گرفت. نتایج قسمتی از این تحقیقات که برای مطالعه خوردگی آهن و چدن بود در سالهای ۱۸۳۸ تا ۱۸۴۳ میلادی منتشر گردید. در سال ۱۸۴۷ میلادی، ریچارد آدی^۱ نشان داد که خوردگی ناشی از اثر اکسیژن بر روی آهن و در معرض سیالی در حال حرکت، سبب ایجاد جریان الکتریکی می‌شود. بعد از این سالها، مشعل این علم به قاره جدید منتقل شد و در ایالات متحده در سال ۱۹۰۳ میلادی پرفسور ویتنی نتایج مطالعات خود را به صورت مقاله‌ای کلاسیک تحت عنوان "ماهیت الکتروشیمیایی خوردگی" منتشر نمود که اصول علمی پدیده خوردگی را توضیح می‌داد.

تعلیم و آموزش رسمی در باره خوردگی اولین بار در آمریکا و در سال ۱۹۰۳ میلادی تحت عنوان "مقاومت شیمیایی مواد" توسط پرفسور واکر آغاز شد. این دانشمند در پیگیری فعالیتهای پرفسور ویتنی، آزمایشگاه شیمی کاربردی را تأسیس نمود. در سال ۱۹۱۲ میلادی عنوان موضوع به "مواد ساختمانی"^۲ تغییر نمود و توسط پرفسور لوئیس تدریس آن انجام شد. در سال ۱۹۲۲ میلادی در انستیتوی تکنولوژی ماساچوست (MIT) برای اولین بار این موضوع تحت

عنوان خوردگی^۱ توسط پروفیسور ویتمن تدریس شد و سپس در سال ۱۹۳۱ میلادی پروفیسور ویلیامز از اعضاء دانشکده متالورژی این دانشگاه تدریس موضوع "خوردگی و آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت" را شروع نمود که تا سال ۱۹۴۲ میلادی ادامه یافت. از سال ۱۹۳۸ میلادی پروفیسور اوهلش ارئه درس قبلی پروفیسور ویتمن را پی گرفت که پس از یک دوره فترت در طی جنگ جهانی دوم، مجدداً از سر گرفته شد و تا به حال نیز توسط شاگردان و همکاران ایشان ادامه دارد. همگام با پیشرفتهای علمی در تبیین هرچه بیشتر اصول خوردگی، در سال ۱۹۵۶ میلادی در "انجمن آمریکایی آزمایش و مواد" (ASTM) کمیته‌ای جهت هماهنگی و اجرای آزمایشهای مخصوص خوردگی تشکیل شد که همزمان با شروع این اقدامات، سازمانهای دیگری نیز فعالیتهای خود را در زمینه بررسی مسائل خوردگی و چگونگی تدوین راههای جلوگیری یا کنترل آن آغاز نمودند. از بین پیشگامان در مطالعه اثرات خوردگی "کمیته آمریکایی الکترولیز" را می توان نام برد که اولین گزارش خود را در سال ۱۹۱۶ میلادی منتشر نمود. این کمیته که متشکل از نمایندگان ارگانهایی مانند:

- انستیتو آمریکایی مهندسين برق (AIEE)

- انجمن آمریکایی برق (AEA)

- انجمن آمریکایی مهندسی راه آهن (AREA)

- دفتر ملی استانداردها (NBS)

و عده‌ای دیگر از سازمانها بود، فعالیتهای خود را بیشتر بر روی مسائل جدی و بسیار خطرناک ناشی از جریانات سرگردان^۲ که متوجه لوله‌ها و تأسیسات فلزی و کابل‌های مخابرات در زیرزمین می‌شد، متمرکز ساخت. به موازات این پیشرفتها، در انگلستان "کمیته خوردگی انستیتوی آهن و فولاد" اولین گزارش خود را در سال ۱۹۳۱ میلادی و ششمین گزارش خود را در سال ۱۹۵۹ میلادی منتشر نمود. در سال ۱۹۳۸ میلادی "کمیته آمریکایی هماهنگی برای مسئله خوردگی" با شرکت نمایندگان ۱۷ سازمان و انجمن فنی تشکیل گردید. این گروه که هدف آن هماهنگ‌سازی فعالیتهای سازمانها و انجمنهای مختلف و جلوگیری از دوباره کاریها و پراکندگی اقدامات بود در سال ۱۹۸۴ میلادی در سازمانی به نام "انجمن ملی مهندسين خوردگی" (NACE) ادغام گردید. در

آمریکا، علاوه بر انجمن NACE که فعالیتهایش منحصرأ بر روی خوردگی و روشهای کنترل آن متمرکز است تشکیلات و سازمانهای علمی - مهندسی زیادی به صورت دولتی و تجاری در زمینه خوردگی به فعالیت اشتغال دارند که از آن میان می توان:

- انجمن آمریکایی فلزات (ASM)

- انجمن آمریکایی آزمایش و مواد (ASTM)

- انجمن شیمی آمریکا

- انجمن الکتروشیمی

و از ارگانهای دولتی این کشور که در مورد خوردگی فعالند، می توان "دفتر ملی استانداردها" (NBS) را نام برد که فعالیتهای خود را بر روی مسائل مربوط به خوردگی و روشهای کنترل یا جلوگیری از آن از سال ۱۹۲۲ میلادی آغاز نموده است. همچنین تشکیلات دولتی دیگری که اغلب در اختیار سرویسهای نظامی می باشد نظیر:

- کمیسیون انرژی اتمی

- مدیریت فدرال مسکن

- سازمان ملی هوا و فضا (ناسا)

و نیز عده ای از دواير و ادارات داخلی در سازمانها و تشکیلات گوناگون، به مطالعه و بررسی مسائل مربوط به خوردگی و کنترل آن مشغولند.

در شوروی سابق پروفیسور توماشف و پروفیسور چرنوا از پیشگامان و پایه گذاران تحقیقات خوردگی بوده اند. توماشف که ریاست آزمایشگاه خوردگی فلزات در انستیتوی شیمی - فیزیک مسکو را عهده دار بوده مطالعات بسیار ارزشمندی در باره روئین سازی^۱ فلزات، رفتارهای الکتروشیمیایی و خوردگی فولادها و مانند آن انجام داده است. در آلمان نیز بررسیهای وسیع در این زمینه در مجله ای به نام *Korrosion und Metall Schutz* قبل از جنگ جهانی دوم منتشر می گردید که در سالهای جنگ انتشار جهانی آن متوقف گردید، ولی بعد از آن با نام جدید *Werkstoffe und Korrosion* فعالیتهای خود را مجدداً ادامه داد و اینک نیز یکی از معتبرترین مجلات علمی دنیا در این زمینه می باشد.

از سال ۱۹۴۵ میلادی دو مجله معتبر خوردگی یعنی Corrosion و Materials Performance (MP) از طرف NACE آمریکا منتشر شد. هم‌اینک در دنیا بیش از ۱۷ مجله تخصصی خوردگی به زبانهای اصلی انگلیسی، آلمانی، روسی و ژاپنی منتشر می‌شوند و تقریباً هر ساله در سراسر دنیا دهها کنگره و کنفرانس تخصصی خوردگی برگزار می‌شود که در آن محققان با عرضه دستاوردهای خود به باروری هرچه بیشتر این رشته از علوم مهندسی کمک می‌نمایند.

و اما در ایران، تدریس خوردگی به صورت درسی مستقل و تحت عنوان "خوردگی" از سال ۱۳۴۸ شمسی توسط مهندس رحیم زمانیان (از اعضاء مؤسس انجمن خوردگی و عهده‌دار ریاست آن در دو دوره) در دانشگاه صنعتی شریف آغاز شد که همزمان با آن اولین آزمایشگاه نیز دایر گردید. پس از تشکیل ستاد انقلاب فرهنگی و بازگشایی دانشگاهها در سال ۱۳۶۲، تدریس خوردگی در برنامه درسی رشته‌های مهندسی شیمی و متالورژی کلیه دانشگاهها گنجانده شد. در رابطه با تأکید بر اهمیت مسئله خوردگی، در قبل و بعد از انقلاب، کنگره‌ها، سمینارها و گردهماییهای در مراکز دانشگاهی، تحقیقاتی و صنعتی کشور تشکیل گردید تا اینکه در سال ۱۳۶۵ در دانشکده فنی دانشگاه تهران برنامه‌ریزی معینی به صورت برپایی کنگره‌های ملی خوردگی به شکل دوسالانه صورت گرفت. به دنبال آن، اولین کنگره ملی خوردگی در سال ۱۳۶۷، دومین کنگره در سال ۱۳۶۹، سومین کنگره در سال ۱۳۷۲ در دانشکده فنی دانشگاه تهران، چهارمین کنگره در سال ۱۳۷۴ در دانشکده مهندسی دانشگاه صنعتی اصفهان، پنجمین کنگره در سال ۱۳۷۶ در دانشکده مهندسی متالورژی دانشگاه صنعتی شریف و ششمین کنگره ملی خوردگی در سال ۱۳۷۸ در دانشگاه صنعتی امیرکبیر برگزار شد.

در سال ۱۳۷۱ اقدامات رسمی جهت تأسیس "انجمن خوردگی ایران" به عمل آمد به طوری که در آبانماه همان سال اولین مجمع عمومی تشکیل و اولین هیئت مدیره انجمن انتخاب شد. انجمن خوردگی ایران تا قبل از سال ۱۳۷۱ به طور غیررسمی و از آن سال به بعد به طور رسمی با همکاری دانشگاهها برگزارکننده کنگره‌های ملی خوردگی بوده است. از دیگر فعالیتهای این انجمن علاوه بر انتشار خبرنامه، برگزاری سمینارها و دوره‌های آموزشی در مراکز صنعتی را می‌توان نام برد. علاوه بر انجمن خوردگی ایران، بعضی از مهمترین مراکز آموزشی - تحقیقاتی که در زمینه خوردگی در ایران فعال هستند عبارتند از:

۱. پژوهشگاه صنعت نفت
۲. بخش پژوهش شرکت صنایع پتروشیمی
۳. آموزشکده نفت اصفهان
۴. مرکز تحقیقات نیرو
۵. دانشکده مهندسی متالورژی دانشگاه صنعتی شریف
۶. دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان
۷. دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۸. دانشکده مهندسی مواد دانشگاه فردوسی مشهد
۹. مرکز علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
۱۰. دانشکده مهندسی مواد دانشگاه شهید باهنر کرمان
۱۱. دانشکده فنی دانشگاه شیراز
۱۲. دانشکده فنی دانشگاه تهران
۱۳. دانشگاه شهید چمران اهواز

جدول ۵ مقایسه وضعیت علم و مهندسی خوردگی در ایران و جهان

ایران	جهان
مطالعه منظم در مورد خوردگی	دهه اول قرن نوزدهم، مشخصاً در سال ۱۸۲۴ با آزمایشات همفری دیوی در مورد خوردگی گالوانیکی، حفاظت کاتدی، ...
دهه چهل شمسی، همزمان با ایجاد اولین آزمایشگاه خوردگی	تدریس درسی مستقل تحت عنوان خوردگی در انستیتوی تکنولوژی ماساچوست
سال ۱۳۴۶ شمسی توسط مهندس رحیم زمانیان در دانشگاه صنعتی شریف	سال ۱۹۲۲ میلادی توسط پروفیسور واکر
سال ۱۳۷۱ شمسی، انجمن خوردگی ایران	تشکیل انجمن حرفه‌ای در مورد خوردگی خوردگی (NACE)
-	بیش از ۱۷ مجله به زبانهای اصلی انگلیسی، آلمانی، روسی و ژاپنی

بعلاوہ، باید خاطر نشان کرد کہ تا آنجا کہ نگارندہ اطلاع دارد، در حال حاضر انجمن خوردگی ایران تنها انجمن علمی است کہ در شهرستانها (از جملہ اهواز و اصفہان) دارای شعب فعال می باشد. البتہ در سالہای اخیر بہ برکت افزایش نسبی آگاہی در مورد خوردگی و خطرات بالقوہ و بالفعل آن، دیگر دانشگاهها و مؤسسات تحقیقاتی نیز بہ ایجاد و فعال نمودن واحدهای تحقیقاتی در بارہ خوردگی پرداختہ اند کہ البتہ باید اذعان نمود ہنوز تا کمال نسبی، راہ درازی در پیش است. همان طور کہ ملاحظہ می شود، علم و مہندسی خوردگی و بہ تبع آن ارگانہا و نہادہای مرتبط با آن در جہان از قدمتی نسبتاً طولانی برخوردارند. در جدول شمارہ (۵) بہ مقایسہ برخی از اینگونہ موارد در ایران و جہان پرداختہ شدہ است.

۵. جایگاہ خوردگی در آموزش مہندسی در ایران باید چگونہ باشد؟

در بخشہای ۳ و ۴ این نوشتہ، تا حدودی بہ تفصیل، بہ ارائہ آمار و اطلاعات پرداختیم و سعی کردیم کہ نشان دہیم:

۱. مسئلہ خوردگی و سہم آن در صنایع کشور بہ ہیچ وجہ موضوعی نیست کہ بتوان آن را نادیدہ گرفت. با توجہ بہ اینکہ محاسبات روی کاغذ اثبات می کنند کہ حداقل زیان وارد بہ صنایع کشور از این بابت، سالانہ حداقل سی برابر سہم سرمایہ گذاری دولت در بخش صنعت است، پس در عمل با فاجعہای روبرو ہستیم کہ بہ تدریج سرمایہ های ما را می بلعد و آنها را مصروف ہزینہ هایی می کند کہ بعضی اثرات آن در درازمدت، شکنندگی سرمایہ گذاریہای صنعتی، پایین بودن نسبی حاشیہ سود بہ دلیل تحمیل ہزینہ های غیر ضروری و تقلیل کیفیت می باشد.

۲. از نظر علم و مہندسی خوردگی نسبت بہ نرمہای استاندارد، وضعیت چندان مطلوبی نداریم و لازم است با عنایت بہ این حقیقت بہ بررسی دوبارہ برنامہ های آموزشی مہندسی پردازیم.

اما در اینجا این نکتہ مہم مطرح می شود کہ راہکارها (یا راہکارہای) اجرایی در این مورد چیست و چگونہ باید برنامہ ریزی نمود تا بتوان اہمیت مسئلہ خوردگی را در حد شایستہ معرفی نمود.

در حال حاضر، در ایران علم و مہندسی خوردگی در گرایشہای شیمی (مہندسی شیمی) و متالورژی تدریس می گردد. این در حالی است کہ تمامی رشتہ های مہندسی (اعم از گرایشہای ریختہ گری، شکل دادن فلزات، جوشکاری، مہندسی مواد، گرایشہای مختلف مہندسی مکانیک،

(...) به روشهای "ساختن" می‌اندیشند در حالی که مهندسی خوردگی به روشها و راههای حفاظت در مقابل "تخریب" می‌اندیشد. از طرف دیگر برنامه‌های مدیریت انرژی - بر حسب احساس نیاز یا به پیروی از مدهای جهانی و در هر حال مشکور و مورد نیاز - توسط سازمانها و وزارتخانه‌های مختلف حمایت می‌شوند، اما کسی به اهمیت مدیریت ماده - استفاده بهینه از مواد از طریق مبارزه با خوردگی - عنایتی نمی‌کند و "صاحب‌عزا" در این میان کسی جز چند استاد دلسوخته دانشگاه و از نظر اجرایی و هماهنگی فعالیتها، نهادی جز انجمن خوردگی ایران نیست. در ابتدا باید "چشمها را شست" و "جور دیگری باید دید". آموزش مهندسی معطوف به صنعت در وهله اول بر اساس احساس نیاز از جانب صنعت به وجود می‌آید و سپس برنامه‌ریزیهای دوره‌های کارشناسی و بالاتر انجام می‌گیرد. در مورد خوردگی، ابتدا باید با همکاری وزارتخانه‌های مرتبط، برنامه‌ای فراگیر جهت به دست آوردن آمار مستند در مورد ابعاد فاجعه خوردگی در زندگی صنعتی به دست آورد و با الهام‌گیری از نیازهای واقعی صنعتی، به برنامه‌ریزی ایجاد رشته "مهندسی خوردگی" به عنوان رشته‌ای مستقل دست یازید. در کنار آن، با همفکری با متخصصان دیگر رشته‌ها، دروس خوردگی مرتبط با رشته تحصیلی در سطوح کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا در هر رشته مهندسی باید تعریف شوند. خوردگی و انواع آن - به خصوص نوع کمتر شناخته شده آن یعنی خوردگی میکروبی [۳۲] - در تمامی رشته‌های صنعتی وجود دارند و ایجاد مشکل می‌کنند، از صنعت هواپیمایی گرفته تا آب و فاضلاب و از ساختمان‌سازی گرفته تا جوشکاری‌های صنعتی، بدیهی است هدف اصلی چنین برنامه‌ای باید عبارت باشد از تربیت مهندسانی که علاوه بر داشتن معلومات نظری از خوردگی، بتوانند اینگونه موارد را در صنعت خود حداقل "تشخیص" بدهند و برای یافتن چاره به متخصصان کار مراجعه نمایند. جزئیات دروس و دیگر موارد مربوط را می‌توان، همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، با همفکری استادان مربوط تنظیم و تدوین نمود، مشکل اصلی، تعریف بستر مناسب برای درک اهمیت واقعی مسئله خوردگی در تمامی رشته‌های صنعتی و حوزه‌های مهندسی است که با الهام‌گرفتن از مشکلات واقعی صنعت ایران تدوین و تنظیم شده باشد.

۶. نتیجه‌گیری

خوردگی یکی از مهمترین معضلات صنعت می‌باشد. برآورد شده که فقط در سال ۱۳۷۵ ضرر و زیان مستقیم اقتصادی صنایع ایران از خوردگی حدود سی برابر سرمایه‌گذاری دولت در بخش

صنعت در همان سال باشد. از نظر علم و مهندسی خوردگی، ایران در مقایسه با جهان دارای فاصله بسیار زیادی است که بالطبع این فاصله در زیانهای ناشی از خوردگی در صنایع منعکس می شود. در این مقاله با ذکر تفصیلی تاریخچه علم و مهندسی خوردگی در ایران و جهان و نیز زیانهای خوردگی از نظر اتلاف ماده و انرژی، زیانهای مستقیم و غیرمستقیم اقتصادی و مسائل زیست محیطی و ایمنی ناشی از خوردگی سعی شده به اهمیت غیرقابل انکار آن در صنعت اشاره شود. سپس به منظور بهبود جایگاه واقعی آموزش خوردگی در نظام مهندسی ایران پیشنهاد شد:

۱. هرگونه برنامه ریزی تدریس و آموزش در این مورد باید با الهام از نیازهای واقعی صنایع ایران باشد. راهکار چنین هدفی به دست آوردن آمار مستند در حوزه های صنعتی ایران با انجام هماهنگیهای لازم می باشد.

۲. در تمامی دانشگاههای ایران، رشته مستقل مهندسی خوردگی تعریف شود، زیرا بر خلاف تمامی رشته های مهندسی که به روشهای "ساختن" می پردازند مهندسی خوردگی به روشهای پیشگیری و مقابله با "تخریب" می پردازد و لذا از نظر موضوعی تفاوت بنیادی با بسیاری از آموزه های مهندسی دارد.

۳. برای تمامی رشته های مهندسی در ایران در سطوح کارشناسی و بالاتر با همفکری با متخصصان دانشگاهی و صنعتی هر رشته دروس و واحدهای مربوط به علم و مهندسی خوردگی تدوین، تنظیم و تدریس شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

تأسیس ۱۳۰۲ هجری قمری
تأسیس ۱۳۰۲ هجری قمری

مراجع

1. E. Mattson, Basic Corrosion Technology for Scientists and Engineers, Ellis Horwood, Publishers, 1989.
۲. سیدرضی، سیدمحمد، کنترل خوردگی در صنایع، چاپ دوم، انجمن خوردگی ایران، ۱۳۷۶.
3. Herbert H. Uhlig, Corrosion and Corrosion Control, 2nd edition, John Wiley and Sons Inc. 1971.
4. Materials Performance (MP), Vol. 36, No. 7, pp. 68, July 1997.
5. W.M. Cox, Integrated Managment of plant Equipment

۶. جواهر دشتی، رضا، نگاهی به معضل خوردگی از دریچه آمار و ارقام، مجموعه مقالات ششمین کنگره ملی خوردگی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، خرداد ۱۳۷۸.

۷. زمانیان، رحیم، خوردگی و اهمیت آن، مجموعه مقالات اولین کنگره ملی خوردگی، دانشگاه تهران، آبان ۱۳۶۷.

8. , MP, Vol. 37, No. 11, November 1998.

9. G. Rodden, Closure and Corrosion, Pulp & Paper, Canada, Vol. 99, No. 5, pp. 17, May 1998.

۱۰. ویلیام گراف، مقدمه‌ای بر سازه‌های دریایی، ترجمه سهیل مهری و علی اکبر گل‌افشانی، وزارت نفت، ۱۳۶۵.

11. Paolo Cavassi, Massimo Cornago and Roberto Malfanti, Corrosion Cost Impact on the Oil & Gas Production Industry, Protective Coatings Europe, Vol. 3, No. 10, October 1998.

12. Reza Javaherdashti, "Corrosion of N-80 Steel in an Environmental Containing Sulphate-reducing Bacteria", M.Sc. Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 1993.

۱۳. روش جدید رفع نشت سیالات بدون توقف تولید، جستار، نشریه خبری انجمن مهندسين شیمی ایران، سال سوم، شماره سیزدهم، اردیبهشت ۱۳۷۸.

۱۴. نکته‌هایی از سخنرانی دکتر سیدآهنگ کوثر مبتکر طرح‌های آبخوان داری در جهاد سازندگی، هفته نامه باور، شماره ۲۶، صفحه ۸، ۲۳ تیرماه ۱۳۷۵.

۱۵. حسینیان، سیدمرتضی - میرصادقی، جواد، خوردگی و کنترل آن در لوله‌های آبرسانی، آب و محیط زیست، شماره ۲۸، تیرماه ۱۳۷۷.

۱۶. میزان پرت آب در آذربایجان شرقی به‌طور متوسط ۲۰ درصد است، روزنامه جمهوری اسلامی، سال بیستم، شنبه ۲۸ شهریور ۱۳۷۷.

۱۷. تربتی، محمد، اتفاقات در شبکه آب آشامیدنی شهر کرمان، آب و محیط زیست، شماره ۲۸، تیرماه ۱۳۷۷.

18. A Working Party Report on Microbiological Degradation of Materials and Methods of Protection, section 4.3.2. European Federation of Corrosion publication, No. 9, The Institute of Materials, 1992.

۱۹. گزارش اقتصادی سال ۱۳۷۵، جلد اول، سازمان برنامه و بودجه، معاونت امور اقتصادی و هماهنگی، دفتر اقتصاد کلان، آذر

۱۳۷۶.

۲۰. جواهر دشتی، رضا، مدیریت خوردگی: چگونه بدون دانستن علم خوردگی مسائل خوردگی را مدیریت نماییم؟ در دست چاپ.

۲۱. امامی خوبی، ارسطو، مدیریت خوردگی: صادرات و بخش صنعت در ایران، اطلاعات سیاسی - اقتصادی، شماره ۱۳۰-۱۲۹.

۲۲. جواهر دشتی، رضا، اهمیت خوردگی در صنایع، گسترش صنعت، سال دهم، شماره های ۴۷۳ الی ۴۷۷، آبانماه ۱۳۷۸.

۲۳. مک کارتی، جان، ترک خوردگی تنشی در خطوط لوله نفت و گاز کانادا، ترجمه رحیم زمانیان، نشریه انجمن نفت ایران، شماره ۵۱، بهار ۱۳۷۸.

24. R.J. Hovarth, The Role of The Corrosion Engineer in the Development and Application of Risk-based Inspection for Plant Equipment, MP, July 1998.

۲۵. جواهر دشتی، رضا، مدیریت خوردگی: CM، مؤسسه مطالعات و برنامه ریزی آموزشی، سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران، زمستان ۱۳۷۶.

۲۶. جواهر دشتی، رضا، مروری بر اصول مدیریت خوردگی، نشریه انجمن نفت ایران، شماره ۴۸، تابستان ۱۳۷۷.

27. D. Williams, K. Van Gelder, Corrosion Management, MP. Vol. 35, No. 11, November 1996.

۲۸. جواهر دشتی، رضا، روش مطالعه اثرات زیست محیطی خوردگی، سخنرانی در مرکز تحقیقات و بهبود بهره وری صنعت آب و فاضلاب، سوم مردادماه ۱۳۷۸.

۲۹. زمانیان، رحیم، خوردگی و روشهای کنترل آن، دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۱۳۷۴.

۳۰. سیدرضی، سیدمحمد، فرهنگ خوردگی، انجمن خوردگی ایران، ۱۳۷۶.

۳۱. خبرنامه انجمن خوردگی ایران، شماره ۱، ۱۳۷۴.

۳۲. جواهر دشتی، رضا، خوردگی میکروبی، انتشارات بهروزان، چاپ اول، ۱۳۷۸.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۷۸/۱۱/۳۰)