دانشگاه تربیت مدرس
معاونت دانشجویی
و فرهنگی - اجتماعی

پالار
PALAR

سالنامه علمی تخصصی
انجمن علمی - دانشجویی عمران و
محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس
شماره مجوز:
۱۹۳د/۳۲۶۸۷
سال پنجم/ شماره پنجم/ اردیبهشت ۱۴۰۰
Fifth year No.5 May 2021

آنچه در این شماره از نشریه می‌خوانید:

معرفی گروه محیط زیست | روش‌های بهسازی و انواع تیرهای هم‌بند | کنترل شیمیایی جلبک | ریزگرد، مهمان ناخوانده جزایر شناور مصنوعی | مروری بر شاخص‌های عمومی کیفیت آب | چرایی، انواع و اثرات طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک بهینه سازی فرآیند پالایش خاک ماسه‌ای آلوده | ظرفیت خمشی دال‌های تخت | فرآیند سدسازی و اثرات زیست محیطی آن بررسی بازده شست‌وشو در قسمت ریشه خاک | نگاهی به آینده مهندسی عمران در ایران | معرفی مشاغل در حوزه HSE

MOTHER
Earth Day

April 22
International Earth day

۲ اردیبهشت
روز جهانی زمین

بسم الله الرحمن الرحیم

فهرست مطالب

بخش اول: عمومی

سخن سردبیر	۲
معرفی گروه محیط زیست	۳

بخش دوم: گزارش‌ها

روش‌های بهسازی و انواع تیرهای هم‌بند ...	۴۹
کنترل شیمیایی جلبک	۵۵
ریزگرد، مهمان ناخوانده	۶۷
جزایر شناور مصنوعی	۷۱

بخش سوم: مقالات

مروری بر شاخص‌های عمومی کیفیت آب ...	۵
چرایی، انواع و اثرات طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک	۱۳
بهینه سازی فرآیند پالایش خاک ماسه‌ای آلوده ...	۲۵
ظرفیت خمشی دال‌های تخت با روش ...	۳۵
فرآیند سدسازی و اثرات زیست محیطی آن	۳۹
بررسی بازده شست‌وشو در قسمت ریشه خاک ...	۷۵

بخش چهارم: مصاحبه و ...

نگاهی به آینده مهندسی عمران در ایران و	۱۹
معرفی مشاغل در حوزه HSE	۵۹

کلیه علاقه مندان به فعالیت در زمینه مطبوعات تخصصی حوزه عمران، صاحب نظران، محققین و اساتید محترم می توانند با ارسال مطالب و پیشنهادات خود به آدرس این نشریه و یا ارسال از طریق فکس و ایمیل، نسبت به طرح مطالب خود در هیات تحریریه نشریه پالار اقدام نمایند.

آدرس: تهران، بزرگراه جلال آل احمد، پل نصر، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، بلوک ۶، طبقه دوم، دفتر انجمن علمی - دانشجویی عمران و محیط‌زیست
صندوق پستی: ۳۹۷-۱۴۱۱۵

تلفن: ۸۲۸۸۴۹۱۴ — Email: civil.eng@modares.ac.ir
دورنگار: ۸۲۸۸۴۹۱۵ — Website: civil.modares.ac.ir
شماره تماس: ۰۹۳۵۲۹۸۱۵۱۱ — کانال ارتباطی: @TMU_CivilEngineering

این نشریه دارای مجوز شماره ۱۹۳/۳۲۶۸۷ در تاریخ ۱۳۹۵/۱۰/۲۲ از معاونت فرهنگی و اجتماعی دانشگاه تربیت مدرس است.

بسم الله الرحمن الرحیم

سالنامه علمی تخصصی پالار
سال پنجم/ شماره پنجم/ اردیبهشت ۱۴۰۰
تیراژ ۴۰۰ نسخه/ قیمت ۴۰۰۰۰ تومان
انجمن علمی - دانشجویی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس

صاحب امتیاز
انجمن علمی - دانشجویی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس (معاونت فرهنگی و اجتماعی)

مدیر مسئول
محمد یزدانی (دکتری سازه)

سردبیر
الهام شکوهی مهر (دکتری مهندسی و مدیریت منابع آب)

هیات تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)
امیرحسین اولیاء (کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب)
مصطفی بنی نعیم (کارشناسی ارشد سازه)
شبنم پرویزی (کارشناسی ارشد سازه)
نوید جعفریان (دکتری سازه)
پوریا حیدری چراتی (دکتری سازه)
علی داودی (دکتری زلزله)
ملیکا راستگو (کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب)
آرش رساایزدی (دکتری برنامه ریزی حمل و نقل)
الهام شکوهی مهر (دکتری مهندسی و مدیریت منابع آب)
وحید محبی (کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب)
رضا مقدسی (کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل)
زهرا مهرابی (کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی)
سید حسن میراحدی (کارشناسی زمین شناسی)
ثمین ناصری (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)
محمد یزدانی (دکتری سازه)

اساتید همکار این شماره (به ترتیب حروف الفبا)
دکتر لیلی ایزدی‌کیان
دکتر قربانعلی دزواره
دکتر محمدرضا صبور
دکتر علی کمک‌پناه
دکتر داود مستوفی‌نژاد

ویراستار
محمد یزدانی
الهام شکوهی مهر

طراح و صفحه آرا
امیرحسین حسن‌پور

سخن سردبیر

پیش از هر چیز خدای مهربان را سپاس می‌گوییم که ما را در این راه یاری نمود تا ادامه دهنده سالنامه علمی تخصصی «پالار[1]» باشیم و بسیار خرسندیم که شماره دیگری بر نشریه پرافتخار «پالار» افزوده شد.

در شماره جاری از نشریه «پالار» سعی شده است که ضمن تمرکز بر معرفی گرایش محیط‌زیست، مطالبی را در خصوص سایر گرایش‌های مهندسی عمران نظیر سازه و زلزله، حمل و نقل، راه و ترابری، منابع آب و ... در بخش مقالات داشته باشیم.

این نشریه سعی دارد بستری مناسب را برای تعامل هرچه بیشتر اساتید و دانشجویان رشته مهندسی عمران دانشگاه‌های سراسر کشور فراهم کند و تاکنون نیز با کمال افتخار، همکاری صمیمانه بسیاری از اساتید و دانشجویان را در مجموعه خود داشته است. در این شماره از نشریه نیز سعی شده است با نهایت دقت و گزینش ویژه، مطالبی گردآوری شود که بتواند شما خوانندگان گرامی را با تازه‌های مهندسی عمران آشنا کند.

در پایان سخن از اساتید محترم دانشگاه‌ها، پژوهشگران ارجمند، نویسندگان توانمند و به‌ویژه دانشجویان عزیز دعوت می‌شود که در ارتقای محتوا و ارزش‌های علمی نشریه ما را یاری رسانند، تا با تکیه بر ارشاد شما عزیزان، گامی هر چند کوچک اما مؤثر و مفید در زمینه مشارکت در فعالیت‌های علمی جامعه مهندسی عمران ایران برداشته باشیم.

الهام شکوهی‌مهر
بهار ۱۴۰۰

۱ پالار (Palar)، واژه‌ای فارسی است و در منابع و میراث مکتوب به معانی متعددی از جمله درخت، ستون بزرگ، ستون، شمع، دیرک، تیرک، تیر باربر و ... به کار رفته است.

معرفی گروه محیط‌زیست دانشگاه تربیت مدرس

گردآورنده: زهرا مهرابی

کره زمین در چند دهه اخیر به شکل فزاینده‌ای با مشکلات زیست‌محیطی ناشی از تخریب منابع طبیعی، تغییر اقلیم و آلودگی منابع آب، خاک و هوا مواجه شده است. با این حال ظرفیت‌سازی علمی و فنی در کشورهای مختلف جهان برای مواجهه با این مشکلات، متناسب با سرعت گسترش آن‌ها نبوده است. با درک این معضل جهانی، گروه مهندسی محیط‌زیست دانشگاه تربیت مدرس تلاش می‌کند تا از طریق آموزش کارشناسان خبره، تربیت پژوهشگران سرآمد و پیشبرد پژوهش‌های کاربردی در حوزه‌های گوناگون مهندسی محیط‌زیست، سهم بسزایی در حل مشکلات روزافزون زیست‌محیطی داشته باشد.

این گروه به عنوان زیرمجموعه‌ای از دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، از سال ۱۳۶۸ در مقطع کارشناسی ارشد و از سال ۱۳۷۶ در مقطع دکترای تخصصی اقدام به پذیرش دانشجو کرده است. حوزه‌های اصلی پژوهشی اساتید گروه مهندسی محیط‌زیست عبارت است از: روش‌های نوین تصفیه آب و فاضلاب بهداشتی و صنعتی، کاربردهای نانوفناوری در تصفیه آب و فاضلاب، مدیریت پسماندهای عادی و خطرناک، پالایش خاک‌های آلوده، مدل‌سازی و مدیریت کیفی منابع آب، انرژی‌های نو، توسعه پایدار و LCA. نتیجه فعالیت‌های دانشجویان و اعضای هیأت علمی این گروه تاکنون در قالب مقاله‌های علمی پژوهشی و ISI، مقاله‌های ارائه شده در کنفرانس‌های معتبر داخلی و خارجی، کتاب‌های تألیفی، ثبت اختراع و پروژه‌های پژوهشی به ثبت رسیده است. لازم به ذکر است که آزمایشگاه مهندسی محیط‌زیست که از سال ۱۳۷۱ آغاز به فعالیت کرد، نقش محوری در پیشبرد پژوهش‌های مذکور داشته است.

این گروه همچنین تاکنون پروژه‌های متعددی را با همکاری سازمان‌های مختلف به انجام رسانده است که از مهمترین آن‌ها می‌توان به مشاوره در پروژه‌های بانک جهانی، یونسکو و سازمان بهره‌وری آسیایی (APO) اشاره کرد.

اهداف کلیدی گروه مهندسی محیط زیست برای فعالیت‌های آتی عبارت است از: آموزش و تربیت دانشجویان جهت تأمین نیروهای متعهد و متخصص در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری، دستیابی به ابزارها و نتایج پژوهش‌های محیط‌زیستی روز دنیا از جمله دستیابی به فناوری‌های جدید در حوزه‌هایی چون نانوتکنولوژی، بیوتکنولوژی و غیره، انجام فعالیت‌های پژوهشی و کاربردی درخصوص معضلات محیط-زیستی کشور، ارائه خدمات تخصصی به دیگر مؤسسات و مراکز آموزشی و پژوهشی و صنعتی، ایجاد زمینه‌های مناسب جهت تعاملات بین دانشگاهی و مراکز تحقیقاتی، ایجاد ارتباط بین صنعت و دانشگاه با انجام پروژه‌ها، برگزاری کارگاه‌های آموزشی در سطوح مختلف و ....

اعضای هیأت علمی

حسین گنجی دوست

سوابق تحصیلی

* دکتری مهندسی عمران- محیط‌زیست، دانشگاه میسوری- رالا، رالا، آمریکا
* کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت، دانشگاه میسوری- کلمبیا، میسوری-کلمبیا، آمریکا
* کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه ایالتی مرکزی میسوری، وارنزبرگ-میسوری، آمریکا
* کارشناسی مهندسی شیمی، دانشگاه ایالتی کانزاس، کانزاس- منهتن، آمریکا

علایق پژوهشی

- تصفیه پیشرفته آب و فاضلاب‌های شهری و صنعتی
- تولید پاک و بهره‌وری سبز

بیتا آیتی

سوابق تحصیلی

* دکتری مهندسی عمران- محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
* کارشناسی ارشد مهندسی عمران-محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
* کارشناسی مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

علایق پژوهشی

- تصفیه آب و فاضلاب شهری و صنعتی با استفاده از فناوری نانو
- تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی با روش‌های اکسیداسیون پیشرفته
- تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی به روش‌های بیولوژیکی
- کاربرد پلیمرها در گرانول‌سازی سیستم‌های بیولوژیکی

نادر مختارانی

سوابق تحصیلی

* دکتری مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
* کارشناسی ارشد مهندسی عمران – محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

علایق پژوهشی

- مدیریت پسماندهای شهری، صنعتی وخطرناک
- پاکسازی خاک و آب‌های زیرزمینی
- تصفیه شیرابه
- توسعه پایدار
- ارزیابی چرخه حیات (LCA)

محمدمهدی رجبی

سوابق تحصیلی

* دکتری مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
* کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
* کارشناسی مهندسی عمران–عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

علایق پژوهشی

- مدلسازی عددی انتقال و انتشار آلاینده‌ها
- تحلیل عدم قطعیت و روش‌های مونت‌کارلو
- داده‌گواری و فیلترهای بیزی
- روش‌های شبیه‌سازی- بهینه‌سازی استوکستیک

آزمایشگاه محیط‌زیست - دانشکده عمران و محیط‌زیست

مروری بر شاخص‌های عمومی کیفیت آب به‌منظور طبقه‌بندی آب‌های سطحی

ملیکا راستگو[1]، الهام شکوهی‌مهر[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

کیفیت آب در هر محل منعکس‌کننده اثر عوامل مختلف مانند زمین‌شناسی، شرایط اقلیمی و منابع آلاینده انسانی است و پایش کیفیت منابع آب اغلب موجب تولید داده‌های پیچیده‌ای می‌شود که حاوی اطلاعات غنی درباره رفتار منابع‌آب هستند و نیاز به روش‌های مناسبی برای تحلیل و تفسیر دارند. در این میان طبقه‌بندی، شبیه‌سازی و تحلیل‌آماری داده‌ها، از مهم‌ترین بخش‌های ارزیابی کیفیت آب هستند.

شاخص‌ها ابزاری مناسب برای تعیین شرایط کیفیت آب هستند که در آن‌ها داده‌های چند پارامتر کیفیت آب در یک فرمول ریاضی که با یک عدد، میزان سلامتی آب را نشان می‌دهد، شرکت داده می‌شوند. این عدد با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت آب از بسیار بد تا عالی است، دسته‌بندی می‌شود. در این تحقیق، به معرفی و مقایسه شاخص‌های عمومی کیفیت آب پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد از میان شاخص‌ها، NSF کاربرد گسترده‌ای در دنیا دارد. همچنین، شاخص کیفی ایران نیز بسیار نزدیک به NSF است.

کلمات کلیدی: شاخص کیفیت آب، Said، Dinius، IRWQI، NSFWQI.

۱. مقدمه

ارزیابی مستمر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب بخش ضروری برنامه‌های کنترل کیفیت آب است و آگاهی از تغییرات کیفی آب‌های سطحی در زمان و مکان‌های مختلف ضروری است.

برای تحلیل و تفسیر مشخصه‌های کیفی آب، دو روش آنالیز آزمایشگاهی و ریاضی وجود دارد. در روش آنالیز آزمایشگاهی تعداد زیادی پارامتر دخیل بوده و نیاز به وجود تجهیزات ویژه است که این عوامل باعث وقت‌گیر بودن و گران بودن این روش می‌شود. علاوه بر این اطلاعات قابل‌توجهی جمع‌آوری می‌شوند که پس از حصول نتیجه نمی‌توان به تخمین خوبی از کیفیت آب دست یافت. روش دیگر، فرمول‌بندی و استفاده از شاخص‌های ارائه شده توسط سازمان‌های مسئول عرضه و کنترل کیفیت آب است. این شاخص‌ها با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول زمان و مکان نشان می‌دهند [۱].

شاخص کیفی آب راه‌حلی مناسب برای سنجش کیفیت و طبقه‌بندی کیفی آب‌های سطحی می‌باشد [۲]. شاخص‌های کیفی آب در سال‌های اخیر در کشورهای مختلف تعریف و مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

یکی از روش‌هایی که باعث بهبود شاخص‌ها می‌گردد مقایسه شاخص‌ها با یکدیگر است. در حال حاضر تحقیقات زیادی در مناطق مختلف جهان برای مقایسه شاخص‌های کیفی انجام می‌شود.

Benvenuti et al. (۲۰۱۵) با مقایسه شاخص‌ها و پارامترهای حیاتی مورد استفاده در هر شاخص به انتخاب بهترین شاخص برای تعیین کیفیت آب رودخانه sinos در برزیل پرداختند[۳].

LonnaZotou et al. (۲۰۱۵) به مقایسه و ارزیابی شاخص‌های CCME، NSF، Dinius، Oregon و... برای پهنه‌بندی کیفی رودخانه Aliakmon پرداختند [۴].

در ایران نیز شاخص‌های کیفی آب موردتوجه قرار گرفته‌اند. از جمله این بررسی‌ها، مطالعات و تحقیقاتی است که درسال ۱۳۹۴ توسط صادقی و همکاران با مقایسه دوشاخص NSFWQI و IRWQI به پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه زرین‌گل پرداختند [۵]. بیات و همکاران درسال ۱۳۹۵ به ارائه شاخصی جدید با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. شاخص ارائه شده با دیگر شاخص‌های معتبر داخلی و جهانی موجود مقایسه و تطابق آن با فضای آبی موجود در کشور، ارزیابی شده است [۶].

لذا هدف از این تحقیق معرفی شاخص‌های عمومی کیفی آب و مقایسه آن‌ها خواهد بود.

۲. تاریخچه‌ای از شاخص‌های کیفیت آب

تا اواخر ۱۹۶۰، تنها کمیت آب مدنظر محققین بود مگر در شرایطی که کیفیت نامطلوب آب کاملاً مشخص باشد که در این صورت آب غیرقابل مصرف تلقی می‌شود. در سه دهه پایانی قرن بیستم نگرانی در مورد کیفیت آب نیز احساس شد، به‌طوری‌که در حال حاضر کیفیت آب اهمیتی به اندازه کمیت آب و حتی بیشتر پیدا کرده است. یکی از اولین شاخص‌های کیفیت آب شاخص ساپروبیک است که به‌عنوان درجه‌ای برای تعیین بارگذاری ماده‌ی آلی تجزیه‌پذیر در جریان آب مطرح شد. نرخ ساپروبیک با انجام مطالعات تجربی تعیین شد و کیفیت آب را به چند رده یا سطوح آلودگی دسته‌بندی نمود. سیستم درجه‌بندی کیفیت آب با استفاده از این شاخص ناقص و در زمان‌هایی غیرعملی بود، بنابراین جستجو برای یافتن سیستم بهتر ادامه یافت. در سال ۱۹۶۵ یک روش جدید در قالب یک سیستم عددی برای طبقه‌بندی کیفیت آب ارائه شد. هورتون در کمیسیون بهداشت آب دره‌ی رودخانه‌ی اوهایو در ایالت متحده شاخص عددی برای رتبه‌بندی کیفیت آب ارائه داد و آن را با انتخاب، وزن‌دهی و تلفیق پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آب و استفاده از یک فرمول ریاضی ساده تعریف کرد که در قالب شاخص کیفیت آب (WQI) شناخته شد [۱و۷].

امروزه بیش از ۳۵ مدل WQI توسط کشورها و آژانس‌های مختلف برای ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی درسراسر جهان معرفی شده‌است. شاخص‌های کیفیت آب مورد استفاده در کشورها و پهنه‌های آبی در شکل ۱ آمده است. همچنین، جدول ۱ نشان می‌دهد که مدل‌های WQI برای انواع بدنه‌های آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما ۸۲ درصد شاخص‌های ارائه شده برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها به‌کار می‌رود. علاوه‌براین جدول ۱ نشان می‌دهد که شاخص‌های CCME و NSF بیشترین کاربرد را در مطالعات دارند.

۳. نقاط قوت و ضعف

به وسیله شاخص‌ها می‌توان شرایط کلی عمومی زمانی و مکانی را روشن نمود و مقدار یک شاخص را از یک محل با آن محلی که در آن، شرایط خاص ایجاد شده مقایسه نمود. همچنین، می‌توان پارامترهای مختلف با واحدهای اندازه‌گیری متفاوت را با هم ترکیب نموده و نتیجه را به صورت یک عدد منفرد بدون بعد ارائه کرد. از سوی دیگر، توانایی ارائه‌ی نتایج به صورت ساده به عموم مردم در راستای کمک به پذیرفتن منع قانونی و یا تغییر روش زندگی در راستای بهبود شرایط محیط‌زیست نیز از دیگر مزایای این شاخص‌ها است. اما از جمله معایب شاخص‌ها

این است که تفسیر نتایج مربوط به یک شاخص خاص بوده و قابل تعمیم به شاخص مشابه دیگر نیست. همچنین، یک شاخص منفرد نمی‌تواند تمام قضایای موجود را بیان کند و بسیاری از شاخص‌ها برای نوع خاصی از اکوسیستم‌ها و نواحی ایجاد شده و به راحتی قابل انتقال به منطقه‌ی دیگر نیست [۸].

۴. ساختار کلی شاخص‌ها

در یک چهارچوب کلی محاسبه یک شاخص در چند مرحله صورت می‌گیرد: مرحله‌ی اول انتخاب پارامترها، مرحله‌ی دوم بی‌بعدسازی پارامترها با واحدهای مختلف (محاسبه زیرشاخص‌ها)، مرحله‌ی سوم انتخاب وزن با توجه به اهمیت هر پارامتر و مرحله‌ی نهایی جمع‌بندی زیرشاخص‌ها برای به‌دست آوردن شاخص کلی [۲، ۹ و۱۰]. شایان ذکر است که روش‌های جمع‌بندی زیرشاخص‌ها برای ایجاد شاخص کل متفاوت است.

۵. انواع شاخص‌های کیفی آب‌های سطحی

شاخص‌های کیفی با توجه به اهداف استفاده از آن‌ها به ۵ گروه تقسیم‌بندی می‌شوند:

شاخص‌های عمومی کیفی آب: این شاخص‌ها از نوع کاربری و نوع مصرف آب در فرآیند ارزیابی چشم‌پوشی می‌کنند.

شاخص‌های مصارف ویژه: در این شاخص، طبقه‌بندی آب براساس نوع مصرف و کاربرد (شرب، صنعتی، حفظ اکوسیستم و...) است.

شاخص‌های آماری: در این شاخص‌ها از روش‌های آماری استفاده می‌شود و نظرات شخصی در نظر گرفته نمی‌شود.

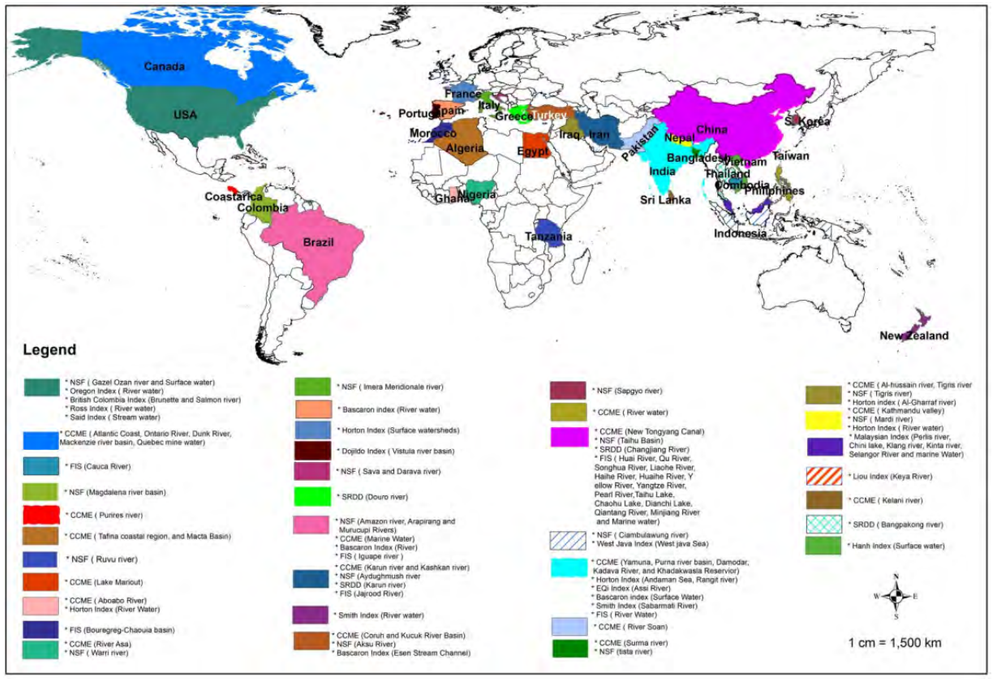
شاخص‌های بیولوژیکی: شاخص‌های کیفی بیولوژیکی آب عموماً کیفیت آب را در مقام اثرات آن روی زیست‌های آبی ارزیابی می‌کنند.

و **شاخص‌های طراحی** [۱۱].

۶. برخی از شاخص‌های عمومی کیفیت آب

- **شاخص کیفی هورتون و سازمان بهداشت ملی آمریکا** (NSFWQI)

هورتون درسال ۱۹۶۵ اولین شاخص کیفی آب را در قالب یک سیستم عددی ارائه داد. وی برای توسعه اولیه WQI معیارهایی نظیر کم بودن تعداد متغیرهای مورد بررسی، حائز اهمیت بودن متغیرها در مناطق مختلف و همچنین در نظر گرفتن متغیرهایی با داده‌های قابل



شکل ۱- شاخص‌های کیفیت آب جهانی مورد استفاده در کشورها و پهنه‌های آبی [۲]

جدول ۱- خلاصه‌ای از شاخص‌های کیفی مورد استفاده بر اساس منطقه مورد مطالعه از ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۹ [۲]

WQI شاخص	تعداد کاربرد	منطقه مورد مطالعه		
		رودخانه	دریاچه	دریا
CCME	۳۶	۲۸	۵	۳
NSF	۱۸	۱۷	۱	–
FIS	۱۲	۱۰	۱	۱
MWQI	۸	۶	۱	۱
Horton	۷	۶	–	۱
SRDD	۶	۶	–	–
Bascaron	۴	۳	–	–
EQI	۲	۱	۱	–
Oregon	۲	۲	–	–
Smith	۲	۲	–	–
Almedia	۱	۱	–	–
BCWQI	۱	۱	–	–
Dalmatian	۱	–	–	۱
Dojildo	۱	۱	–	–
Dinius	۱	۱	–	–
Hanh index	۱	۱	–	–
House index	۱	۱	–	–
Liou index	۱	۱	–	–
Said	۱	–	–	۱
WJWQI	۱	–	–	۱

دسترس را لحاظ کرد. این شاخص از ۱۰ متغیر کیفی تشکیل شده (در بعضی از مراجع ۸ پارامتر عنوان شده است) و به هر پارامتر، وزنی اختصاص داده است. فاکتور وزنی در شاخص هورتون می‌تواند از ۰ تا ۴ متغیر باشد [۱،۱۰و۱۲].

شاخص NSFWQI در سال ۱۹۷۰ توسط براون و همکارانش با حمایت مؤسسه ملی بهداشت آمریکا ارائه شد. این شاخص نسخهٔ ارتقاء یافته رابطه هورتون است، که بر اساس نظرسنجی جمعی از متخصصان مجرب در زمینه کیفیت آب تنظیم گردید و در نهایت از بین پارامترهای مختلف کیفی آب (در ابتدا حدود ۳۵ پارامتر مطرح شد) ۹ پارامتر به عنوان زیر شاخص انتخاب شد. در این شاخص مقادیر زیرشاخص‌ها (Ii) باتوجه به نمودارهای مربوطه تعیین و با توجه به وزن اختصاص داده شده به هر پارامتر رابطه نهایی به دو فرم افزایشی و ضربی محاسبه می‌شود. کیفیت آب بر اساس مقدار این شاخص از صفر تا صد متغیر است [۷،۱ و۱۳].

- **شاخص کیفیت منابع آب سطحی ایران** (IRWQI)

این شاخص بر اساس نظرات کارشناسی حفاظت محیط‌زیست ایران، به منظور تعیین وضعیت کیفی منابع آبی ایران با هدف تهیه شاخصی با توجه به شرایط طبیعی، مسائل و مشکلات منابع آب در ایران، درسال ۱۳۹۳ مطرح شد. این شاخص به دو صورت بیان می‌شود:

– شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران

– شاخص پارامترهای سمی کیفیت منابع آب سطحی

IRWQIsc از ۱۱ پارامتر متداول کیفیت آب و IRWQIst از ۱۱ پارامتر سمی تشکیل شده است که بعد از تعیین وزن هر پارامتر با استفاده از رابطه نهایی، کیفیت آب‌های

جدول۲- پارامترهای اصلی هر شاخص و وزن‌های اختصاص داده شده به هر پارامتر

شاخص	پارامترها و وزن‌ها				توضیحات	مرجع
Horton (۱۹۶۵)	DO	۴	قلیائیت	۱	هدف: ادغام داده‌های کیفی آب در یک شاخص برای ارزیابی کیفیت منابع آب/ روش انتخاب پارامتر برمبنای اهمیت داده و دردسترس بودن آن	[۱] [۲]
	PH	۴	هدایت ویژه	۱		
	کلیفرم	۲	کربن کلروفروم	۱		
	کلرید	۱	درصد تصفیه فاضلاب	۴		
NSFWQI (۱۹۷۰) (۱۹۷۳)	DO	۰,۱۷	کلیفرم مدفوعی	۰,۱۶	پرکاربردترین روش/ هدف: تعیین کیفیت کلی آب روش انتخاب پارامتر: روش دلفی وزن‌دهی براساس پرسش از متخصصین و رابطه شاخص میانگین هندسی و به دوفرم افزایشی و ضربی	[۱] [۲] [۷] [۱۰]
	PH	۰,۱۱	کدورت	۰,۰۸		
	TDS	۰,۰۷	نیترات	۰,۱		
	BOD۵	۰,۱۱	فسفات	۰,۱		
	دما			۰,۱		
IRWQIsc (۱۳۹۳)	DO	۰,۰۹۷	هدایت ویژه	۰,۰۹۶	هدف: تعیین کیفیت آب‌های سطحی متناسب با منابع آبی کشور	[۱۲]
	PH	۰,۰۵۱	نیترات	۰,۱۰۸		
	BOD۵	۰,۱۱۷	فسفات	۰,۰۷۸		
	COD	۰,۰۹۳	کدورت	۰,۰۶۲		
	کلیفرم مدفوعی	۰,۱۴	سختی کل	۰,۰۵۹		
	آمونیوم			۰,۰۹		
Said (۲۰۰۴)	DO	هدایت ویژه			هدف: ارزیابی عمومی کیفیت آب و برای تصمیم گیری نظارتی کاربرد ندارد. روش انتخاب پارامتر: Literature و براساس اهمیت محیط زیستی / رابطه شاخص لگاریتمی	[۱] [۷] [۱۵]
	کلیفرم مدفوعی	کدورت				
	کل فسفات					
Dinius (۱۹۷۲)	DO	۵	هدایت ویژه	۱	هدف: ارزیابی آلودگی آب روش انتخاب پارامتر: روش دلفی وزن‌دهی براساس روش دلفی و رابطه شاخص به فرم ضربی	[۲] [۱۰] [۱۵] [۱۷]
	PH	۱	کلرید	۰,۵		
	BOD۵	۲	قلیائیت	۰,۵		
	کلیفرم مدفوعی	۴	کلیفرم کل	۳		
	رنگ	۱	سختی	۱		
	دما			۲		

جدول ۳- رابطه شاخص کلی و طبقه‌بندی هر شاخص

شاخص	فرمول	طبقه‌بندی		مرجع
Horton (۱۹۶۵)	$WQI = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i I_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i} M_1 M_2$	ضعیف	۰-۲۵	[۱] [۲]
		نسبتاً خوب	۲۶-۵۰	
		متوسط	۵۱-۷۰	
		خوب	۷۱-۹۰	
		بسیار خوب	۹۱-۱۰۰	
NSFWQI (۱۹۷۳) (۱۹۷۰)	$NSFWQI_a = \sum_{i=1}^{n} w_i I_i$ $NSFWQI_a = \sum_{i=1}^{n} w_i I_i$	ضعیف	۰-۲۵	[۱] [۲] [۷] [۱۰]
		نسبتاً خوب	۲۶-۵۰	
		متوسط	۵۱-۷۰	
		خوب	۷۱-۹۰	
		بسیار خوب	۹۱-۱۰۰	
IRWQIsc (۱۳۹۳)	$IRWQIsc = \left[\prod_{i=1}^{n} I_i^{W_i}\right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad \gamma = \sum_{i=1}^{n} W_i$	خیلی بد	کمتر از ۱۵	[۱۲]
		بد	۱۵-۲۹,۹	
		نسبتاً بد	۳۰-۴۴,۹	
		متوسط	۴۵-۵۵	
		نسبتاً خوب	۵۵,۱-۷۰	
		خوب	۷۰,۱-۸۵	
		بسیار خوب	بیشتر از ۸۵	
Said (۲۰۰۴)	$\log\left[\frac{DO^{1.5}}{3.8^{TP}(Turb)^{0.15}(15)^{F.coli/10000} + 0.14(SC)^{0.5}}\right]$	ضرورت تغییر سیاست‌های مدیریتی	۰-۱	[۱] [۷] [۱۵]
		نیاز به تغییر سیاست‌های مدیریتی	۱-۲	
		قابل قبول	۲-۳	
Dinius (۱۹۷۲)	$WQI = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^{11} W_i I_i$	بسیار بد	۰-۴۰	[۲] [۱۰] [۱۵] [۱۷]
		بد	۴۱-۵۰	
		متوسط	۵۱-۸۰	
		خوب	۸۱-۹۰	
		بسیار خوب	۹۱-۱۰۰	

Ii زیرشاخص هر پارامتر، W_i فاکتور وزن، M_1 مربوط به پارامتر درجه حرارت می باشد، برای دمای کمتر از ۳۴ برابر ۰/۵ سایر موارد برابر ۱ است. M_2 مربوط به آلودگی آشکار می‌باشد، اگر در جریان موادی که تولید رنگ و بو می‌کند وجود داشته باشد برابر ۰/۵ و در غیر اینصورت برابر ۱ است [۱].

سطحی با یک عدد بیان می‌شود. این عدد با یک مقیاس نسبی گویای کیفیت آب از بسیار بد تا عالی است [۱۴].

- **شاخص** Said

این شاخص که در سال ۲۰۰۴ ارائه شد، به منظور ارزیابی کیفیت آب برای مصارف عمومی و تصمیم‌گیری‌های نظارتی برای پارامترهای خاص به‌کار می‌رود. همچنین برای نشان دادن آلودگی‌های فلزات کمیاب، آلاینده‌های آلی و سایر مواد معدنی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این شاخص از ۵ پارامتر تشکیل شده است. در نهایت مقدار عددی این شاخص بین ۰ تا ۳ خواهد بود [۱۵].

- **شاخص** Dinius

دینیوس اولین بار در سال ۱۹۷۲ اقدام به طراحی یک سیستم حسابداری اولیه که بتواند هزینه‌ها و تأثیر اقدامات کنترل آلودگی را اندازه‌گیری کند، نمود. این شاخص از ۱۱ پارامتر تشکیل شده است. همچنین، دینیوس درسال ۱۹۸۷ دومین شاخص خود را با در نظر گرفتن نوع مصارف آب ارائه نمود [۱۵و۱۶].

جدول ۲ پارامترهای به‌کار رفته در هر شاخص و وزن اختصاص داده شده به هر پارامتر و جدول ۳ فرمول کلی شاخص و طبقه‌بندی کیفی آب‌های سطحی را نشان می‌دهد.

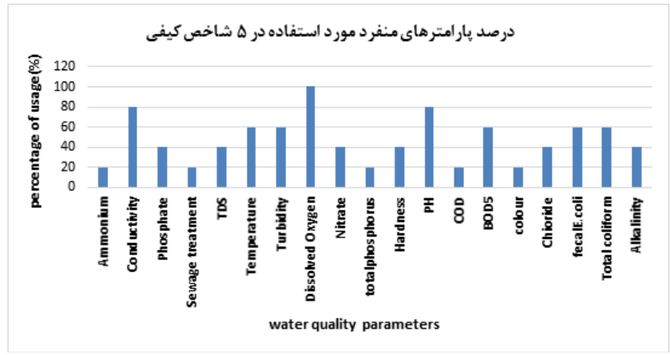
۷. نتیجه‌گیری

همان‌طور که اشاره شد شاخص‌های کیفی بی‌شماری وجود دارند که نتایج متفاوتی را نشان می‌دهند. تفاوت در نتایج شاخص‌های کیفی به‌دلیل وجود پارامترهای مختلف، وزن متفاوت و نحوه محاسبات است. با توجه به شکل ۲، پارامترهای کلیفرم، دما، اکسیژن محلول، PH، هدایت ویژه و کدورت از پارامترهای پرکاربردی هستند که عمدتاً برای آب‌های سطحی صرف‌نظر از نوع مصرف استفاده می‌شوند.

شاخص Said به تعداد پارامتر کمتری وابسته بوده و استفاده از آن راحت‌تر است اما قادر به نشان دادن تغییرات اتفاقی در کوتاه‌مدت نیست [۱۱]. پارامتر BOD از جمله پارامترهای مهمی است که تنها در شاخص‌های Dinius، NSFWQI و IRWQIsc وجود دارد، به همین دلیل انتظار می‌رود به‌دلیل وجود این پارامتر و اختصاص وزن به آن درصورت وجود آلودگی نظیر فاضلاب مقدار شاخص عدد کمتری را نشان دهد. از طرفی پارامترهایی نظیر کلیفرم مدفوعی برای اندازه‌گیری کیفیت بیولوژیکی آب و نیترات و فسفات که از مواد مغذی به‌شمار می‌آیند در مناطقی که فعالیت-های کشاورزی و فاضلاب خانگی تصفیه نشده وجود دارد، حائز اهمیت هستند. این پارامترها تنها در شاخص NSFWQI عنوان شده‌اند، پس زمانی که حضور مواد مغذی و پدیده تغذیه‌گرایی برای ما حائز اهمیت است این شاخص بهتر عمل خواهند کرد.

از لحاظ وزن و اهمیت هر پارامتر در تمامی شاخص‌ها پارامتر DO بالاترین وزن را دارد که به معنی اهمیت زیاد وجود اکسیژن محلول در پهنه آبی است. اما در شاخص ایران به‌ترتیب مقادیر کلیفرم، BOD و سپس DO وزن بالا را به خود اختصاص داده‌اند که به‌نظر می‌رسد چون این شاخص به‌طور خاص برای منابع آبی ایران طراحی شده و آگاهی نسبی از منابع آلاینده وجود دارد تأثیر پارامترهای شیمیایی فوق در ارزیابی کیفی بیشتر خواهند بود. از لحاظ طبقه‌بندی شاخص Horton و NSF یکسان است.

با توجه به شکل ۱، از میان شاخص‌ها، NSF کاربرد گسترده‌ای در اکثر نقاط دارد و فرم ضربی آن نسبت به فرم افزایشی به‌دلیل اینکه پارامترهای با اهمیت زیاد پارامترهای کم اهمیت را تحت‌الشعاع قرار نمی‌دهد، بهتر است [۷]. شاخص کیفی ایران نیز بسیار نزدیک به NSF است به‌طور کلی نمی‌توان گفت که کدام شاخص بهتر است زیرا اهمیت و کاربرد هر شاخص به منطقه مورد مطالعه و کاربری هدف بستگی دارد. همچنین باتوجه به مطالعات Uddin et al. (۲۰۲۰) در خصوص کاربرد شاخص‌های کیفی در پهنه‌های آبی مختلف، شاخص Horton برای رودخانه‌ها و دریاها، شاخص NSF برای رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، شاخص Said برای دریاها، شاخص Dinius برای رودخانه‌ها و IRWQIsc به طور عموم برای آب‌های سطحی کاربرد دارد [۲].



شکل ۲- درصد پارامترهای منفرد مورد استفاده در ۵ شاخص کیفی مورد بررسی
(Horton ,NSFWQI IR, WQIsc ,Said Dinius)

۸. مراجع

1. Abbasi, T. and Abbasi, S. (2012) 'Water Quality Indices', Water Quality Indices. Elsevier. DOi: 10.1016/C7-69472-0-2010.

2. Uddin, M. G., Nash, S. and Olbert, A. I. (2020) 'A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality', Ecological Indicators. Elsevier, 122, p. 107218.

3. Benvenuti, T., Kieling-Rubio, M., Klauck, C. and Rodrigues, M. (2015) 'Evaluation of water quality at the source of streams of the Sinos River Basin, southern Brazil', Brazilian Journal of Biology. SciELO Brasil, 2(75 suppl), pp. –98 104. DOi: 6984.1513-1519/10.1590.

4. Zotou, I., Tsihrintzis, V. A. and Gikas, G. D. (2018) 'Comparative assessment of various water quality indices (WQIs) in Polyphytos Reservoir-Aliakmon River, Greece', in Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings, p. 611.

۵- صادقی، م.، بای، ا.، بای، ن.، سفلایی، ن.، مهدی‌نژاد، م. م. و ملاح، م. «تعیین وضعیت کیفیت آب رودخانه زرین گل استان گلستان با توجه به شاخص های کیفی آب». فصلنامه بهداشت در عرصه، دوره ۳، شماره ۳ صفحه ۲۷-۳۳.

۶- شیرزاد، ا.، تابش، م. و بیات، ه. «ارائه یک شاخص کیفیت برای رودخانه‌های ایران». مجله تحقیقات منابع آب ایران، (۱)۱۴، ۱۰۲-۱۱۳.

7. Lumb, A., Sharma, T. C. and Bibeault, J. F. (2011) 'A Review of Genesis and Evolution of Water Quality Index (WQI) and Some Future Directions', Water Quality, Exposure and Health. Springer, 1(3), pp. 24–11. DOi: 10.1007/s0-0040-011-12403.

8. Zandbergen, P. A. and Hall, K. J. (1998) 'Analysis of the British Columbia Water Quality Index for watershed managers: A case study of two small watersheds', Water Quality Research Journal of Canada. IWA Publishing, 4(33), pp. 549–519. DOi: 10.2166/wqrj.1998.030

9. Tyagi, S. et al. (2020) 'Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index', American Journal of Water Resources, 3(1), pp. 38–34. DOi: 10.12691/ajwr3-3-1-.

10. Sarkar, C. and Abbasi, S. A. (2006) 'Qualidex - A new software for generating water quality indice', Environmental Monitoring and Assessment. Springer, 3–1(119), pp. 231–201. DOi: 10.1007/s6-9023-005-10661.

۱۱- پاشازاده لاله، ز.، (۱۳۹۶). «پایش و پهنه‌بندی رودخانه آجی‌چای در محدوده دشت تبریز با استفاده از شاخص‌های کیفی». پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

12. Horton, R. K. (1965) 'An Index Number System for Rating Water Quality', Journal of Water Pollution Control Federation, 3(37), pp. 306–300.

۱۳- نیکونهاد، ع.، معاضد، ه. و کاظم بیگی، ف.، (۱۳۸۸). «مقایسه شاخص های کیفی آب برای انتخاب بهترین شاخص در سد مخزنی کرخه». مجله پژوهش آب ایران، ۳(۴)، ۶۹-۷۳.

۱۴- راهنمای محاسبه شاخص کیفیت منابع آب ایران، ۱۳۹۳.

15. Kachroud, M., Trolard, F., Kefi, M., Jebari, S. and Bourrié, G. (2019) 'Water quality indices: Challenges and application limits in the literature', Water (SWitzerland). Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2(11), p. 361. DOi: 10.3390/w11020361.

16. Dinius, S. H. (1972) 'Social accounting system for evaluating water resources', Water Resources Research. Wiley Online Library, 5(8), pp. 1177–1159. DOi: 10.1029/WR008i005p01159.

17. González Meléndez, V., CaiceDO Quintero, O. and Aguirre Ramírez, N. J. (2013) 'Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, Dinius y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia', Gestión y Ambiente. Universidad Nacional de Colombia-Seccional Medellín, 1(16), pp. 107–97.

چرایی، انواع و اثرات طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک

آرش رساءایزدی[1]، رضا مقدسی[2]

۱- دانشجوی دکترای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه تربیت مدرس
۲- کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

یکی از مهم‌ترین راهکارها برای کاهش تراکم ترافیک و استفاده کاراتر از زیرساخت‌های حمل‌ونقل، استفاده از سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل‌ونقل هست. یکی از سیاست‌های مطرح در این زمینه، قیمت‌گذاری تراکم است که برآورد و پیش‌بینی تأثیرات آن از جمله تغییر وسیله، مورد توجه پژوهشگران مختلف قرارگرفته است. با پیشرفت و صنعتی شدن جامعه و افزایش شدید تقاضای سفر، لزوم توجه به فراهم آوردن شرایط مناسب برای پاسخگویی به این افزایش تقاضا احساس می‌شود. درگذشته افزایش عرضه، مرسوم‌ترین راهکار برای پاسخگویی به تقاضای روزافزون سفرها به‌شمار می‌رفت. ولی امروزه مدیریت تقاضا به منظور هماهنگ کردن تقاضا با عرضه موجود به عنوان راهکاری مناسب به‌ویژه در نواحی مرکزی و پرتراکم شهرها مدنظر قرارگرفته است. از جمله اقدامات مدیریتی تقاضای سفر می‌توان به ایجاد محدودیت طرح ترافیک اشاره کرد. در این مقاله به بررسی اثرات مختلف سیاست قیمت‌گذاری تراکم بر روی ابعاد مختلف از جمله ترافیک، محیط‌زیست، پذیرش عمومی، عدالت اجتماعی، تغییر وسیله نقلیه پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: مدیریت تقاضای حمل‌ونقل، طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل

۱. مقدمه

گسترش شهرها از پیامدهای اجتناب‌ناپذیر زندگی اجتماعی به شکل نوین و امروزی آن است. محققان رشد روزافزون در مناطق حاشیه‌ای شهر را عمل عمده در گسترش شهرها می‌دانند. بدین ترتیب فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی جمعیت که در محدوده گسترده شهری توزیع شده‌اند، نیاز به جابجایی کالا و مسافر را افزایش می‌دهد. با پیشرفت و صنعتی شدن جامعه و افزایش شدید تقاضای سفر، لزوم توجه به فراهم آوردن شرایط مناسب برای پاسخگویی به این افزایش تقاضا احساس می‌شود. افزایش تقاضا موجب پیدایش مسائل و مشکلات متعددی نظیر تأخیر و تراکم، افزایش بی‌رویه مصرف انرژی، آلودگی‌های زیست‌محیطی و تشدید مسائل روحی و روانی ناشی از ازدحام ترافیک شده است. همچنین به علت رشد و تقابل نابرابر عرضه و تقاضای حمل‌ونقل، تراکم در شبکه به‌وجود می‌آید. حال آنکه از جمله مسائل و مشکلات کشورهای در حال توسعه، فقدان زیرساخت‌های حمل‌ونقل همگانی و استفاده زیاد مردم از خودروهای شخصی در حمل‌ونقل شهری است و با توجه به رشد جمعیت و افزایش سطح رفاه همگانی، میزان استفاده از این منابع محدود رو به افزایش است.

درگذشته افزایش عرضه، مرسوم‌ترین راهکار برای پاسخگویی به تقاضای روزافزون سفرها به‌شمار می‌رفت، ولی امروزه مدیریت تقاضا به منظور هماهنگ ساختن تقاضا با عرضه موجود به عنوان راهکاری مناسب به‌ویژه در نواحی مرکزی و پرتراکم شهرها مدنظر قرارگرفته است. ازجمله اقدامات مدیریتی تقاضای سفر می‌توان به ایجاد محدودیت طرح ترافیک اشاره کرد. عموماً در این طرح، هزینه و سودآوری مطرح نیست و هدف بهره‌مندی همه شهروندان از مزایای محدودیت‌های ترافیکی و دسترسی آسان با کمترین هزینه و زمان تأخیر به مراکز تجاری و اداری شهرها است که با اصول عدالت اجتماعی سازگاری بیشتری دارد و بهره‌مندی از مراکز شهرها تنها محدود به قشر خاصی نمی‌شود.

کشورهای معدودی در جهان نسبت به اجرای محدوده طرح ترافیک در محدوده مرکزی شهرهای خود اقدام کرده‌اند. این طرح برای اولین بار در سال ۱۹۷۵ در شهر سنگاپور به‌کار گرفته شد. به دنبال آن شهرهایی نظیر لندن در سال ۲۰۰۲، رم در سال ۲۰۰۷ و استکهلم در سال ۲۰۰۷ در راستای مدیریت تقاضای سفر در مراکز تجاری شهر، نسبت به پیاده‌سازی آن اقدام کردند. ازجمله مهم‌ترین تجربه‌های موفق در اجرای این طرح را می‌توان در سنگاپور مشاهده کرد. در سال ۱۹۷۵ برای اولین بار مسئولان کشور سنگاپور تصمیم گرفتند که به منظور ورود به محدوده‌ای در مرکز شهر به وسعت حدود ۶/۵ کیلومترمربع، از کاربران پول دریافت کنند. این طرح دستخوش تغییرات بسیاری شده است. در ابتدا از طرح صدور مجوز ناحیه‌ای استفاده شد، در این روش مجوزهای عبوری به صورت ماهیانه و روزانه در ادارات پست، جایگاه‌های ویژه کنار خیابان، پمپ بنزین و غیره فروخته می‌شد. به‌منظور جلوگیری از تخلفات، مجوز هر ماه دارای رنگ مخصوص به خود بود و هر راننده می‌بایست مجوز خود را به منظور تسریع در کنترل، پشت شیشه

قرار می‌داد. این طرح در ابتدا فقط ساعات اوج ترافیک را پوشش می‌داد، ولی در ادامه تغییراتی در ساعات طرح ایجاد شد تا جریان ترافیک در داخل محدوده در بهترین حالت ممکن خود قرار گیرد. در این طرح فقط اتوبوس‌ها و خودروهای امدادی معاف از پرداخت عوارض هستند. از مهم‌ترین دستاوردهای اجرای این طرح در سنگاپور، ارتقای سطح حمل‌ونقل همگانی در نتیجه هزینه‌کرد درآمدهای حاصل از فروش مجوزها است، به‌گونه‌ای که سنگاپور، از جمله شهرهای با بهترین سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی در دنیا است [۱].

طرح محدودیت ترافیک در لندن، از دیگر تجربه‌های موفق در این زمینه هست. این طرح از سال ۲۰۰۳، برای ورود به مرکز شهر لندن در نظر گرفته شد. در این طرح، ورود به محدوده از ساعت ۷ تا ۱۸ روزهای عادی هفته، بدون پرداخت عوارض امکان‌پذیر نیست. البته موتورسیکلت‌ها، تاکسی‌های خطی، وسایل مورد استفاده معلولین، وسایل با سوخت خاص، اتوبوس‌ها و سرویس‌های اورژانس از این طرح مستثنا هستند. نحوه پرداخت عوارض نیز از طریق اینترنت، باجه‌های خاص در کنار خیابان و ارسال پیام کوتاه با موبایل است که باید در همان روز پرداخت شود. همچنین به منظور رعایت عدالت اجتماعی برای ساکنین داخل محدوده، نود درصد تخفیف در نظر گرفته شده است. نواحی ورودی برای محدوده ترافیک از طریق علائم موجود در کنار خیابان‌ها و نیز روی سطح روسازی مشخص می‌شوند. برای کنترل محدوده در لندن، از دستگاه‌های تشخیص خودکار پلاک استفاده می‌شود. با استفاده از این سیستم، شماره پلاک کلیه خودروهای در حال تردد در محدوده، ثبت شده و هر روز این شماره‌ها با لیست پرداختی توسط کاربران مقایسه می‌شود. میزان عوارض در نظر گرفته شده در ساعات مختلف روز و بدون توجه به وضعیت ترافیک ثابت است [۱].

در ادامه، برای پاسخ به این سؤال که چرا افزایش ظرفیت در درازمدت مشکل تراکم را حل نمی‌کند، این دلایل بیان می‌شود: دلیل اول این است که بسیاری از شهرهای بزرگ با مشکل کمبود زمین مواجه هستند و بنابراین زمین کافی برای ساخت راه‌های جدید وجود ندارد. به عنوان

دلیل دوم، ساخت راه‌های جدید با ظرفیت‌های بالاتر، بسیار هزینه‌بر است و دلیل آخر، با افزایش ظرفیت‌ها، تقاضای پنهان نیز افزایش می‌یابد که در درازمدت روی تراکم، تأثیر سوء خواهد گذاشت.

۲. انواع طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک

کلیه طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم را می‌توان به روش‌های گوناگونی دسته‌بندی کرد. از بین دسته‌بندی‌های گوناگون، دی پالما و لیندسی با پرداختن به هر دو جنبه نظری (مانند مفاهیم ریاضی، اقتصادی، اجتماعی) و فنی مسئله، دسته‌بندی جامعی را ارائه کردند. آن‌ها با مبنا قرار دادن مقیاس گسترش ، طرح‌های قیمت‌گذاری را به چهار دسته طرح‌های زیرساخت- مبنا، طرح‌های کمربندی، طرح‌های ناحیه- مبنا و طرح‌های مسافت- مبنا تقسیم‌بندی کردند [۲].

الف. طرح‌های زیرساخت- مبنا (طرح‌های مبنی بر تسهیلات)

در طول قرن‌ها عوارض روی راه‌ها، پل‌ها و تونل‌ها اعمال‌شده است. اگرچه عوارضی که به منظور قیمت‌گذاری تراکم طراحی می‌شوند روی تعداد کمی از زیرساخت‌ها پیاده‌سازی شده‌اند، ولی همچنان یکی از روش‌های قیمت‌گذاری راه‌ها به‌شمار می‌رود. عوارض را می‌توان هم بر روی تمام خطوط یک زیرساخت وضع کرد و هم می‌توان

مانند خطوط HOT، آن را تنها بر روی یک خط از یک زیرساخت اعمال کرد. همچنین این امکان نیز وجود دارد که عوارض تنها در یک نقطه مشخص از یک زیرساخت دریافت شود و یا این‌که بر اساس میزان مسافت طی شده، در چند نقطه عوارض دریافت شود. در آمریکا یک مفهوم نسبتاً جدید با عنوان خطوط مدیریت شده مطرح شده است که با ترکیب عوارض، محدودیت‌های مجاز شدن خودرو و کنترل دسترسی، تقاضا را تنظیم می‌کند. هدف آن، حفظ شرایط بهینه رانندگی (عموماً حرکت با سرعت جریان آزاد)، نسبت به تغییرات شرایط است.

ب. طرح‌های کمربندی

یکی از فرم‌های سطح- مبنای دریافت عوارض، کمربندهای عوارض هستند که در آن خودروها برای عبور از کمربندی به منظور ورود، خروج یا در هر دو حالت، ملزم به پرداخت عوارض هستند. یک طرح قیمت‌گذاری کمربندی، می‌تواند در برگیرنده چند کمربندی باشد و نیز می‌تواند شامل چند خط برش شعاعی برای کنترل سفرها به دور کمربند باشد. یکی از طرح‌های قیمت‌گذاری کمربندی که با هدف مدیریت شلوغی طراحی شده است، عوارض تراکم استکهلم است. همچنین طرح قیمت‌گذاری الکترونیکی راه‌ها در سنگاپور که خطوط اصلی پرسرعت و راهای شریانی را تحت پوشش قرار می‌دهد، تلفیقی از طرح‌های زیرساخت- مبنا و کمربندی است. طرح قیمت‌گذاری کمربندی برای شهرهای نیویورک، ادینبورگ و منچستر نیز پیشنهاد شد، اما به دلیل پیدا نکردن مقبولیت عمومی، این طرح‌ها متوقف شدند.

ج. طرح‌های ناحیه- مبنا

در طرح‌های ناحیه- مبنا، خودروها برای ورود یا خروج از ناحیه یا برای سفر درون ناحیه بدون عبور از مرزهای آن ملزم به پرداخت عوارض هستند. مرزهای ناحیه می‌تواند توسط ویژگی‌های طبیعی مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، اقیانوس‌ها، کوه‌ها و همین‌طور توسط ساخت‌وسازهای محیط اطراف مانند راه‌ها، تونل‌ها، پل‌ها و مناطق مسکونی مشخص شوند. تنها طرح قیمت‌گذاری ناحیه- مبنا عملیاتی شده، عوارض تراکم لندن است.

د. طرح‌های مسافت- مبنا

در طرح‌های قیمت‌گذاری مسافت- مبنا، مقدار عوارض با توجه به میزان مسافت پیموده شده، به صورت خطی یا غیرخطی، تغییر می‌کند. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، برخی از زیرساخت‌ها نیز بر اساس مسافت قیمت‌گذاری می‌شوند. در این مورد، شبکه‌هایی که در آن‌ها از کامیون‌ها عوارض گرفته می‌شود و همین‌طور شبکه‌های دارای خطوط HOT مورد توجه هستند و احتمال دارد که عوارض روی این شبکه‌ها نیز مسافت- مبنا شود.

۳. اثرات طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک

به طور کلی اثرات اجرای طرح ترافیک را می‌توان از چهار بعد بررسی کرد، ترافیک، محیط‌زیست، عدالت اجتماعی و پذیرش عمومی. در ادامه این موارد بررسی می‌شوند.

الف. ترافیک

بعد حمل‌ونقل و ترافیک، اصلی‌ترین بخش تحت تأثیر این سیاست است. تأثیرات قیمت‌گذاری عوارض تراکم به طراحی و ساخت سیستم بستگی دارد. برای مثال در شهر اسلو، عوارض با هدف عدم تغییر شکل ترافیک شهری طراحی شده است، درحالی‌که در سنگاپور، میزان عوارض پرداختی با توجه به جریان ترافیک متغیر است. عوارض می‌تواند به پنج طریق بر سفر افراد تأثیرگذار باشد: انجام سفرها در زمانی دیگر، استفاده از مسیرهای دیگر، تغییر در مقصد، استفاده از سایر شیوه‌های سفر و یا حذف سفر. تأثیرات متفاوت قیمت‌گذاری عوارض تراکم بر سفر به چگونگی طراحی نحوه اخذ عوارض، مکان و زمان آن بستگی دارد. ساده‌ترین تأثیر آن، تغییر زمان انجام سفر است. تغییر در مسیر، شیوه سفر و یا مقصد در گام‌های آتی رخ می‌دهند؛ اما اگر گزینه‌های جایگزین به اندازه کافی جذاب باشند، تغییرات چشمگیری در دو مورد آخر ایجاد خواهد شد. البته در این زمینه نکات در پی آمده را نیز باید در نظر داشت [۳]:

• تأثیر قیمت‌گذاری عوارض تراکم بر کل حجم ترافیک در کل ناحیه شهری، اندک است. به عنوان نمونه، حجم ترافیک در مناطق مرکزی شهر لندن در ساعت‌های اوج ترافیک بین ۲۰-۳۰ درصد کاهش داشته است، درحالی‌که در کل روز تعداد کل خودروها در لندن حدود ۲-۳ درصد کاهش نشان داده است.

• کاهش حجم ترافیک منجر به حرکت سریع‌تر و با زمان‌بندی بهتر اتوبوس‌ها می‌شود. در نتیجه میزان دسترسی به اتوبوس‌ها و حمل‌ونقل همگانی افزایش یافته است.

• علاوه بر تأثیرات ترافیکی که در جریان ترافیک خود را نشان خواهد داد، می‌توان انتظار داشت که قیمت‌گذاری تراکم ترافیک تأثیر اندکی بر ایمنی ترافیک داشته باشد.

واضح است که قیمت‌گذاری تراکم ترافیک تأثیر قابل‌توجهی روی حجم ترافیک، زمان سفر و سرعت دارد. به طور کلی، انتظار می‌رود که کاهش در حجم ترافیک، کمتر از کاهش در زمان سفر باشد، چرا که یک رابطه غیرخطی بین حجم و زمان سفر وجود دارد. به عنوان یک نتیجه مثبت دیگر از اجرای طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک، می‌توان از افزایش میزان سفرها با حمل‌ونقل عمومی یاد کرد. گزارش‌های منتشرشده از نتایج پیاده‌سازی و اجرای

این پروژه در شهرهای لندن، سنگاپور و استکهلم، کاهش محسوس حجم تردد خودروهای شخصی را در مناطق اجرای پروژه نشان می‌دهد. بر اساس برآوردهای انجام شده در شهر سنگاپور، اجرای پروژه قیمت‌گذاری الکترونیکی راه موجب شده است که سرعت متوسط خودروها به مقدار ۲۲ درصد افزایش یابد. افزایش سرعت متوسط خودروها در معابر شهری یکی از شاخص‌های مهم در بهبود وضعیت ترافیک شهرها به‌حساب می‌آید [۴]. گزارش‌های مربوط به اجرای پروژه در مورد شهر استکهلم نشان می‌دهند که حجم ترافیک در محدوده مرکزی شهر به میزان ۲۲ درصد کاهش یافته است و از سوانح ترافیکی نیز در سطح معابر این محدوده بین ۹ تا ۱۶ درصد کاسته شده است [۵].

ب. محیط‌زیست

محیط‌زیست ازجمله بخش‌هایی است که متأثر از پیاده‌سازی طرح قیمت‌گذاری تراکم ترافیک است. در واقع، در تعداد قابل‌توجهی از طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک هدف اصلی از اجرای طرح، تأثیرگذاری بر محیط‌زیست و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی بوده است. در این زمینه موارد زیر قابل ذکر هستند.

تأثیرات محیطی سیستم قیمت‌گذاری تراکم ترافیک، به نحوه طراحی عوارض بستگی دارد. به عنوان نمونه می‌توان عوارض متفاوتی را بر اساس میزان آلودگی تولید شده توسط خودروها تعیین کرد و برای خودروهای با آلایندگی کمتر، تخفیف در میزان عوارض پرداختی را در نظر گرفت.

۱- تأثیر سیستم قیمت‌گذاری تراکم ترافیک بر مسافت طی شده توسط خودروها در حالت کلی، نسبتاً کم است، در نتیجه می‌توان انتظار داشت که در سطح کلان، آلودگی، چندان کاهش نخواهد یافت و تنها تأثیرات آن در سطح محلی قابل توجه است.

۲- محاسبات نشان می‌دهد که جریان روان ترافیک، تأثیر چندانی در کاهش آلودگی نسبت به حالت سنگین ترافیک ندارد.

۳- مهم‌ترین یافته محیط‌زیستی در راستای اجرای سیاست قیمت‌گذاری تراکم ترافیک، عدم نیاز به ساخت راهی جدید است. معمولاً ساخت راه‌های جدید منجر به آسیب دیدگی محیط‌های طبیعی می‌شود، زیرا هر نوع افزایش عرضه حمل‌ونقلی در راستای گسترش شبکه معابر، مخرب بافت و کاربری اراضی است.

ج. عدالت اجتماعی

عدالت مفهومی همبسته با مفاهیمی مانند حق، تکلیف، قرارداد، انصاف، آزادی و اخلاق است. در عرصه نظری شاید بتوان میان این مفاهیم تمایزات منطقی ایجاد کرد، اما تحقق عدالت در عمل همبسته با چنین مفاهیمی است. به صورت کلی سیاست‌های حمل‌ونقل همگانی شهری اثرات گسترده‌ای بر کیفیت زندگی گروه‌های مختلف جامعه دارد و اگر این سیاست‌ها بدون توجه به قواعد برنامه‌ریزی اجرا شوند، توزیع ناعادلانه سیستم حمل‌ونقل همگانی را در پی خواهد داشت. امروزه قوانین باید به‌گونه‌ای باشند که سازمان‌های دولتی برای ارائه خدمات، رفتاری منصفانه در مقابل همه گروه‌های جامعه داشته باشند. از طرفی مشکل عمده مدیران و سیاست‌گذاران حمل‌ونقل همگانی، اندازه‌گیری و ارزیابی تأثیرات عدالت در ارائه خدمات حمل‌ونقل همگانی است. این در حالی است که کمی‌سازی عدالت در حمل‌ونقل همگانی، دشوار، پیچیده و سلیقه‌ای است.

در سال‌های اخیر بررسی‌هایی در زمینه بحث عدالت و قیمت‌گذاری عوارض تراکم انجام شده است که از میان آن‌ها می‌توان به مطالعه‌ای اشاره داشت که برای شهر استکهلم به شکل کمی مباحث مربوط به عدالت را مورد بررسی قرار داده است [۵]. نتیجه این مطالعه نشان داده است که تغییر الگوی سفر افراد و همچنین نحوه استفاده از درآمد ناشی از اعمال سیاست قیمت‌گذاری عوارض تراکم می‌تواند در تعریف و دستیابی به عدالت نقش داشته باشد. همچنین در مطالعات جامع دیگری، مروری بر مباحث مربوط به عدالت در پیاده‌سازی سیاست قیمت‌گذاری معبر صورت گرفته است و اشاره داشته است که پیشرفت‌های ناشی از به‌کارگیری درآمد طرح قیمت‌گذاری، به برقراری عدالت برای کل اجتماع کمک می‌کند [۶].

د. پذیرش عمومی

تجربیات نشان داده است که مشکلات فنی و مالی دیگر، بزرگ‌ترین موانع اجرای طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم نیستند، بلکه پذیرش عمومی مهم‌تر و البته پر دردسرتر است. از آنجا که اکثر شیوه‌های قیمت‌گذاری تراکم ترافیک بر مبنای محدوده محسوب می‌شوند، تعدادی از مطالعات در این زمینه مورد مطالعه قرار گرفته است. به طور خاص مطالعه‌ای به نقش همه‌پرسی بر اساس تحلیل مقایسه‌ای از قیمت‌های احتمالی در انگلستان و استکهلم و میلان تمرکز و روش دومرحله‌ای را برای تسهیل اجرای عملی پیشنهاد کرده است. در مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۱۸ تجزیه و تحلیل دقیق شش راه قیمت‌گذاری تراکم ترافیک جاده ارائه شده است که نتیجه می‌گیرد حمایت سیاسی و عمومی از بین شش عامل اجرایی عمومی مهم‌تر هستند [۷].

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی مسائل مختلف قیمت‌گذاری تراکم از ابعاد مختلف پرداخته شد. قیمت‌گذاری تراکم یکی از مهم‌ترین بخش‌های مدیریت تقاضا و نیز مدیریت شهری است که در برخی کشورهای درحال توسعه و نیز در کشورهای توسعه‌یافته اجرا شده است.

تراکم ترافیک در شهرهای بزرگ مشکلی است که به طور روزافزون در همه جای دنیا در حال گسترش است. این اتفاق علاوه بر اثرات منفی زیست‌محیطی، باعث نارضایتی شهروندان از وضعیت شبکه معابر شهری می‌شود. ازآنجاکه هدف تمامی مدیران در سطوح عالی، فراهم کردن بیشترین میزان رفاه ممکن با توجه به امکانات موجود است و محدودیت‌های بسیاری در خصوص گسترش امکانات و زیرساخت‌ها مطرح است، استفاده از حداکثر پتانسیل موجود و ساماندهی به آن از بهترین راهکارهای برطرف کردن تراکم ترافیک به‌خصوص در نقاط مرکزی شهر هست. یکی از مهم‌ترین راهکارها برای رسیدن به این هدف، استفاده از روش‌های مدیریت دستگاه‌های حمل‌ونقل و مدیریت تقاضا است. از دیگر موارد بااهمیت در این زمینه می‌توان به جایگاه مدیریت تقاضا در کشورهای توسعه‌یافته در دوره‌های زمانی مختلف اشاره کرد کرد.

همچنین با استفاده از این سیاست، می‌توان به بهبود وضعیت آلودگی زیست‌محیطی از قبیل آلاینده‌های زیست‌محیطی و آلودگی‌های صوتی اشاره کرد. از دیگر مزایای استفاده از سیاست قیمت‌گذاری تراکم می‌توان به تأثیری اشاره کرد که بر کاهش میزان تصادف‌ها و نیز افزایش سرعت عبور و مرور دارد. طرح قیمت‌گذاری تراکم باعث بهتر شدن دسترسی حمل‌ونقل همگانی و کاهش استفاده از خودرو شخصی می‌شود. همچنین می‌توان جنبه‌های اجتماعی مختلف و تأثیرات قیمت‌گذاری را روی آن‌ها دید که در این مقاله به طور مشخص بر روی پذیرش عمومی و عدالت اجتماعی تمرکز شده است.

۵. مراجع

۱. عطائیان، ح.، رستمی، ح. (۱۳۸۹)، "کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک"، هفتمین اجلاس حمل‌ونقل و ترافیک ایران، اسفند.

۲. صفارزاده، م.، صیادحق‌شمار، س. (۱۳۹۲)، "بررسی پارامترهای مؤثر در تعیین طرح‌های قیمت‌گذاری تراکم در معابر شهری باهدف کاهش ترافیک و آلودگی هوا و صدا"، همایش مدیریت آلودگی هوا و صدا.

3. Bertolaccini, K. L. (2013), “Assessing the Equity of Transit Supply Distribution in Metropolitan Areas Using Lorenz Curves and Gini Coefficients”, pp. 39–1.

4. De Palma, A. and Lindsey, R. (2011), “Traffic Congestion Pricing MethoDOlogies and Technologies”, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 6 (19), pp. 1399–1377.

5. Eliasson, J. and Mattsson, L. G. (2006) “Equity effects of congestion pricing. Quantitative methoDOlogy and a case study for Stockholm”, Transportation Research Part A: Policy and Practice. Elsevier, 7(40), pp. 620–602.

6. Levinson, D. (2010), “Equity Effects of Road Pricing: A Review”, Transport Reviews. 1)30): p. 57-33.

7. Gu, Z., Liu, Z., Cheng, Q. and Saberi, M. (2018). “Congestion pricing practices and public acceptance: A review of evidence”, Case Studies on Transport Policy. Elsevier, 1(6), pp. 101–94.

نگاهی به آینده مهندسی عمران در ایران و بررسی امکان‌های کارآفرینی در گفت‌وگو با دکتر کمک پناه

گردآورنده: شبنم پرویزی

دلیل انتخاب موضوع کارآفرینی برای گفت‌وگو، احساس نیاز من برای تاسیس شرکت دانش بنیان در حدود ۲۰ سال قبل بود. در آن سال‌ها نه کسی از شرکت‌های دانش بنیان اطلاعی داشت و نه صحبتی می‌کرد. اما من احساس می‌کردم که مهندسی عمران به نوآوری‌هایی نیاز دارد؛ بنابراین سعی کردم یافته‌های خود از تحقیقات دانشگاهی در خارج از کشور و در داخل کشور را در پروژه‌های اجرایی کشور وارد عمل کنم. بنابراین علت انتخاب من برای صحبت در مورد موضوع کارآفرینی، به انتقال تجربه طولانی درپروژه‌های عمرانی بر می‌گردد.

در ابتدا باید بدانیم که چگونه می‌توانیم یک شخصیت کارآفرین باشیم؟ باید چه خصوصیاتی داشته باشیم؟ چگونه می‌توانیم در آینده تبدیل به یک شخص کارآفرین و دارای مهارت‌های کارآفرینی بشویم؟ برای پاسخ به این سوال‌ها ابتدا باید مقدماتی مطرح کنم و سپس در قسمت دوم صحبت‌های خودم به چشم‌انداز مهندسی عمران در آینده کشور و ارزیابی پتانسیل‌های کارآفرینی می‌پردازم.

مشکلات موجود در نظام آموزش و پژوهش

در ابتدا به «مشکلات موجود در نظام آموزش و پرورش» می‌پردازم، چرا که همه ما مهندسین دانشگاهی هستیم، تحصیلات آکادمیک داریم و هر کدام دارای تخصص‌های مختلف هستیم. من معتقد هستم که همیشه باید اصل را روی خودمان قرار دهیم. اگر نتوانیم خودمان را تغییر دهیم و با وضعیت بیرون تطبیق دهیم، خود به خود نخواهیم توانست در آینده مهندسی عمران که جایگاه ویژه‌ای در کشور دارد، فردی موفق باشیم. بنابراین مطالبی را عرض خواهم کرد که ما را در جهت آماده شدن به عنوان یک کارآفرین کمک می‌کند.

نظام آموزشی ما کانالیزه شده است. در این نظام افراد ممکن است به سراغ رشته‌هایی بروند که کمترین علاقه‌ای به آن ندارند و این اشکال نظام آموزشی ماست. اگرچه اغلب دانشجوها در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری علاقه‌مند به گرایش خود هستند و در زمینه‌های تخصصی فعالیت دارند، این تخصصی شدن، ما را از جامع نگری مهندسی عمران دور می‌کند. من همیشه در کلاس به دانشجویانم گوشزد می‌کنم که «شما مهندس عمران هستید، باید وقت و انرژی خودتان را در همه زمینه‌ها صرف کنید. لزومی ندارد که اگر گرایش سازه هستید، حتما در آن زمینه کار کنید». این مسیر، یعنی متخصص شدن در رشته که ما را کارگر بار می‌آورد و نه کارآفرین. کارگر بودن یعنی که یاد بگیریم که چه کاری را چگونه انجام دهیم. درحالی‌که کسی که علاقه دارد کارآفرین باشد؛ باید جامع‌نگر باشد. باید یادگیری مطالب غیر ضروری را از خود دور کنیم، اگرچه نمی‌توان در طول تحصیل جلوی این مقوله را گرفت، اما پس از فارغ التحصیلی و وارد شدن به بازار کار، باید این حصار را از خود دور کنیم و به دنبال یادگیری هدفمند باشیم. در خاطرم هست که در یکی از پروژه‌هایی که به عنوان سرپرست کارگاه فعال بودم، شرایطی پیش آمد که برای یادگیری مکانیک ماشین آلات کارگاه، احساس نیاز کردم و چند ماه به عنوان شاگرد در کنار فردی مشغول شدم که مسئول فنی مکانیک ماشین آلات آن پروژه بود. یادگیری من در این زمینه به حدی رسید که بعد از انقلاب در جهاد سازندگی، ماشین آلات راهسازی را هم به صورت تئوری و هم به صورت عملی تدریس می‌کردم. وقتی احساس نیاز کردم، یادگیری را از صفر شروع کردم و حالا اطلاعاتم در حوزه طراحی، مهندسی و اجرای آسانسورها در سطح بسیار بالایی است. باید به اندازه نیازمان آموزش ببینیم. در نظر داشته باشید که کارآفرین‌های نمونه در سطح جهان، بعضاً تحصیلات آکادمیک خود را نیمه کاره رها کردند. پس نباید خود را در حصار تحصیلات عالیه تخصصی قرار دهیم. از طرف دیگر، بیشتر پژوهش‌های انجام شده در دانشگاه‌های کشور برای تولید مقاله و دور از صنعت است و بهره کمی برای تولید دارد. اگرچه این موارد هم در جای خود اهمیت دارند، اما در کشور ما نیاز به تحقیقاتی است که نمی‌توان این تحقیقات را تبدیل به مقاله کرد. از جمله می‌توان به پروژه‌هایی اشاره کرد که در کشورهای پیشرفته جهان انجام شده است، ولی در ایران هنوز انجام نشده است. در واقع انجام تحقیقات مرتبط با تولیدات دانش بنیان کمک کننده برای اجرای پروژه‌ی خاص در کشور هستند، ولی چون کشورهای پیشرفته‌تر زودتر به این تکنولوژی دست یافته‌اند، پس نمی‌توان این تحقیقات را به مقاله تبدیل کرد.

خصوصیات فرد کارآفرین

- جامع نگری در امور مرتبط با فعالیت خویش و آموزش دائمی در راستای آن

ما اگر مهندس عمران هستیم باید جامع‌نگر باشیم. از اسکلت فلزی هم سر در بیاوریم، از اسکلت بتنی هم سر دربیاوریم. از وقت خود به نحو احسن استفاده کنیم.

- عاشق کار و تلاش و داشتن مسلک عاشقی

یک فرد کارآفرین عاشق کار و تلاش است. عاشق یعنی همه چیزش را فدای عشق خود در یک هدف مشخص می‌کند.

- عاشق وطن و ملت خویش

ژاپنی‌ها معتقد هستند که ۲ عامل باعث پیشرفت‌شان شده است، اول اهمیتی که برای آموزش قائل هستند و دوم عشقی که به وطن خویش دارند.

- ماجراجو و نترس و ریسک‌پذیر در کار خویش

اگر بترسیم، نمی‌توانیم کاری را انجام دهیم.

- پژوهشگر اجرا محور و تلاش در مهندسی معکوس

این یک نیاز برای مهندسان کشور است، باید از مهندسی دنیا یاد بگیریم. من در طی دو سال و نیم موفق شدم تکنولوژی ساخت ویسکوز دمپر بر اساس تکنولوژی ژاپن و چین را به صورت تئوری و عملی یاد بگیرم و در ایران

بسازم. با اینکه زمانی برابر دو سال و نیم طول کشید، اما به هر حال موفق به انجام آن شدیم. پس انجام مهندسی معکوس بسیار مهم است.

- تلاشگر مستمر و مدیریت زمان

اگر از زمان خود به خوبی استفاده کنیم، می‌توانیم بگوییم که عمرمان را مفید گذرانده‌ایم. زیرا تنها چیزی که از دست می‌دهیم و قابل خریدن نیست، همین عمر است.

- دقت در جزئیات

متاسفانه ما ایرانی‌ها کلی نگر هستیم، فکر می‌کنیم که اگر کلیات را بلد باشیم، اجازه داریم که در هر زمینه‌ای اظهار نظر کنیم. باید یاد بگیریم که فقط زمانی می‌توانیم اظهار نظر کنیم که از ۱۰۰ درصد آن مطمئن باشیم.

یک پژوهشگر اجرایی را در نظر بگیرید، اگر این پژوهشگر در جزئیات دچار اشتباه شود، آن چیزی که ساخته می‌شود، به خوبی کار نمی‌کند و یا به اصطلاح درست از آب در نمی‌آید.

چشم انداز مهندسی عمران در جهان و ایران (بررسی پتانسیل‌های ایران و جهان)

دولت‌ها و ملت‌ها، نیازهایی دارند که در ابتدا به عنوان یک مهندس عمران باید در راستای برآورده کردن این نیازها تلاش کنیم. به تدریج با کم شدن پروژه‌های ضروری نظیر سدها و پل‌های بزرگ که مبتنی بر ارتقاء دانش فنی ساخته شده‌اند، پروژه‌ها به سمت لوکس شدن رفتند. برای مثال برج دبی که ارتفاعی برابر ۸۰۰ متر دارد. معنی پروژه‌های لوکس یعنی طراحی و اجرای پروژه فراتر از نیاز. به نوعی این پروژه‌ها نماد قدرت مهندسی کشور سازنده قرار گرفته‌اند. علاوه بر آن، پروژه‌هایی هستند که با معماری خاص اجرا می‌شوند و جهانیان از آن لذت می‌برند.

برای مثال دو پروژه در ژاپن را مثال می‌زنم که در آن پروژه‌ها حضور داشتم، پروژه سد گاسان ژاپن، که با تکنولوژی RCC ساخته شده است و ارتفاعی برابر ۱۲۵ متر دارد و پروژه پل Yahagigawa Bridge که یک پل کابلی است و پایه‌های آن شکل معماری خاصی دارد.

هر دوی این پروژه‌ها بسیار پر زحمت و پر هزینه بودند و این امکان وجود داشت که با هزینه کمتر اجرا شوند، اما چیزی که در این کشور مهم است، این است که برای اجرا پروژه‌های با دانش فنی بالا هزینه می‌کنند. حاضر هستند به میزان ۳۰ درصد پروژه را گران‌تر اجرا کنند، فقط برای معماری خاص آن پروژه، یعنی برای زیبایی هزینه می‌کنند.

در جنوب فرانسه بلندترین پل جهان به نام (Millau Viaduct) اجرا شد. معمار این پروژه، نورمن فاست انگلیسی بود. این پل طولی برابر ۲٫۵ کیلومتر دارد و تکنولوژی ساخت آن بسیار پیچیده و منحصر به فرد است. در زمان افتتاحیه این پل، یکی از خبرنگارها از رییس جمهور وقت فرانسه این سوال را پرسید: «آقای رییس جمهور، ساخت پروژه‌ای که دو طرف کوه را به هم متصل می‌کند، ارزش این همه هزینه گزاف را داشت؟»

در پاسخ رییس جمهور این طور جواب داد «وقتی در میدان داخل پاریس یک مجسمه و یا یک یادبود با هزینه بالا اجرا می‌کنیم، آیا ارزش ندارد؟»

در ایران نیز پروژه‌هایی به این صورت اجرا شده است که از جمله آن می‌توان به برج میلاد اشاره کرد. بنده هم در پروژه‌هایی که کار می‌کردم، سعی کردم این موارد را در نظر بگیرم. برای مثال می‌توان به پل کابلی اشاره کرد که در شهر تبریز قرار دارد و به یکی از نمادهای شهر تبریز تبدیل شده است. برای اجرای قوس‌ها، برجستگی‌ها و فرورفتگی‌ها پیلون پل، هزینه اضافی پرداخت شده است. همچنین به پل کابلی میدان امام حسین مشهد اشاره می‌کنم که اگر تکنولوژی بالای بتن آرمه را به کار نمی‌بستیم، امکان اجرای این پل را نداشتیم. پایه‌های این پل که به شکل حرف لاتین A طراحی شده است، از حرف اول نام علی ابن موسی الرضا الهام گرفته شده است.

واقعیت این است که در زمانی هستیم که بودجه‌های دولتی محدودتر شده‌اند و باید جایگزینی برای آن پیدا کرد. البته این مسئله فقط مربوط به کشور ما نیست، بلکه در تمام دنیا مطرح است. پس باید بررسی کرد که چه پتانسیل‌هایی در کشور ما وجود دارد و چگونه می‌توان از این پتانسیل‌ها استفاده و کارآفرینی ایجاد کرد.

برای توسعه آینده مهندسی عمران، باید توجه خودمان را از بودجه‌های دولتی به سمت بودجه‌های مردمی ببریم. ارائه روش‌های فناورانه مردم پسند باعث می‌شود که این هدف دست یافتنی بشود.

پتانسیل های بالقوه در آینده کشور

ما چه پتانسیل‌های بالقوه‌ای در آینده کشور داریم که می توانند مهندسی عمران را متحول کنند؟ این یک واقعیت است که کشور ما لرزه‌خیز است. زمانی که زلزله بیاید، کشور همان لحظه با یک بحران روبرو می‌شود. ما باید این فرهنگ را عوض کنیم و قبل از ایجاد یک بحران، برای آن بحران چاره اندیشی کنیم. متاسفانه یک نگرش غلط تبدیل به یک فرهنگ شده است که اول اجازه دهیم بحران شکل بگیرد و بعد به فکر رفع آن بحران باشیم.

بنابراین باید مقاوم‌سازی را تبدیل به یک فرهنگ کنیم. الگوهای اجرا شده در کشورهای دیگر را یاد بگیریم و در تحقیقات کاربردی، آن را در قالب روش‌های بومی اجرا کنیم. حدود ۱۵ سال پیش بعد از زلزله بم دیدم که در یک مرکز تحقیقات در ژاپن، یک تیم بر روی خانه‌های روستایی خشت و گلی ما و چگونگی مقاوم‌سازی آن، پروژه تحقیقاتی انجام می‌دادند که در حین زلزله این خانه‌ها فرو نریزند. در حالی‌که ما همچنان به این موضوع فکر می‌کنیم که باید این خانه‌ها را از نو بنا کرد. در واقع به جای پیدا کردن روش‌های ساده و ارزان قیمت، به روش‌های پرهزینه فکر می‌کنیم، آن هم زمانی که بودجه اندک داریم. حتی اگر بتوانیم درصدی از کشته‌ها و زخمی‌ها را کم کنیم، خدمت بزرگی انجام داده‌ایم.

در کشور ما خوشبختانه تولید مصالح ساختمانی وضعیت خوبی دارد، نه تنها تولید، بلکه این مصالح صادر نیز می‌شوند. به عنوان یک فرهیخته باید برای آینده این کارخانجات تلاش کنیم. یعنی به همان اندازه تولید این مصالح، ایجاد کار کنیم. با تعریف فرهنگ مقاوم‌سازی برای آینده کشور می‌توان این صنعت را فعال نگه داشت. به جای پرداخت هزینه بسیار زیاد، باید کاری کرد که مردم خودجوش به دنبال مقاوم‌سازی باشند.

استراتژی مقاوم‌سازی ساختمان‌ها در ژاپن

من یک مثال از ژاپن می‌زنم که بدانیم ژاپنی‌ها چه کردند و ما باید چه کار کنیم. استراتژی مقاوم‌سازی در ژاپن در زلزله کوبه کلاً عوض شد. بنابراین استراتژی مقاوم‌سازی تقسیم می شوند به:

- قبل از زلزله کوبه ۱۹۹۵
- بعد از زلزله کوبه ۱۹۹۵

کشور ژاپن همیشه به خود می‌بالید که می‌تواند ساختمان‌هایی مقاوم در برابر زلزله بسازد. در زلزله کوبه حدود ۶۰۰۰ نفر کشته شدند و خرابی‌های بسیاری به بار آمد. بعد از این زلزله، ژاپن توجه خودش را روی این موضوع متمرکز کرد که چه چیزهایی باید تغییر کند.

در سال ۱۹۷۳، انجمن JADPA (Japan Architecture Disaster Prevention Association) تشکیل شد. یعنی از سال ۱۹۷۳ مقاوم‌سازی و کاهش خسارت را مد نظر قرار دادند. کنترل لرزه‌ای ساختمان‌های در حال ساخت از سال ۱۹۷۳ تا ۱۹۸۱ توسط همین گروه انجام شد. از سال ۱۹۷۷ مقاوم‌سازی ساختمان‌های بتنی آغاز شد و از سال ۱۹۸۱ تدوین آیین‌نامه جدید را آغاز کردند. یک موضوع قابل توجه این است که مهندسی زلزله در ژاپن جزو زیرمجموعه رشته معماری است، زیرا که در حین زلزله تنها بحث مقاومت سازه‌ای یک بنا مطرح نیست و مقاوم بودن معماری در برابر زلزله نیز اهمیت بالایی دارد. بر اساس این استراتژی، برای همه سازه‌ها از جمله پل، تونل، جاده و ساختمان آیین‌نامه تدوین شد.

بعد از زلزله کوبه در سال ۱۹۹۵، دولت مصوبه‌ای بر اساس تدوین استراتژی مقاوم‌سازی تصویب کرد و انجمن JADPA، فعالیت‌هایی را در راستای تدوین استراتژی و تعیین الگو انجام داد.

از جمله فعالیت‌های انجمن JADPA:

- تعیین اعضاء و صلاحیت آنها
- دریافت حق عضویت
- تشکیل بوردهای تخصصی دائمی و موقت
- تدوین کتاب‌ها و دستورالعمل‌های تخصصی
- آموزش اعضاء و صدور حکم
- بازدید از مناطق زلزله زده و تدوین راهکارهای تکنیکی
- تحقیق و تدوین آیین‌نامه
- تبلیغات و تدوین اطلاعات عمومی

تشکیل بوردهای تخصصی

این انجمن چند بورد تخصصی بر اساس چهار نوع ساختمان رایج در ژاپن، یعنی ساختمان بتنی، فلزی، چوبی و کامپوزیت (SRC) تشکیل داد و بر این اساس تدوین کتاب‌ها و آیین نامه‌ها، تصویب طرح‌های مقاوم‌سازی عمومی و آموزش در قالب بوردهای تخصصی دائمی را در برنامه کاری خود قرار داد. همچنین تصویب طرح‌های مقاوم‌سازی منازل و به‌کار بستن آموزش‌های عمومی در این راستا را به عنوان بورد تخصصی غیردائمی تشکیل داد. در ژاپن آموزش از اهمیت بالایی برخوردار است و همیشه سعی می‌کنند آموزش را سرلوحه کارها قرار دهند.

طرح‌های مقاوم سازی لرزه ای

طرح‌های مقاوم‌سازی به دو دسته اجباری و اختیاری تقسیم می‌شود. طرح‌های اجباری شامل ساختمان‌ها و مراکز عمومی (دولتی و خصوصی) و طرح‌های اختیاری شامل منازل مسکونی هستند. کاربرد واژه اختیاری در اینجا به این معنی است که باید کاری کرد تا مردم خودشان به مقاوم‌سازی منازل ترغیب شوند. فرآیند طرح‌های مقاوم‌سازی لرزه‌ای به چهار قسمت تقسیم می‌شود:

- ارزیابی (یعنی چقدر مقاوم است و چقدر نامقاوم)
- طراحی
- تصویب
- اجرا

اما بحث اصلی هزینه است. من سعی می‌کنم تجربه ژاپن را بگویم که آنها چه کاری انجام دادند و چگونه توانستند مردم را به مقاوم‌سازی منزل شخصی خود تشویق کنند. هزینه برای مقاوم‌سازی ساختمان‌های شخصی از سه طریق در ژاپن مهیا می‌شود. هزینه‌های مالک، کمک‌های بانکی و کمک‌های دولت (متفاوت در استان‌های مختلف). دولت کمک می‌کند، البته نه به این اندازه که یک شهر را بسازد.

کمک‌های دولت در ایالت توهوکو

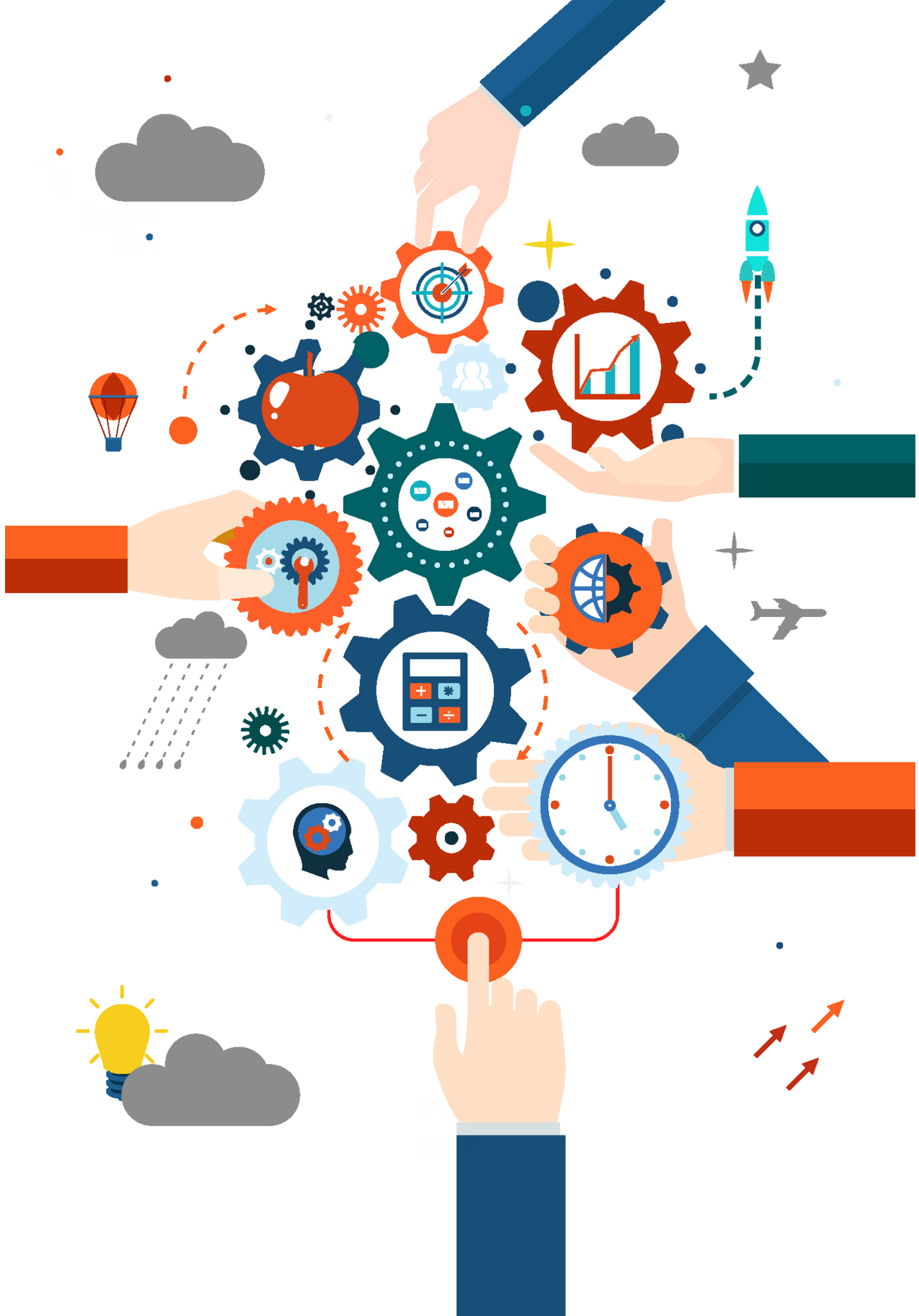
ایالت توهوکو یک منطقه بسیار لرزه‌خیز در ژاپن است که سال‌های قبل در آن سونامی اتفاق افتاد و خسارت‌های شدید بر آن وارد شد. اطلاعات زیر بر اساس روندی است که ایالت توهوکو برای مقاوم‌سازی منازل دنبال می‌کند. روندی که این استراتژی دنبال می‌کند به این صورت است: ارزیابی، طراحی، اجرا. برای آن‌که این استراتژی پیاده شود، تشویق‌ها و محدودیت‌ها را در نظر می‌گیرند. در ژاپن هر وقت مالک ساختمانی اقدام به فروش می‌کند، خریدار از مقاوم‌سازی و نحوه مقاوم سازی ساختمان سوال می‌پرسد و فروشنده موظف است که گواهی ارزیابی ساختمان را ارائه دهد و بعد از آن شخص خریدار اقدام به خرید می‌کند. علاوه بر آن برای ساختمان‌هایی که مقاوم‌سازی نشده‌اند گواهی فروش صادر نمی‌شود.

سطح آگاهی ژاپنی‌ها بسیار بالاست، به این صورت که اگر در ساختمان نوساز در ژاپن از ابزارهای پیشرفته جداگرهای لرزه‌ای استفاده نشده باشد، آن ساختمان به فروش نمی‌رود. سازمان بیمه نیز بر مبنای مقاوم‌سازی، ساختمان را با هزینه کمتری بیمه می‌کند.

در مرحله اول مقاوم‌سازی، ارزیابی انجام می‌شود، یعنی پایداری ساختمان نسبت به زلزله‌ای ارزیابی می‌شود که ممکن است در آن ناحیه اتفاق بیفتند. پرداخت هزینه به این صورت است که مالک در این مرحله ۳۰۰۰ ین (معادل ۳۰ دلار) و دولت ۲۷۰۰۰ ین (معادل ۳۰۰ دلار) پرداخت می‌کند. بخش عمده این هزینه را دولت و یا شهرداری آن ناحیه تقبل می‌کند، چرا که در هنگام زلزله، شهرداری بزرگ‌ترین معضل را دارد. هزینه پرداختی در گام طراحی مقاوم‌سازی به این صورت در نظر گرفته می‌شود که مالک ۱۷۵۰۰ ین (معادل ۱۷۵ دلار) و دولت ۱۴۰۰۰۰ ین (معادل ۱۴۰۰ دلار) می‌پردازد. هزینه‌های اجرای مقاوم‌سازی نیز به این صورت است که مالک ۷۰ درصد و دولت محلی ۳۰ درصد هزینه را پرداخت می‌کند. همچنین مالک می‌تواند این هزینه را به صورت وام از بانک با بهره کم دریافت کند.

اقدامات انجمن JADPA

از جمله اقدامات انجمن JADPA می‌توان به انتشار نشریاتی اشاره کرد که با زبان بسیار ساده، دستورالعمل‌های ارزیابی، تحلیل و طراحی مقاوم‌سازی ساختمان‌ها را برای ساختمان‌های بتن مسلح، فلزی، چوبی و SRC توضیح می‌دهد. برای مثال به راحتی



در نشریه نشان می‌دهد که آیا پنجره‌ها در در زلزله آسیب می‌بینند و همچنین تعیین می‌کند که چگونه آسیبی می‌بینند و چگونه می‌توان این پنجره‌ها را در مقابل زلزله مقاوم کرد.

همچنین مطالبی از جمله گزارش رفتار ساختمان‌ها در زلزله‌هایی که اخیرا اتفاق افتاده است، گزارش پروژه‌های مقاوم‌سازی شده و مجموعه مقالات سمینارها و کنفرانس‌ها را نیز منتشر می‌کند. توجه داشته باشید که مردم اگر ندانند که دقیقاً چه چیزی می‌خواهند، برای آن هزینه نخواهند کرد.

آموزش‌های لازم

به عنوان یک مهندس عمران موظف هستیم که برای آینده شغلی خود و کشور به صورت مداوم و پیوسته آموزش ببینیم. در ادامه سعی می‌کنم به مواردی اشاره کنم که آموزش در این زمینه‌ها را مهم می‌دانم.

- مهندسی زلزله و ژئوتکنیک لرزه‌ای
- آیین‌نامه ۲۸۰۰ از ویرایش اول تا چهارم
- مهندسی ریسک و ارتباط آن با فرآیندهای بیمه
- فناوری بتن‌های مقاومت بالا و سیستم‌های جداگر لرزه‌ای
- فیلم‌های اجرای پروژه‌های بزرگ و مقاوم سازی‌ها
- بازدید از پروژه‌های در دست اجرا

اقدامات ضروری

برای به حرکت درآوردن این طرح لازم است که فعالیت‌های جدیدی از جمله استارتاپ‌ها به‌وجود آیند و در راستای اصلاح فرهنگ، یعنی اقدام برای رفع یک بحران قبل از آن‌که اتفاق بیفتد، قدم بردارند. در این راه انجمن‌ها و نهادهای مختلفی وجود دارند که می‌توانند فرآیند اجرا را تقویت کنند تا در نهایت این طرح به موفقیت برسد. به عنوان عضو هیئت مدیره انجمن زلزله ایران اعلام می‌کنم که انجمن زلزله از گروه‌هایی که این هدف را دنبال می‌کنند، حمایت می‌کند و تا اجرایی شدن این ایده، این گروه‌ها را یاری خواهد کرد. از جمله این اقدامات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- استفاده از بازوهای انجمن‌های مردم نهاد
- ارائه طرح‌های نوآورانه اجرایی
- ارائه راه حل‌ها به سازمان نظام مهندسی
- ارائه راه حل‌ها به وزارت راه و شهرسازی
- ارائه راه حل‌ها به شوراهای اسلامی شهرها
- ارائه راه حل‌ها به مجلس شورای اسلامی
- ارتباط مستقیم با سازمان مدیریت بحران و تأمین کننده خسارت‌ها (بیمه ها)

بهینه سازی فرآیند پالایش خاک ماسه‌ای آلوده به ترکیبات نفتی آروماتیک به روش خاکشویی

محمدرضا صبور[1]، قربانعلی دزواره[2]

۱- دانشیار دانشکده مهندسی عمران و نقشه‌برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
۲- استادیار گروه مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های صنعتی، ترکیبات نفتی است که با توجه به خطرهای بسیار بالای زیست‌محیطی این مواد، برهم زدن اکوسیستم خاک و احتمال آلوده کردن سفره‌های آب زیرزمینی در زمره مهم‌ترین آلاینده‌ها به‌شمار می‌رود. از جمله ترکیبات نفتی و آلاینده محیط که مصرف گسترده‌ای در جوامع مختلف خصوصاً ایران دارد، گازوئیل است. روش‌های متعددی برای تصفیه‌ی سایت‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی ارائه شده است. یکی از این روش‌ها، خاک‌شویی بهبودیافته به‌کمک سورفکتانت (ماده‌ی سطح فعال) یا شوینده است.

مقاله حاضر به بررسی پاکسازی خاک ماسه‌ای مورد استفاده در انبارهای نفتی، به روش خاک‌شویی می‌پردازد. خاک آماده شده به صورت مصنوعی به میزان ۱۵۰ گرم در یک کیلوگرم خاک، آلوده به گازوئیل شد. سپس توانایی دو سورفکتانت غیریونی Brij۳۵ و Triton X۱۰۰ در حذف ترکیبات آروماتیک مورد بررسی قرار گرفت. به همین جهت سه پارامتر غلظت محلول شوینده، حجم محلول شوینده و زمان اختلاط که از جمله عوامل موثر در بازدهی شوینده‌ها هستند، در سطوح مختلف مورد آزمایش قرار گرفت .نتایج نشان داد در غلظت ۴ گرم بر لیتر، میزان حذف ترکیبات آروماتیک در حدود ۵۳% برای شوینده Brij۳۵ و ۴۵% برای سورفکتانت TritonX۱۰۰ بوده است. این نتایج، گواه کارایی مثبت شوینده‌ها در حذف آلاینده‌های نفتی تلقی می‌شود. همچنین مشخص شد توانایی Brij۳۵ در حذف ترکیبات الیفاتیک، در مقایسه با TritonX۱۰۰، بیشتر است. در ادامه مشخص شد که با افزایش حجم محلول Brij۳۵ از ۱۰۰ به ۸۰۰ میلی‌لیتر، میانگین حذف آروماتیک‌ها ۴۱% افزایش داشته است. این افزایش در مورد شوینده TritonX۱۰۰، ۳۷% به‌دست آمد. همچنین بازدهی حذف آلاینده‌های نفتی، از زمان ۱۵ به ۳۰ دقیقه شست‌وشو، با جهش قابل ملاحظه‌ای همراه بود، لذا زمان نیم ساعت به عنوان مناسب‌ترین زمان شستشو انتخاب شد.

کلمات کلیدی: خاک آلوده، ترکیبات نفتی، گازوئیل، پاکسازی خاک، شست‌وشوی خاک، سورفکتانت، Brij۳۵، TritonX۱۰۰

۱. مقدمه

با رشد سرسام‌آور تکنولوژی و گسترش روزافزون صنعت، همه روزه بر مقادیر آلاینده‌های تولیدی در جهان افزوده می‌شود. با توجه به محدودیت منابع و لزوم پاک نگه داشتن محیط، رفع آلودگی از خاک‌ها که در طی انواع فرایندهای صنعتی آلوده شده‌اند، ضرورتی اساسی به‌شمار می‌رود. یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های صنعتی، ترکیبات نفتی است، که با توجه به خطرهای بسیار بالای زیست‌محیطی این مواد، برهم زدن اکوسیستم خاک و احتمال آلوده کردن سفره‌های آب زیرزمینی در زمره مهم‌ترین آلاینده‌ها به‌شمار می‌رود. بنابراین، یکی از وظایف اصلی نسل فعلی و آینده در جهت حفظ محیط‌زیست، رفع آلودگی‌های مختلف همچون ترکیبات نفتی و ارائه راه‌حل مناسب جهت حل این معضل بسیار مهم است[۱].

ایران با توجه به دارا بودن ۸/۵۸ درصد از منابع نفتی جهان، تولیدات پتروشیمی در حدود ۱۶ میلیون تن در سال، که تا سال ۱۳۸۴ به ۳۵ میلیون تن رسیده است، مقام دوم بودن در ذخایر گازی جهان، وجود بیش از ۲۰۰۰۰ کیلومتر خط انتقال نفت و گاز، دارا بودن بیش از ۸۰۰۰ ایستگاه سوخت‌گیری، ۹۰۰۰ تانکر حمل نفت و فرآورده‌های نفتی، ۱۰۰۰ تانکر حمل گاز مایع، ۱۳۰ واحد پرکننده مخزن گاز و ۸۵ انبار نفت، به میزان زیادی در معرض آلوده شدن خاک و آب به نفت و فرآورده‌های نفتی قرار دارد[۲]. بنابراین توجه به مسأله آلودگی‌های نفتی و ارائه راه‌حل مناسب جهت حل این معضل، بسیار مهم است.

از جمله ترکیبات نفتی و آلاینده محیط که مصرف گسترده‌ای در جوامع مختلف خصوصاً ایران دارد، گازوئیل است. گازوئیل مخلوطی از هیدروکربن‌هایی از نوع پارافین‌ها، نفتن‌ها، آروماتیک‌ها، سیکلوآروماتیک‌ها و آروماتیک‌های چندحلقه‌ای با رنگ زرد کهربایی است که به عنوان سوخت در موتورهای درون‌سوز دیزلی و انواع مشعل‌های خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱].

مهم‌ترین راهکار پس از جلوگیری از آلودگی خاک، پاکسازی آن است. روش‌های پاکسازی خاک به تنهایی و بدون ارزیابی دقیق منطقه آلوده مورد نظر قابل استفاده نیست و فقط پیشنهاد کلی، جهت مطالعه و برنامه‌ریزی پیرامون رفع آلودگی هستند. در مورد هر محل آلوده باید مطالعه و ارزیابی ویژه منطقه صورت پذیرد و طراحی روش‌های پاکسازی باید بر اساس ویژگی‌های منطقه مورد نظر باشد.

روش‌های رفع آلودگی از خاک به سه دسته کلی بیولوژیکی، فیزیکی- شیمیایی و حرارتی تقسیم می‌شوند و کلیه روش‌های پاکسازی زیرمجموعه‌ای از این سه دسته محسوب می‌شوند. عملیات پاکسازی به وسیله هر کدام از این روش‌ها به صورت خارج از محل آلوده یا در محل آلوده انجام می‌گیرند.

آمار نشان می‌دهد که بسیاری از روش‌های پاکسازی ترکیبات نفتی به صورت فرآیند خارج از محل است. از جمله این روش‌ها که هم به صورت در محل و هم خارج از محل قابل انجام هستند، روش خاکشویی است که در زمره روش‌های شیمیایی قرار می‌گیرد.

خاک‌شویی یکی از پرکاربردترین روش‌های پاکسازی خاک آلوده است. در گذشته، آلاینده‌های شیمیایی در خاک، با فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی پرهزینه حذف می‌شد؛ ولی امروزه، شست‌وشوی خاک با استفاده از شوینده‌های تجاری و ارزان‌قیمت، جهت زدودن مواد شیمیایی خطرناک در خاک، صورت می‌گیرد. در حال حاضر، به‌کارگیری مکانیزم خاک‌شویی خارج از محل، جزء مهم‌ترین راهکارهای پاکسازی خاک‌های آلوده به‌شمار می‌آید[۳].

عبارت «عامل فعال سطحی» یا سورفکتانت، به یک مولکول غیریکنواخت (ناهمگن) و بلند زنجیره‌ای اطلاق می‌شود که شامل هر دو بخش آب-دوست (سر) و آب‌گریز (دم) می‌شود. گروه آب‌دوست سورفکتانت، یک گروه یونی و یا به‌شدت قطبی است. عملکرد کلی سورفکتانت‌ها در پاکسازی محیط آلوده به ترکیبات نفتی به این صورت است که انتهای آب‌گریز شوینده به سمت آلاینده میل می‌کند و به آن متصل می‌شود. انتهای آب‌دوست شوینده با آب پیوند هیدورژنی تشکیل می‌دهد و باعث کنده شدن آلاینده از سطح آلوده و معلّق نگه‌داشتن آلاینده در محلول و در نتیجه حذف آلودگی می‌شود[۴].

اوروم و همکاران در سال ۲۰۰۴، دریافتند که در فرایند خاک‌شویی با استفاده از شوینده‌ها، در شرایط یکسان، پاکسازی خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی با میزان آلودگی کمتر و ذرات درشت‌دانه‌تر، بازدهی بالاتری نسبت به تصفیه خاک‌های آلوده‌تر و ریزدانه‌تر دارد [۵]. در تحقیقاتی که بندری و همکاران در سال ۲۰۰۱ در زمینه شست‌وشوی خاک‌های آلوده به هیدروکربن‌های نفتی انجام دادند، مشخص شد که وجود مواد آلی طبیعی در خاک، می‌تواند بازدهی روش خاک‌شویی را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. آن‌ها دریافتند که وجود SOM و اسیدهای هیومیک در سطح خاک، باعث می‌شود که آلاینده‌های نفتی، محکم‌تر و سخت‌تر به سطح خاک بچسبند و در نتیجه، بازدهی حذف کاهش یابد. با توجه به نتایج آن‌ها، به طور کلی می‌توان گفت، هر چه مواد آلی طبیعی و اسیدهای هیومیک در خاک کمتر باشد،

بازدهی حذف در خاک‌شویی بیشتر است. آن‌ها همچنین گزارش کردند که توانایی آب مقطر و یک سورفکتانت غیریونی در حذف هیدروکربن‌های نفتی از ماسه آلوده، در pH برابر با ۷، تقریباً یکسان به‌دست آمده است. با افزایش pH از ۷ به ۱۲، بازدهی حذف پس از شست‌وشو با آب مقطر تغییری نکرد ولی ضمن استفاده از محلول شوینده غیریونی، افزایش قابل توجهی را از خود نشان داد. آن‌ها علت این افزایش را انبساط SOM از حالت متراکم به حالت شل، به دلیل بالاتر رفتن pH و در نتیجه افزایش دسترسی شوینده به سطوح داخلی درشت ملکول‌های SOM بیان کردند [۶].

در مطالعه‌ای که توسط دشپند و همکاران در سال ۱۹۹۹، روی چند نوع خاک آلوده به مواد نفتی انجام گرفت، مشخص شد که رفتار شوینده-های آنیونی و غیریونی در غلظت‌های کمتر و همچنین بیشتر از CMC با یکدیگر متفاوت است. شوینده‌های غیریونی نسبت به سورفکتانت‌های آنیونی به میزان بیشتری جذب سطح خاک می‌شوند. چرا که شوینده‌های آنیونی، به خاطر ایجاد نیروی دافعه بین سر آب‌دوست و سطح ذرات خاک که بار منفی دارند، کمتر جذب خاک می‌شوند. لوپز و همکاران در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۴، اثر افزودن نمک را بر بازدهی شست‌وشوی خاک‌های آلوده به نفت سنگین، در حضور شوینده‌ها بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که بازدهی حذف TPH از خاک آلوده، توسط محلول سورفکتانت SDS، بدون حضور نمک طعام ، ۳۹ درصد بود که پس از افزودن یک و دو درصد از نمک، به ترتیب به حدود ۶۰ و ۷۰ درصد افزایش یافت [۷]. خدادادی و همکاران در سال ۱۳۸۶ به بررسی پاکسازی خاک‌های آلوده به گازوئیل به کمک شوینده‌ها پرداختند و خاک تا میزان ۱۰ پوروالیوم مورد شست‌وشو قرار گرفت و تغییرات نفوذپذیری و روند پاکسازی در طول آزمایش اندازه‌گیری شد. [۸]

مقاله حاضر به بررسی پاکسازی خاک ماسه‌ای مورد استفاده در انبارهای نفتی، جهت جمع‌آوری ریخت‌وپاش‌ها و سرریز گازوئیل از انبارهای مربوطه، می‌پردازد. در انبارهای نفتی تهران، از خاک ماسه‌ای به منظور تمیز کردن و پاکسازی محیط استفاده می‌شود که پس از آلوده شدن خاک به گازوئیل، آن را درون بشکه‌هایی انبار می‌کنند. یکی از مشکلات موجود در سایت انبارهای نفتی، وجود بشکه‌هایی مملو از خاک آلوده است.

در مرحله اول این تحقیق، توانایی یک محلول سورفکتانت غیریونی (Triton X۱۰۰: TX۱۰۰) و یک سورفکتانت آنیونی (Sodium DOdecyl Sulfate: SDS) در چهار غلظت ۰، ۰/۵، ۲/۰ و ۴/۰ گرم بر لیتر بررسی شد.

در مرحله دوم، پس از انتخاب سورفکتانت مناسب، اثر حجم محلول، زمان شست‌وشو، سن آلودگی و تکرار شست‌وشو بر حذف ترکیبات نفتی (اعم از الیفاتیک و آروماتیک) مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. انتخاب نوع خاک

خاک مورد مطالعه، در دسته خاک‌های ماسه‌ای قرار دارد. این دسته ازخاک‌ها عموماً از ۸۰ درصد ماسه تشکیل شده‌اند. قطر دانه‌ها از ۰/۰۶ تا ۲ میلی‌متر است و بر حسب اندازه دانه‌های ماسه، به خاک‌های ماسه‌ای درشت، متوسط و ریز تقسیم می‌شوند. در این تحقیق از خاک‌های ماسه‌ای ریز موسوم به ماسه‌بادی استفاده شده است[۵].

میانگین مقدار برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی عمومی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج به‌دست آمده از آزمون XRF به منظور تعیین عناصر موجود در خاک مورد مطالعه، نشان دهنده آن است که خاک مذکور حاوی عناصر Fe، Ti، Ca، K، Cl، S، Si، Sr است و همچنین ترکیبات شناسایی شده به قرار SiO_2 ، $CaCO_3$، $NaAlSi_3O_8$ و $CaAl_2Si_2O_8$ هستند.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی/شیمیایی خاک مورد مطالعه (قبل از حرارت‌دهی)

پارامتر	مقدار
رس، لای، ماسه و شن (%)	به ترتیب ۱، ۱۶، ۸۴ و ۲
رطوبت (%)	۴/۵
مواد آلی (%)	۲/۳
pH (در دمای ۲۱/۳ °C)	۷/۸ – ۸/۳
هدایت الکتریکی (EC) (ms/cm) (در ۲۱/۵ °C)	۲/۹

۲-۲. انتخاب نوع آلاینده

غلظت اولیه آلاینده‌های نفتی در خاک

میانگین غلظت ترکیبات الیفاتیک و آروماتیک چندحلقه‌ای موجود در خاک آلوده با ۱۵۰ گرم گازوئیل در هر کیلوگرم خاک مطابق با جدول ۲ اندازه‌گیری شده است.

جدول ۲- میانگین غلظت اولیه ترکیبات آروماتیک چندحلقه‌ای در خاک آلوده

ترکیب	میانگین غلظت (ppm)
نفتالن	۵۹
فلورن	۱۵
فنانترن	۲۷۷
آنتراسن	۲/۴
پایرن	۱۱
غلظت کل آروماتیک‌های چندحلقه‌ای	۳۶۴/۴ ppm

هیدروکربنهای آروماتیک چند حلقهای (PAHS)

هیدروکربنهای آروماتیک چندحلقهای که اصطلاحاً PAHS نامیده میشوند، گروهی از ترکیبات آلی هستند که دارای دو یا چند حلقه بنزن و در برخی موارد حلقه‌های آروماتیک هستند. حلقههای مجاور توسط دو کربن با یکدیگر اتصال دارند. این ترکیبات از احتراق ناقص ترکیبات آلی، بهویژه سوختهای فسیلی تشکیل میشوند. این ترکیبات از حلالیت کمی در آب برخوردار هستند و میل شدیدی به جذب در ذرات معلّق و رسوبات دارند و توسط نور ماوراء بنفش خورشید تجزیه میشوند. برخی از موجودات زنده کوچک (میکروارگانیسمها) موجود در خاک، توانایی تجزیه ترکیبات PAHS را دارند. در مجموع بیش از ۱۰۰ ترکیب PAHS شناسایی شده است [۹]. مهم‌ترین این ترکیبات ، نفتالن، ۱- متیل‌نفتالن، ۱- اتیل‌نفتالن، اس-نفتیلن، اس‌نفتن، فلورن، فنانترن، آنتراسن، ۲- متیل‌فنانترن، ۱- متیل‌فنانترن، ۳ و ۶ دی‌متیل‌فنانترن، فلورانتن، پایرن، ۱- متیل‌پایرن، کرایزن، پریلن هستند.

۲-۳. روش آزمایش

به منظور انجام آزمایش‌ها و اجرای روش پاکسازی از طریق استخراج بخارها از خاک، پنج ستون طوری ساخته شد که بتوان متغیرهای دیگر آزمایش را تا حد توان حذف کرد و تنها به بررسی اثر نوع آلاینده و جنس خاک پرداخت، ارتفاع مفید ستون‌های طرح‌شده، ۳۰۰ میلی‌متر و قطر مفید داخل آن، ۴۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد تا بتوان جریان عبوری آلاینده در خاک را یک‌بعدی فرض کرد [۱۰]. به منظور فراهم کردن شرایط یکسان برای همه ستون‌ها و جلوگیری از ایجاد فاصله زمانی برای نمونه‌گیری‌ها، همه آزمایش‌های انجام شده روی مخلوط یک نوع خاک متراکم نشده و یکی از آلاینده-ها به صورت همزمان انجام شد. همچنین نمونه‌گیری‌ها طی ۱۲ ساعت به‌طور پیوسته صورت گرفت. بدین منظور باید شرایطی فراهم می‌شد تا همزمان پنج ستون به دمنده و پمپ مکش متصل شوند [۱۱]. در ادامه ستون‌ها به ترتیب پس از ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ ساعت خاموش شدند. بدین معنا که پس از بستن شیرهای دو طرف ستون و جدا کردن لوله های متصل به آن‌ها، از خاک ستون‌ها نمونه‌گیری شد. پس از آن ستون مورد نظر تخلیه و پس از شست‌وشو و خشک کردن، مجدداً با خاک آلوده (از همان نوع) پر و به سیستم اضافه می‌شد تا کارکرد همزمان ستون‌ها حفظ شود. همچنین جهت تحلیل آماری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان حذف آلاینده‌ها در سه نوع خاک و یافتن حالت بهینه در حذف حداکثری دو نوع آلاینده در کمترین زمان، از نرم افزارDesign-Expert ۷،۰،۰ استفاده شد.

۲-۴. مواد مورد استفاده

مواد مورد استفاده در این تحقیق علاوه بر نمونه‌های خاک پیش گفته شامل: محلول هگزامتافسفات سدیم (کالگون)، نفت سفید، گازوئیل، سولفات سدیم بدون آب، پودر مس، پشم‌شیشه آزمایشگاهی، هگزان نرمال، دی‌کلرومتان، سیلیکاژل، اکسید آلومینیم بود.

۲-۵. تجهیزات مورد استفاده

به منظور انجام آزمایش‌ها نیز تجهیزاتی از جمله الک‌های استاندارد (نمره‌های ۴، ۶، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰)، هیدرومتر ۱۵۲H، بوته‌چینی، پلکسی گلاس، دمنده هوا، پمپ خلاء، فشارسنج، ترازوی دیجیتالی، همزن، دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC)، سوکسله، دستگاه تقطیر در

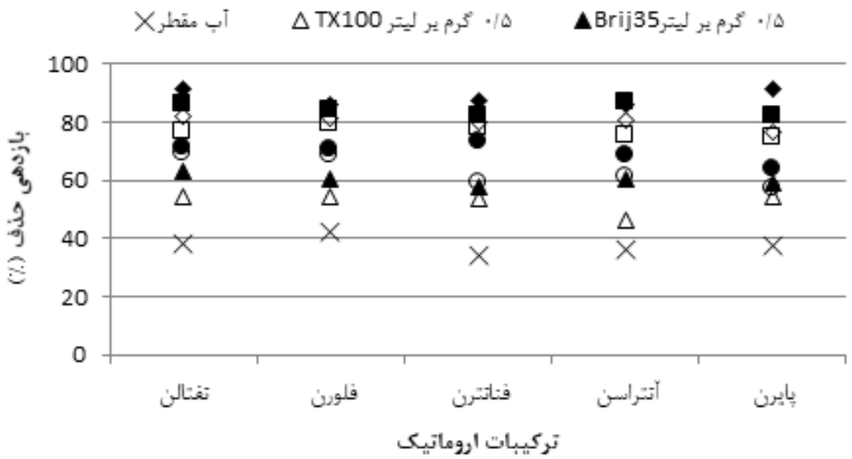
خلاء گردشی استفاده شد.

۳. نتایج

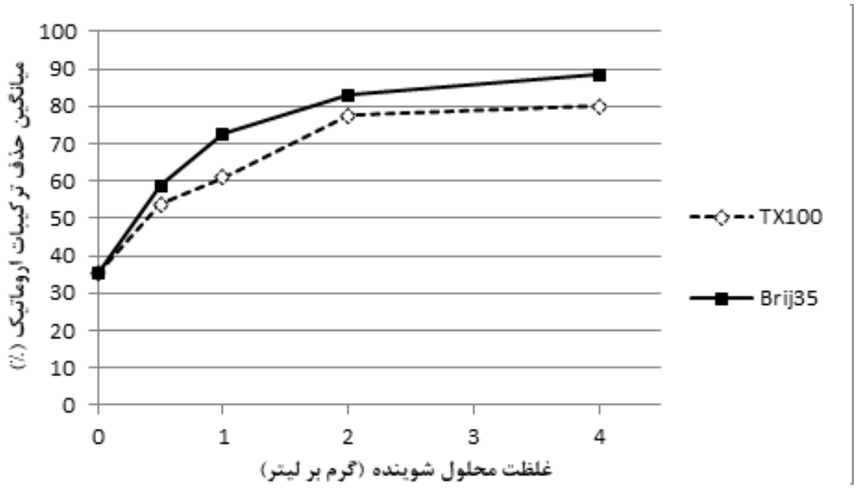
۳-۱. بررسی اثر غلظت محلول سورفکتانت بر حذف

در این مرحله، به بررسی اثر غلظت دو محلول سورفکتانت غیریونی Brij۳۵ و Triton X۱۰۰ (TX۱۰۰)، بر حذف ترکیبات نفتی پرداخته شده است. بدین منظور، محلول‌های شوینده از هر کدام از این دو، با غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۰/۵، ۲/۰ و ۴/۰ گرم بر لیتر تهیه شد. در هر آزمایش، حجم محلول ۸۰۰ میلی‌لیتر، زمان اختلاط ۶۰ دقیقه، pH نمونه بدون تغییر و سرعت اختلاط ۲۵۰ دور بر دقیقه در نظر گرفته شد. تغییرات دما، در حین شست‌وشو بین ۲۴/۱ تا ۲۵/۲ °C متغیر بود. همچنین pH نمونه‌ها بین ۸/۴۵ تا ۸/۵۲ اندازه‌گیری شد.

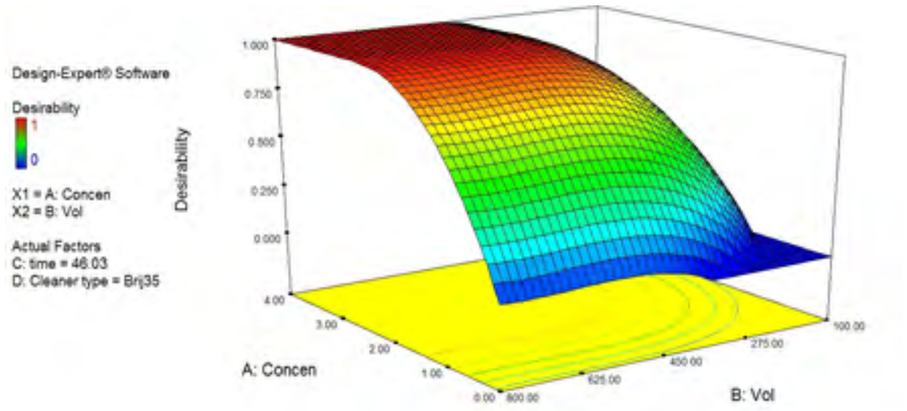
نتایج مربوط به تأثیر غلظت دو شوینده غیریونی بر حذف پنج ترکیب آروماتیک، در شکل ۱ و روند تغییر مقادیر میانگین حذف در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، میانگین بازدهی حذف ترکیبات آروماتیک، زمانی‌که از آب مقطر (بدون افزودن



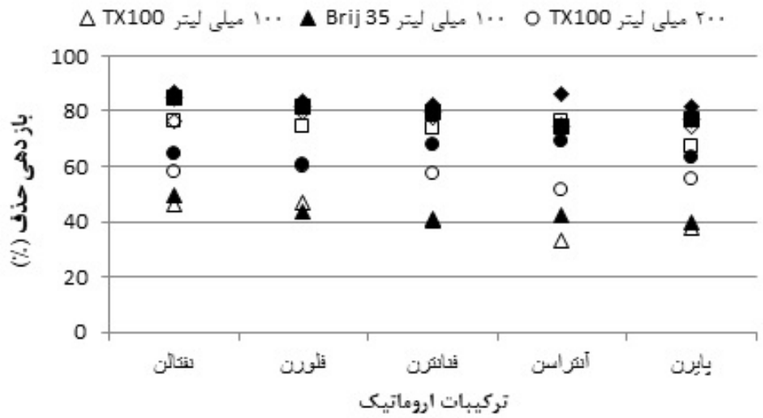
شکل ۱- روند حذف ترکیبات آروماتیک، تحت اثر تغییر غلظت Brij۳۵ و TX۱۰۰



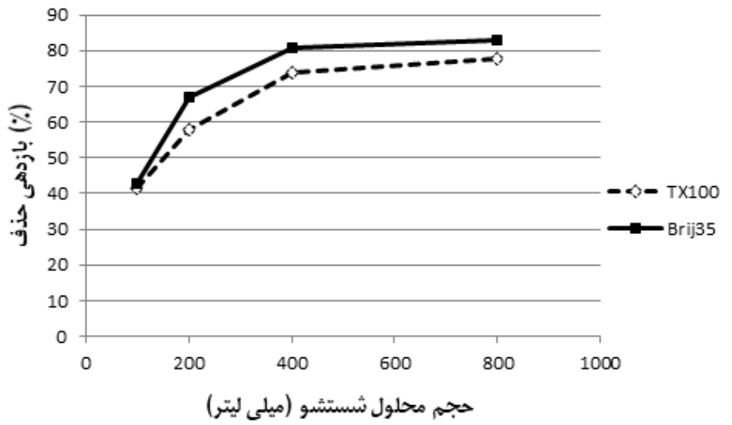
شکل ۲- روند تغییر میانگین حذف ترکیبات آروماتیک در اثر تغییر غلظت Brij۳۵ و TX۱۰۰



شکل ۳- بهینه سازی میزان حذف ترکیبات الیفاتیک و آروماتیک برحسب غلظت و حجم



شکل ۵- روند حذف ترکیبات آروماتیک در اثر تغییر حجم محلول شست‌وشو Brij۳۵ و TX۱۰۰



شکل ۶- روند تغییر میانگین حذف ترکیبات آروماتیک در اثر تغییر حجم محلول شست‌وشو Brij ۳۵ و TX۱۰۰

شوینده) استفاده شد، در حدود ۳۵/۱۲ درصد به‌دست آمد. بیشینه و کمینه مقدار حذف به ترتیب برای فلورن (۴۱/۸۹ درصد) وفنانترن (۳۳/۹۹ درصد) اندازه‌گیری شد.

با شست‌وشوی خاک آلوده، با محلول ۰/۵ گرم بر لیتر TX۱۰۰، میانگین حذف آروماتیک‌ها به حدود ۱۸/۲۸ درصد افزایش یافت. در این حالت بیشترین و کمترین مقدار حذف، به ترتیب مربوط به پایرن با ۴۵/۶۶ درصد و فنانترن با ۴۶/۱۴ درصد بود. همچنین پس از شست‌وشوی خاک آلوده با محلول ۰/۵ گرم بر لیتر Brij۳۵ میانگین حذف به ۵۸/۶۱ درصد رسید. این درحالی بود که نفتالن و فنانترن به ترتیب بیشترین (۶۲/۹۳ درصد) و کمترین (۵۷/۵۵ درصد) مقدار حذف را داشتند.

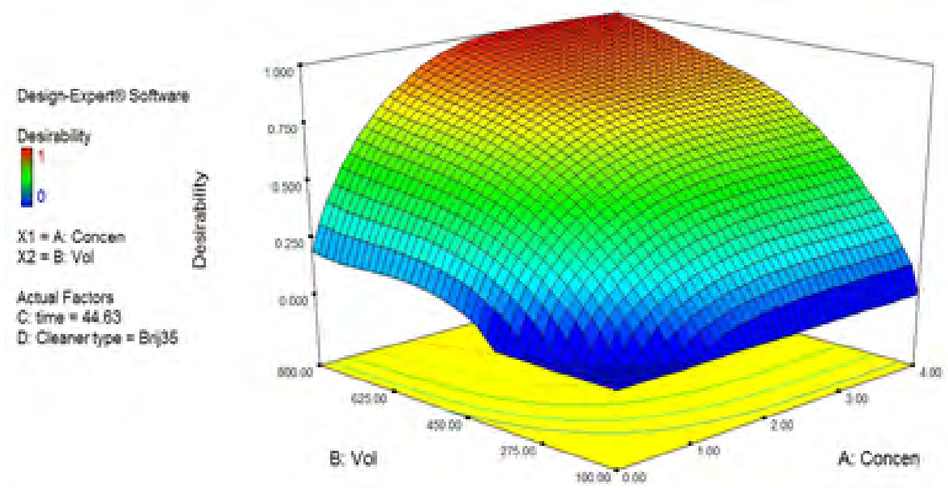
همانطور که در شکل ۲ دیده می‌شود، افزایش میانگین حذف ترکیبات آروماتیک، پس از استفاده از محلول ۱ گرم بر لیتر شوینده، در مقایسه با شست‌وشو با محلول ۱ گرم بر لیتر، برای TX۱۰۰ به میزان ۱۰ درصد و برای Brij۳۵ درحدود ۱۲ درصد بود. بیشترین مقدار این افزایش برای TX۱۰۰ مربوط به فنانترن (۱۵ درصد افزایش) و برای Brij۳۵ مربوط به فنانترن (۱۵/۷۸ درصد افزایش) است. این میزان افزایش، عملکرد مثبت سورفکتانت‌ها در پاکسازی خاک آلوده به گازوئیل را تأیید می‌کند.

میانگین حذف آروماتیک‌ها، پس از شست‌وشو با محلول ۲/۰ و ۴/۰ گرم بر لیتر شوینده، برای TX۱۰۰، به ترتیب به میزان ۱۶/۶۴ و ۳ درصد و برای Brij۳۵ به ترتیب به مقدار ۱۰ و ۶ درصد افزایش یافت. در تمام این چهار حالت، بیشترین مقدار حذف، برای نفتالن به‌دست آمد، به‌گونه‌ای که پس از شست‌وشوی خاک آلوده با محلول Brij۳۵ به غلظت ۴/۰ گرم بر لیتر بیش از ۹۰ درصد از نفتالن حذف شده بود.

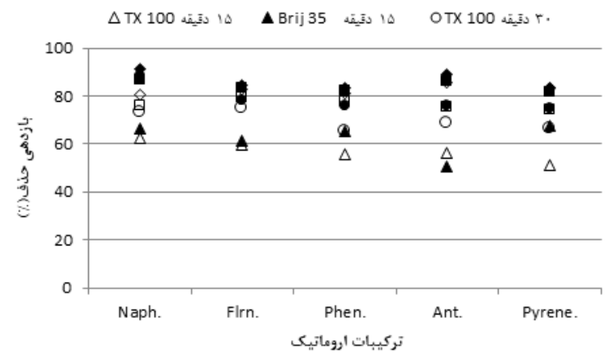
با بررسی نمودار میانگین بازدهی حذف ترکیبات الیفاتیک و آروماتیک، نتیجه‌گیری می‌شود که عملکرد هر دو سورفکتانت در حذف آلاینده‌های نفتی از خاک ماسه‌ای، مثبت بود و بازدهی‌های بسیار بالایی در حدود ۷۵ و ۸۰ درصد حاصل شده است. این مسأله با توجه به غیریونی بودن شوینده‌ها و CMC پایین هر دوی آن‌ها قابل پیش‌بینی بود. شکل ۳ بهینه سازی میزان حذف ترکیبات الیفاتیک و آروماتیک را برحسب غلظت و حجم نشان می-دهد.

۳-۲. بررسی اثر حجم محلول سورفکتانت بر حذف

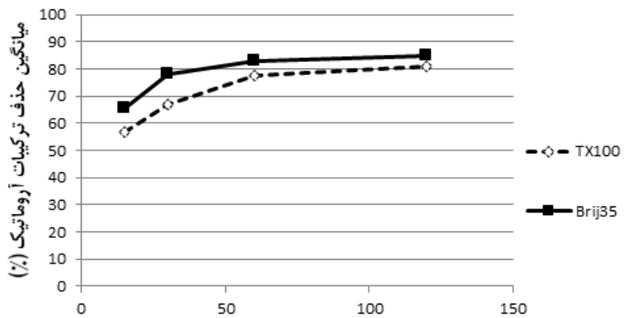
در این مرحله، به بررسی اثر حجم محلول سورفکتانت‌های غیریونی Brij۳۵ و TX۱۰۰، بر حذف ترکیبات نفتی پرداخته شده است. برای این منظور، محلول‌های شوینده، با حجم‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌لیتر تهیه شد. در هر آزمایش، غلظت محلول: ۲/۰ گرم بر لیتر، زمان اختلاط: ۶۰ دقیقه، pH نمونه بدون تغییر و سرعت اختلاط ۲۵۰ دور بر دقیقه در نظر گرفته شد. تغییرات دما، در حین شست‌وشو بین ۱۹/۸ تا ۲۲/۰ °C متغیر بود. همچنین pH نمونه‌ها بین ۷/۶۸ تا ۸/۱۸ اندازه‌گیری شد. همانطور که در شکل ۶ دیده می‌شود، میانگین حذف



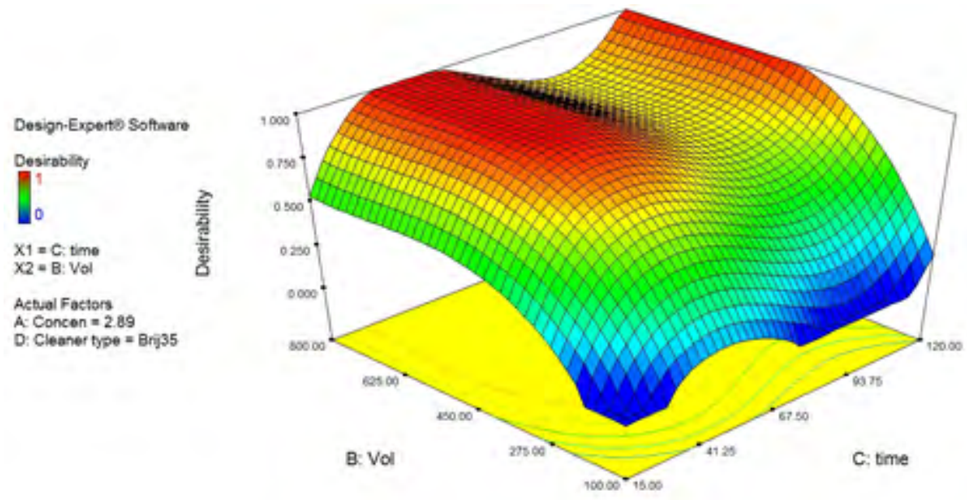
شکل ۷- بهینه‌سازی حذف ترکیبات آروماتیک در حضور سورفکتانت



شکل ۸- روند حذف ترکیبات آروماتیک در اثر تغییر زمان شست‌وشو



شکل ۹ - روند تغییر میانگین حذف ترکیبات آروماتیک در اثر تغییر زمان شست‌وشو



شکل ۱۰- روند تغییر میانگین حذف ترکیبات اروماتیک بر حسب زمان

آروماتیک‌های مرجع با استفاده از شوینده TX۱۰۰، در حجم‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌لیتر به ترتیب ۴۱/۵۶، ۵۷/۷، ۷۳/۷۶ و ۸۲/۶۲ درصد به‌دست آمد. میزان افزایش بازدهی حذف در حالت‌های افزایش حجم از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی‌لیتر در حدود ۱۶/۱۴ درصد، از ۲۰۰ به ۴۰۰ میلی‌لیتر در حدود ۱۵/۶۶ درصد و از ۴۰۰ به ۸۰۰ میلی‌لیتر درحدود ۱۵/۳۶ درصد به‌دست آمد.

کمینه و بیشینه مقدار حذف در حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر در پاکسازی خاک آلوده، به ترتیب ۳۳/۱۶ درصد (برای آنتراسن) و ۴۶/۷۶ درصد (برای فلورن) به‌دست آمد که اختلافی در حدود ۱۳/۶ درصد را نشان می‌دهد. این اختلاف در حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر، به مقدار ۸/۵۹ درصد و در حجم ۴۰۰ میلی لیتر به ۹/۴۸ درصد رسید. این درحالی است که در حجم ۸۰۰ میلی‌لیتر این اختلاف در حدود ۳/۱۴ درصد محاسبه شد. لذا مشخص می‌شود که با افزایش حجم محلول و در نتیجه افزایش بازدهی حذف، تفاوت بین مقادیر کمینه و بیشینه‌ی حذف در هر آزمایش افزایش داشته است. در تمام حجم‌ها، بیشترین مقدار حذف، برای پایرن به‌دست آمد، و کمترین مقادیر حذف به آنتراسن اختصاص داشت.

همچنین با ملاحظه شکل ۵، میانگین حذف آروماتیک‌های مرجع با استفاده از شوینده Brij۳۵، در حجم‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌لیتر به ترتیب ۴۲، ۶۶/۸۲، ۸۰/۵۶ و ۸۸/۷۲ درصد به‌دست آمد. میزان افزایش بازدهی حذف در حالت‌های افزایش حجم از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی‌لیتر در حدود ۲۴/۲۲ درصد، از ۲۰۰ به ۴۰۰ میلی‌لیتر در حدود ۱۳/۷۴ درصد و از ۴۰۰ به ۸۰۰ میلی‌لیتر درحدود ۷/۹ درصد به‌دست آمد.

کمینه و بیشینه مقدار حذف در حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر در حذف ترکیبات مذکور، به‌ترتیب ۴۱/۱۷ درصد (برای فنانترن) و ۴۹/۵۵ درصد (برای نفتالن) به‌دست آمد که اختلافی در حدود ۸ درصد را نشان می‌دهد. این اختلاف در حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر، به مقدار ۹ درصد و در حجم ۴۰۰ میلی‌لیتر به ۴/۱ درصد رسید. این درحالی است که در حجم ۸۰۰ میلی‌لیتر این اختلاف در حدود۳ درصد محاسبه شد.

با توجه به نمودار میانگین حذف ترکیبات آروماتیک و الیفاتیک، ملاحظه می‌شود که هنگامی که حجم محلول ۱۰۰ میلی‌لیتر مورد آزمایش قرار می‌گیرد، نتایج نسبتاً پایینی در مقایسه با سطوح دیگر به‌دست می‌دهد. این مسأله می‌تواند به دلیل عدم اختلاط مناسب و کامل نشدن فرآیند شست‌وشو باشد. در طول انجام آزمایش با حجم کم ۱۰۰ میلی‌لیتر، مشاهده شد که مایع محلول سورفکتانت دچار تلاطم شدید در حین گردش تیغه دستگاه می‌شود. این مسأله سبب می‌شود تا میسل‌های سورفکتانت نتوانند به راحتی پیرامون مولکول‌های ترکیبات آلاینده را بگیرند و آن‌ها را از فاز جامد جدا کنند.

با افزایش میزان محلول و انجام آزمایش در حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر، شاهد افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان حذف می‌باشیم که این مسأله بیانگر بهبود وضعیت فرایند شست‌وشو و فراهم شدن جریانی یکنواخت‌تر نسبت به حالت پیشین است.

همانطور که در گراف بهینه سازی شکل ۷ مشاهده می‌شود، با دو برابر کردن میزان محلول شوینده و انجام آزمایش در حجم محلول ۴۰۰ میلی-لیتر، افزایش بیشتری نسبت به مرحله قبل (از حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر به ۲۰۰ میلی‌لیتر) ملاحظه می‌شود. نهایتاً در مرحله چهارم آزمایش، افزایش میزان بازدهی، نسبت به مراحل دیگر کمترین مقدار را می‌پذیرد. نتیجه‌گیری که می‌توان انجام داد این است که در حجم‌های ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌لیتر، اختلاط مخلوط آب، خاک و سورفکتانت به خوبی انجام شده است.

۳-۳. بررسی اثر زمان شست‌وشو بر حذف

در این مرحله، به بررسی اثر زمان شست‌وشو به‌کمک دو محلول سورفکتانت غیریونی Brij۳۵ و TX۱۰۰، بر حذف ترکیبات نفتی پرداخته شده است. بدین منظور، محلول‌های شوینده با حجم ۸۰۰ میلی‌لیتر و غلظت ۲/۰ گرم بر لیتر تهیه و نمونه‌های آلوده در زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه شسته شدند. سرعت اختلاط، ۲۵۰ دور بر دقیقه انتخاب شد. pH اندازه‌گیری شده در طول فرآیند حذف، بین ۸/۵۱ و ۸/۷ متغیر بود و نیز دمای نمونه‌ها بین ۲۶/۷ و ۲۸/۵ اندازه‌گیری شده است.

از آنجا که تشکیل شدن میسل‌های سورفکتانت و هجوم آن‌ها به آلاینده و در برگرفتن آن، نیازمند زمان است، تصور می‌شود هر چه زمان اختلاط بیشتر شود، شاهد بازدهی بالاتری خواهیم بود. با توجه به نمودارهای نشان داده شده، کمترین میزان بازدهی مربوط به زمان ۱۵ دقیقه است. با توجه به نتایج بدست آمده، به نظر می‌رسد زمان ۱۵ دقیقه، زمان کمی جهت تکمیل فرآیند مذکور است. با افزایش زمان اختلاط و انجام آزمایش‌ها در زمان ۳۰ دقیقه اختلاط، شاهد افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان بازدهی حذف خواهیم بود. همچنین با توجه به بازدهی‌های منتجه در زمان‌های اختلاط یک ساعت و دو ساعت، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش زمان اختلاط، افزایش ناچیزی در بازدهی صورت می‌گیرد و می‌توان زمان ۳۰ دقیقه را به عنوان زمان مناسبی در فرآیند خاکشویی در مورد سورفکتانت‌های مورد مطالعه و همچنین خاک ماسه‌ای موردنظر ارائه کرد.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های به‌عمل آمده، طراحی آزمایش‌های انجام شده و مقایسه‌های اندرکنشی متغیرها و پارامترها، می‌توان نتیجه گرفت که در غلظت ۴ گرم بر لیتر، میزان حذف ترکیبات آروماتیک در حدود ۵۳% برای شوینده Brij۳۵ و ۴۵% برای سورفکتانت TritonX۱۰۰ بوده است. این نتایج، گواه کارایی مثبت شوینده‌ها در حذف آلاینده‌های نفتی تلقی می‌شود. همچنین مشخص شد توانایی Brij۳۵ در حذف ترکیبات الیفاتیک، در مقایسه با TritonX۱۰۰، بیشتر است. در ادامه مشخص شد که با افزایش حجم محلول Brij۳۵ از ۱۰۰ به ۸۰۰ میلی‌لیتر، میانگین حذف آروماتیک‌ها ۴۱% افزایش داشته است. این افزایش در مورد شوینده TritonX۱۰۰، ۳۷% به‌دست آمد. همچنین بازدهی حذف آلاینده‌های نفتی، از زمان ۱۵ به ۳۰ دقیقه شست‌وشو، با جهش قابل ملاحظه‌ای همراه بود، لذا زمان نیم ساعت به عنوان مناسب‌ترین زمان شستشو انتخاب شد.

۵. مراجع

1. The APE Administration and The Institute of Petroleum, Guidance for petrol filling stations, Published by APEA/IP, November 1999

2. حق‌پژوه، ه. (1385)، «تأثیر اصلاح کننده‌های آلی در زیست‌سالم‌سازی خاک‌های آلوده به مواد نفتی.» پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

3. Chu, W. (2003). Remediation of contaminated soils, Vol.7, No. 1.

4. H.D. Sharma, K.R. Reddy. (2004). Geo environmental Engineering, John Wiley & Sons.

5. Baehr, A. L., Hoag, G. E., & Marley, M. C. (1989) “Removing volatile contaminants by inducing advective air-pHase transport. Journal of Contaminant Hydrology”, 26-1 ,(1)4.

6. Abriola, L. M., Lang, J. R., and Rathfelder, K. (1997). (MISER) model:US Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory.

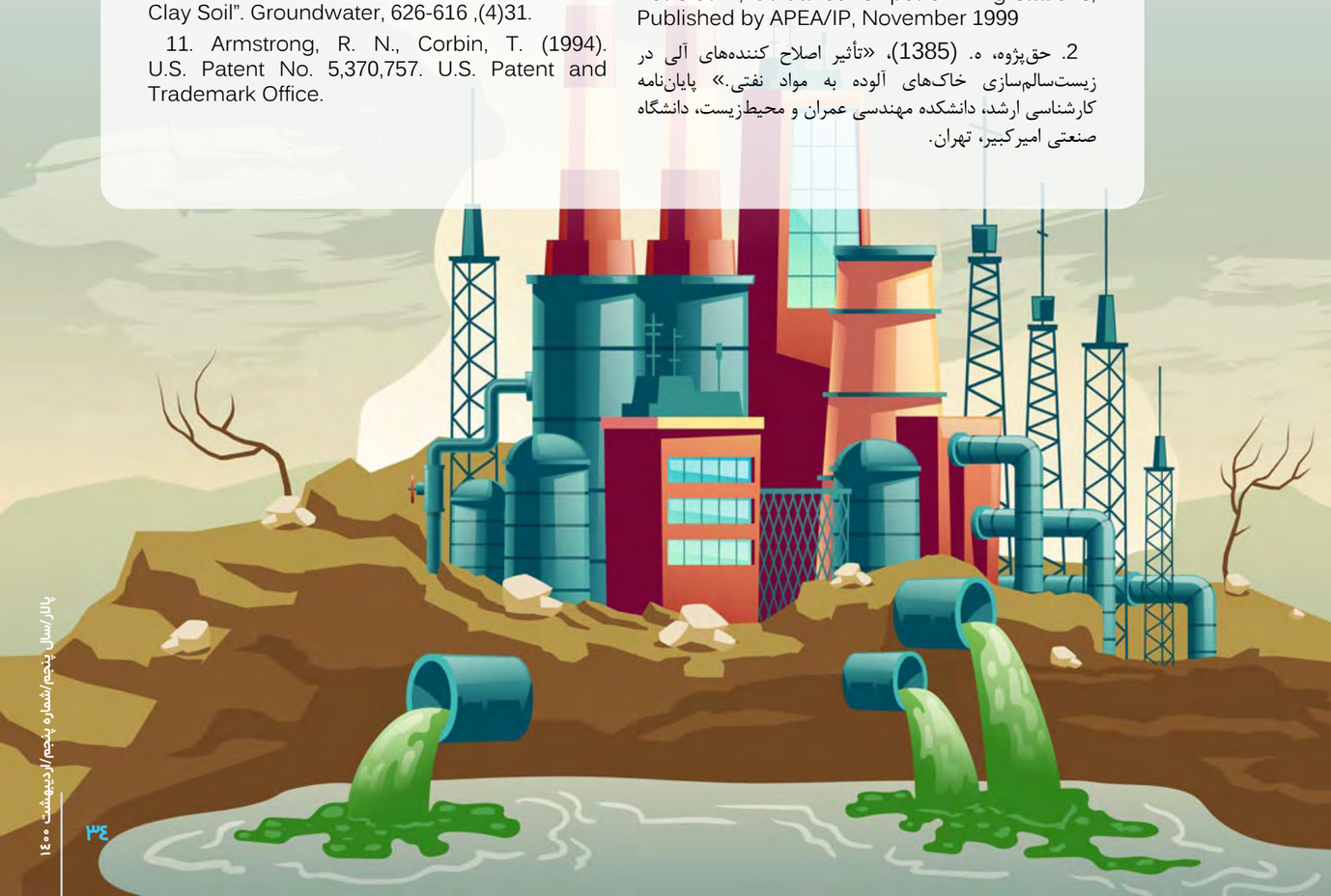
7. Shermer, W. P., Pope, K. L. (2002). U.S. Patent No. 6,357,493. U.S. Patent and Trademark Office.

8. Van Valkenburg, M. E. (1991). “laboratory determination of gas-side mass traNSFer coefficients applicable to soil venting systems for removing petroleum hydrocarbons from vaDOse zone soils”.

9. Stinson, M. K. (1989). “EPA SITE Demonstration of the Terra Vac in situ vacuum extraction process in Groveland, Massachusetts”. JAPCA, 1062-1054 ,(8)39.

10. Gibson, T. L., Abdul, A. S., Glasson, W. A., Ang, C. C. and Gatlin, D. W. (1993). “Vapor Extraction of Volatile Organic Compounds from Clay Soil”. Groundwater, 626-616 ,(4)31.

11. Armstrong, R. N., Corbin, T. (1994). U.S. Patent No. 5,370,757. U.S. Patent and Trademark Office.



ظرفیت خمشی دال‌های تخت با روش تئوری خط تسلیم

نوید جعفریان[1*]، داود مستوفی نژاد[2]، محمد یزدانی[3]، مصطفی بنی نعیم[4]

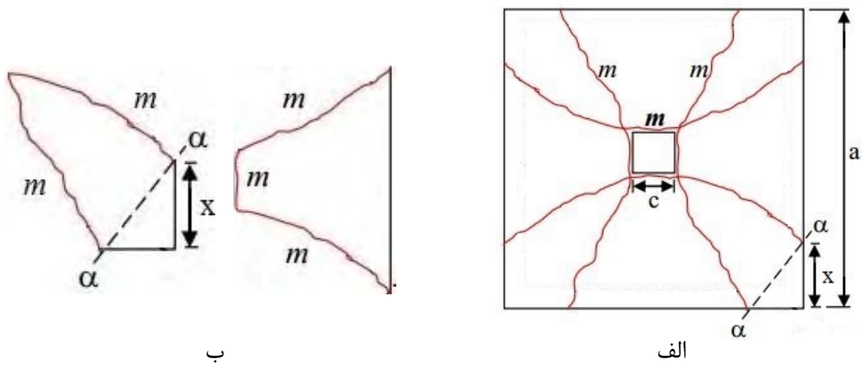
۱- دانشجوی دکتری، عمران سازه، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- پروفسور، عمران سازه، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- دانشجوی دکتری، عمران سازه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۴- کارشناسی ارشد، عمران سازه، دانشگاه صنعتی شریف، جزیره کیش، ایران

۱- مقدمه

کاربرد آنالیز پلاستیک با روشی تحت عنوان «تحلیل خط تسلیم» در دال‌های بتن آرمه دو طرفه مطرح است. این روش از دو مزیت برخوردار است؛ نخست آن‌که به دلیل مبتنی بودن بر آنالیز پلاستیک، برآورد واقع بینانه‌تری از رفتار دال دو طرفه و باربری نهایی آن ارائه می‌کند؛ و دوم آن‌که محدودیت روش‌هایی هم‌چون روش طراحی مستقیم و یا روش قاب معادل را ندارد [۱]. محققین نیز به علت مزیت‌های چشم گیر این روش، به ارائه الگوهای مختلف خط تسلیم جهت محاسبه ظرفیت باربری دال بتن آرمه با عملکرد دو طرفه پرداخته‌اند و از گذشته تا کنون در حال توسعه روش مذکور بوده‌اند. در این مقاله، الگوهای خط تسلیم انواع دال تخت بدون بازشو در صورت وجود یک بار متمرکز و یا ستون ارائه و روابطی برای محاسبه ظرفیت باربری این دال‌ها بیان شده است.

۲- دال با میلگرد گذاری یک‌نواخت و با گوشه‌های آزاد در برابر بلند شدگی

ظرفیت خمشی مثبت دال نشان داده شده در شکل ۱ در همه جهت‌ها برابر با m است. هم‌چنین، فرض بر این است که گوشه‌های این دال در برابر بلند شدگی آزاد باشند. بار نهایی P_u با استفاده از کار خارجی، کار داخلی و کار مجازی قابل محاسبه است. برای نوشتن کار مجازی، فرض بر این است در حالتی که بار نهایی P_u به ناحیه مرکزی دال وارد و سیستم دال به مکانیزم تبدیل می‌شود، دال در محل لولای پلاستیک مثبت که محل اعمال بار متمرکز در نظر گرفته شده است، تغییر مکان مجازی δ در جهت بار و به طرف پایین دارد.



الف ب

شکل ۱- دال تخت با میلگرد گذاری یکنواخت و با گوشه‌های آزاد در برابر بلند شدگی تحت بار متمرکز؛ الف) الگوی خط تسلیم ارائه شده توسط الستنر و هاگنستاد در سال ۱۹۵۶؛ ب) قطعات صلب ایجاد شده با در نظر گرفتن الگوی گسیختگی ارائه شده [۲]

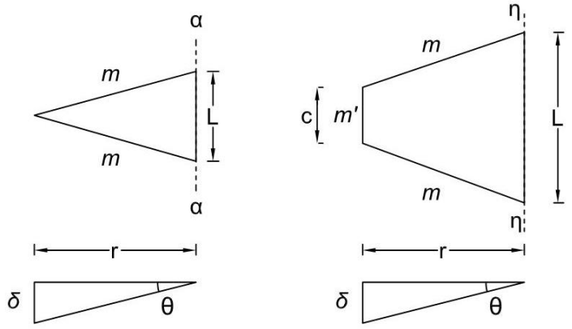
طبق رابطه‌ی (۱- الف)، کار خارجی کل دال از حاصل‌ضرب بار نهایی P_u در تغییر مکان مجازی δ محاسبه می‌شود. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، کار داخلی کل دال نیز از مجموع چهار برابر کار داخلی قطعه صلب ذوزنقه‌ای شکل حول محور دوران $\eta-\eta$ و چهار برابر کار داخلی قطعه مثلثی شکل حول محور دوران $\alpha-\alpha$ به ترتیب مطابق با رابطه (۱- الف) و (۱- ب) به‌دست می‌آید. کمیت‌های تأثیر گذار در محاسبه کار داخلی در جدول ۱ ارائه شده‌اند. بار نهایی P_u با نوشتن کار مجازی طبق رابطه‌ی (۱- ت) به‌دست می‌آید. بنابراین:

$$W_E = P_u \delta \qquad \text{(۱- الف)}$$

$$W_{I\,1} = 4\left[mc + 2\,m\left(\frac{a-c-2\,x}{2}\right)\right]\frac{2\,\delta}{a-c} = 8\,m(a-2\,x)\frac{\delta}{a-c} \qquad \text{(۱- ب)}$$

$$W_{I\,2} = 4\left(2\,m\frac{\sqrt{2}x}{2}\right)\frac{\sqrt{2}\delta}{a-c-x} = 8\,mx\frac{\delta}{a-c-x} \qquad \text{(۱- پ)}$$

$$P_u = 8\,m\frac{a-2\,x}{a-c} + \frac{8\,mx}{a-c-x} \qquad \text{(۱- ت)}$$



شکل ۲- نمایش دوران مجازی قطعات صلب محصور بین خطوط تسلیم ارائه شده توسط الستنر و هاگنستاد در سال ۱۹۵۶ برای دال با میلگرد گذاری یکنواخت در سراسر دال و با گوشه‌های آزاد در برابر بلند شدگی؛ الف) قطعه ذوزنقه‌ای شکل با دوران حول محور تکیه‌گاهی $\eta-\eta$ ؛ ب) قطعه مثلثی شکل با دوران حول محور $\alpha-\alpha$ [۲]

طبق رابطه‌ی (۱- ت)، بار نهایی P_u وابسته به مقدار x است. خطوط تسلیم به ازای مقداری از x تشکیل می‌شوند که کم‌ترین مقدار P_u را منجر شود. از این رو، به ازای رابطه $\partial P_u/\partial x = 0$ ، مقدار x برابر با $(1-\sqrt{2}/2)(a-c)$ می‌شود. با جای‌گذاری این مقدار در رابطه‌ی (۱- ت)، مقاومت خمشی نهایی به صورت زیر به‌دست خواهد آمد:

$$P_{flex} = 8\,m\left(\frac{1}{1-\frac{c}{a}} - 3 + 2\sqrt{2}\right) \qquad (۲)$$

جدول ۱- کمیت‌های تأثیرگذار در محاسبه‌ی کار داخلی مطابق با روابط (۱- ب) و (۱- پ)

قطعه	تعداد	$(m_x)_i$	$(m_y)_i$	$(l_x)_i$	$(l_y)_i$	$(\theta_x)_i$	$(\theta_y)_i$
ذوزنقه‌ای	۴	m	m	$\frac{1}{2}(a-c)$	$a-2\,x\,.c$	۰	$\frac{2\,\delta}{a-c}$
مثلثی	۴	m	m	$\sqrt{2}x$	$\frac{\sqrt{2}}{2}(a-x-c)$	۰	$\frac{\sqrt{2}\delta}{a-c-x}$

۳- دال با میلگرد گذاری متراکم در محل ستون و با گوشه‌های آزاد در برابر بلند شدگی

این دال دارای شبکه متعامد فولادی در وجه کششی است؛ به طوری که ظرفیت خمشی مثبت در سراسر دال به غیر از محل ستون برابر با m و ظرفیت خمشی مثبت دال در محل ستون برابر با m' است. هم‌چنین، فرض بر این است که گوشه‌های این دال در برابر بلند شدگی آزاد باشند. نکات ذکر شده برای محاسبه کارهای خارجی و داخلی، و نوشتن کار مجازی مشابه شرایط ذکر شده در قبل است.

طبق رابطه (۳- الف)، کار خارجی کل دال از حاصل‌ضرب بار نهایی P_u در تغییر مکان مجازی δ محاسبه می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، کار داخلی کل دال نیز از مجموع چهار برابر کار داخلی قطعه صلب ذوزنقه‌ای شکل حول محور دوران $\eta-\eta$ و چهار برابر کار داخلی قطعه مثلثی شکل حول محور دوران $\alpha-\alpha$ به ترتیب مطابق با رابطه (۳- ب) و (۳- پ) به‌دست می‌آید؛ و تنها تفاوتی که نسبت به شرایط ذکر شده در بخش ۲ دارد، تعویض ظرفیت m با ظرفیت m' در محل ستون است. کمیت‌های تأثیرگذار در محاسبه کار داخلی در جدول ۲ ارائه شده‌اند. بار نهایی P_u با نوشتن کار مجازی طبق رابطه (۳- ت) به‌دست می‌آید. بنابراین:

(۳- الف)

$$W_E = P_u\delta$$

(۳- ب)

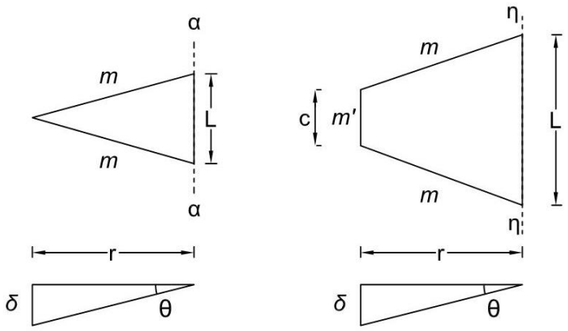
$$W_{I\,1} = 4\left[m'c + 2\,m\left(\frac{a-c-2\,x}{2}\right)\right]\frac{2\,\delta}{a-c} = 2\,m(a-2\,x)\frac{\delta}{a-c} + 2\,c(m'-m)\frac{\delta}{a-c}$$

(۳- پ)

$$W_{I\,2} = 4\left(2\,m\frac{\sqrt{2}x}{2}\right)\frac{\sqrt{2}\delta}{a-c-x} = 8\,mx\frac{\delta}{a-c-x}$$

(۳- ت)

$$P_u = 8\,m\frac{a-2\,x}{a-c} + \frac{8\,mx}{a-c-x} + \frac{8\,c(m'-m)}{a-c}$$



شکل ۳- نمایش دوران مجازی قطعات صلب محصور بین خطوط تسلیم ارائه شده توسط الستنر و هاگنستاد در سال ۱۹۵۶ برای دال با میلگرد گذاری متراکم در محل ستون و با گوشه‌های آزاد در برابر بلند شدگی؛ الف) قطعه ذوزنقه‌ای شکل با دوران حول محور تکیه‌گاهی $\eta-\eta$ ؛ ب) قطعه مثلثی شکل با دوران حول محور $\alpha-\alpha$ [۲]

جدول ۲ کمیت‌های تأثیرگذار در محاسبه کار داخلی مطابق با روابط (۳- ب) و (۳- پ)

قطعه	تعداد	$(m_x)_i$	$(m_y)_i$	$(l_x)_i$	$(l_y)_i$	$(\theta_x)_i$	$(\theta_y)_i$
ذوزنقه‌ای	۴	m	$m'.m$	$\frac{1}{2}(a-c)$	$a-2\,x\,.c$	۰	$\frac{2\,\delta}{a-c}$
مثلثی	۴	m	m	$\sqrt{2}x$	$\frac{\sqrt{2}}{2}(a-x-c)$	۰	$\frac{\sqrt{2}\delta}{a-c-x}$

بار نهایی P_u به‌دست آمده از رابطه‌ی (۳- ت) مشابه با رابطه (۱- ت)، وابسته به مقدار x است. تنها تفاوت رابطه (۳- ت) با رابطه (۱- ت)، وجود عبارت $8\,c(m^{\wedge\prime}-m))\,/\,((a-c)$ در رابطه (۳- ت) است که عبارتی مستقل از x است. بنابراین مقدار x که به ازای آن، کم‌ترین مقدار P_u حاصل می‌شود، همان مقدار جای‌گذاری شده در رابطه (۱- ت) به منظور محاسبه مقاومت خمشی نهایی است. از این رو، با جای‌گذاری $x = (1-\sqrt{2}/2)(a-c)$ در رابطه (۳- ت)، مقاومت خمشی نهایی دال به صورت زیر به‌دست خواهد آمد:

$$P_{flex} = 8\,m\left(\frac{1}{1-\frac{c}{a}} - 3 + 2\sqrt{2} + \frac{\frac{m'}{m}-1}{\frac{a}{c}-1}\right) \qquad (۴)$$

۴- دال با گوشه‌های مهار شده در برابر بلند شدگی

در صورتی که از بلند شدگی گوشه‌های دال جلوگیری شده باشد، خطوط تسلیم مانند دو حالت قبل، دو شاخه نمی‌شوند؛ بلکه به طور مستقیم به سمت گوشه دال امتداد می‌یابند. به عبارت دیگر، $x = ۰$ خواهد بود؛ که با جای‌گذاری در رابطه‌ی (۱- ت)، مقاومت خمشی نهایی دال از رابطه‌ی زیر به‌دست خواهد آمد:

$$P_{flex} = 8\,m\left(\frac{1}{1-\frac{c}{a}}\right) \qquad (۵)$$

۵- نتیجه گیری

با توجه به ضعف روش‌های طراحی مستقیم و قاب معادل به علت محدود بودن به آنالیز الاستیک، تئوری خط تسلیم بیان شد که بر اساس آنالیز پلاستیک است؛ که از الگوهای خط تسلیم برای دال‌های تخت بدون بازشو تحت بار متمرکز بدون خروج از مرکزیت به منظور محاسبه مقاومت خمشی نهایی دال مورد استفاده قرار گرفتند.

مراجع

[۱] مستوفی نژاد، د.، سازه های بتن آرمه، جلد دوم، چاپ سی و پنجم، انتشارات ارکان دانش، اصفهان، ایران، ۱۳۹۵.

[۲] Elstner, R.C., and Hognestad, E., “Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs”, ACI Journal Proceedings, Vol. ۷ ,۵۳, pp. ۱۹۵۶ ,۵۸-۲۹.

فرآیند سدسازی و اثرات زیست محیطی آن

سید حسن میراحدی[1]، لیلی ایزدی‌کیان[2]

۱- دانشجوی کارشناسی زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
۲- استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

یکی از مشکلاتی که همیشه گریبان‌گیر جامعه بشری است، احداث صحیح سد است. بررسی و مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که ساخت سد در هر منطقه‌ای مجاز نیست. چرا که باید یک سری معیارها قبل از ا نجام پروژه، مدنظر قرار گرفته شود و مطالعات لازم روی آن‌ها صورت گیرد. ساخت سد تأثیر به‌سزایی بر اکوسیستم هر منطقه خواهد داشت. قبل از احداث سد باید به مواردی همچون بارش، حجم آب ذخیره شده، حجم سالانه رسوبات وارد شده، کیفیت آب خروجی و... توجه شود و بررسی‌های لازم به عمل آید. سدسازی ممکن است سبب آلودگی و مشکلات زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری شود که همین موضوع از اصلی‌ترین معایب سدسازی به شمار می‌رود که باید همیشه و همه‌جا این نکات موردنظر قرار گرفته شود و در صورت لزوم، آزمایش و ارزیابی روی آن‌ها صورت گیرد.

کلمات کلیدی: سدسازی، محیط‌زیست، ارزیابی

۱. مقدمه

هنگامی که صحبت از اثرات زیست‌محیطی به میان می‌آید، به طور ناخودآگاه بسیاری از اذهان عمومی متوجه مخاطرات، مشکلات و اثرات منفی طرح‌های سدسازی می‌شود. در حالی که شناسایی و تحلیل اثرات مثبت و منفی ساخت سدها بایستی در کنار یکدیگر مورد بررسی قرار گیرند [۱]. از مهم‌ترین اهداف سدسازی عمدتاً توسعه اقتصادی و اجتماعی است. سد به علت آنکه پدیده عظیمی در طبیعت محسوب می‌شود، اثرات آن روی محیط‌زیست گسترده است و در ۲۰ تا ۳۰ سال اخیر به علت افزایش آگاهی‌های جامعه و توجه به مسائل زیست‌محیطی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. ایجاد کمیته فنی سدسازی و محیط‌زیست در سال ۱۹۷۲ توسط کمیسیون بین‌المللی سدهای بزرگ، ایجاد برنامه خاص (بهره‌برداری و مدیریت منطقی منابع آب برای توسعه اقتصادی- اجتماعی) در سومین برنامه بین‌المللی آب‌شناسی (۱۹۸۴-۱۹۸۹)، مسئله ارزیابی مدیریت منابع آب و مدیریت سیستماتیک برای کاهش اثرات منفی جانبی و تبدیل آن به اثرات مثبت، نشان دهنده اهمیت روزافزون مسائل زیست‌محیطی در ساخت و بهره‌برداری سدها است. توجه به مسائل زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته، هر دو مورد توجه است و در برخی حالات که مسائل زیست-محیطی دارای راه‌حل‌های عملی نیست، منجر به توقف پروژه شده است. دستورالعمل‌ها و روش‌های طراحی سد در گذشته بیشتر به توپوگرافی محل، شرایط ژئوتکنیکی پی و تکیه‌گاه‌ها، عوامل مربوط به مهندسی سد و مصالح و لرزه‌خیزی منطقه توجه می‌کردند و ارزیابی را بر اساس تحلیل سود و زیان انجام می‌دانند. امروزه حفظ منابع آب، نگهداری و محافظت منابع طبیعی و اجتناب از اختلال در موازنه طبیعت در دوران ساخت و بهره‌برداری سدها جزء جدایی‌ناپذیر برخی از دستورالعمل‌های طراحی سد است [۲]. در ایران هم قوانین و مقررات مهم، در دو قالب اصول مربوط به قانون اساسی و قوانین عادی، تدوین و تصویب شده است. در جمهوری اسلامی، اصول چهل‌وپنجم و پنجاهم قانون اساسی به موضوع محیط‌زیست و منابع طبیعی مثل منابع آب اختصاص یافته است. قوانین عادی بسیاری نیز در قبل و بعد از انقلاب در بحث های محیط‌زیست و آب به تصویب و تأیید رسیده است. اما این قوانین شامل قوانین مستقل و مدونی در خصوص مباحث زیست‌محیطی مرتبط با طرح‌های سدسازی در ایران نیستند. بیشتر قوانین و مقررات موجود، جنبه موضعی دارد و در مواجهه با مسائل پیش آمده در طرح‌های سدسازی، رجوع به مقررات، قوانین، آیین‌نامه‌ها و بخشنامه‌های پراکنده، تنها راه بهره جستن از ابزارهای حقوقی و قانونی در حل مسائل زیست‌محیطی این طرح‌ها است. لذا با توجه به عدم تدوین و تصویب قانون مستقل و مدونی در خصوص مباحث زیست‌محیطی مرتبط با طرح‌های سدسازی در ایران، ضمن گذشتن از پیشینه تاریخی، با مراجعه به قوانین مصوب و متعدد، قوانین حقوقی، کیفری، آیین‌نامه‌های اجرایی، مصوبات و بخشنامه‌های هیئت دولت در قبل و بعد انقلاب اسلامی، مقررات و قوانین مرتبط با محیط‌زیست در طرح‌های سدسازی فراخوانده می‌شوند و مورد ارزیای قرار خواهند گرفت [۳].

۲. نیاز سدسازی

در گذشته در هر نقطه از جهان بنابر ضرورت یا نیاز ساکنان در آن منطقه نسبت به ایجاد سد و یا آبگیر اقدام می‌کردند تا نیازهای خود را در زمینه آبیاری و آب رسانی برطرف کنند. امروزه در کشور، بیشتر از هر زمانی سخن از بحران آب به میان می‌آید. خشکسالی‌ها، از بین رفتن پهنه‌های آبی و مسائل وابسته به آن، همگی از جمله مقوله‌هایی هستند که در سال‌های قبل کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. در میان عوامل مسبب این بحران، دو عامل اصلی مطرح است: اول خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیم و دوم مدیریت بخش آب. با توجه به اینکه سفره‌های آب زیرزمینی بسیار محدود است و علاوه بر آن‌ها در کشور، توزیع نامتوازن زمانی و مکانی نیز داریم، به طوری که عموم بارش‌ها از اوایل پاییز تا انتهای زمستان است، در صورتی که عمده نیاز کشاورزی کشورمان در فصل تابستان است. بنابراین لازم است که از آب‌های جاری بیشترین استفاده شود. میانگین بارش در دنیا ۸۶۰ میلی‌متر در سال و در قاره آسیا حدود ۵۵۰ میلی‌متر و در ایران کمتر از ۲۳۰ میلی‌متر است. بسیاری عامل اصلی بحران‌های بخش آب را احداث بی‌رویه سدها عنوان می‌کنند و پیامدهای ناگوار زیست‌محیطی بسیاری را بر آن مرتبط می‌دانند. در کشور ایران، بر اساس ماده ۶ و ۷ از قانون حفاظت و بهسازی محیط‌زیست و با توجه به اصل پنجاهم قانون اساسی،

شکل ۱- سد بتنی دو قوسی «شهریار» در شهرستان میانه [۵]

موضوع ارزیابی اثرات زیست‌محیطی برای اولین بار شکل گرفت و بر طبق مصوبه مورخ ۱۳۷۳/۱/۲۳ شورای عالی حفاظت محیط‌زیست قانون‌مند شد و بر اساس آن برخی از پروژه‌ها از جمله پروژه‌های سدسازی موظف به تهیه گزارش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی شدند [۴].

۳. اهداف سدسازی

۳-۱. تأمین آب

عمده‌ترین هدف از تأسیس یک سد را می‌توان تأمین آب برای مصارف بخش‌های مختلف عنوان کرد. با توجه به اینکه میزان آب عبوری از یک رودخانه در مواقع مختلف سال متفاوت است، یک سد می‌تواند با ذخیره آب در مواقع پرآبی، آب موردنیاز برای مواقع کم‌آبی و برای مصارف مختلف را تأمین کند. سدهای بزرگ بیشتر برای تأمین آب آبیاری ساخته می‌شوند تا سایر اهداف، و بخش‌های کشاورزی بیش از سایر بخش‌ها از آب شیرین استفاده می‌کند. لازم به ذکر است که آب قابل توجهی از شهرهای جهان از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود. همچنین، می‌توان گفت از کل مصارف آب در ایران، ۴۵ درصد آن از آب‌های سطحی و ۵۵ درصد آن از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود [۴].

۳-۲. تولید انرژی (تأسیسات برقابی)

دومین هدف از احداث سد، تولید انرژی الکتریسیته است. با توجه به اینکه با احداث سد ارتفاعی از آب پشت بدنه سد جمع می‌شود، با وجود انرژی پتانسیل در این ستون آب، می‌توان از آن برای به حرکت درآوردن توربین‌ها و در نهایت تولید انرژی برق استفاده کرد. میزان تولید انرژی برقابی از سد به عوامل مهمی چون ارتفاع آب، دبی جریان و راندمان توربین‌ها بستگی دارد. سدها تنها برای تأمین نیرو در ساعت‌های پیک تقاضا ساخته می‌شوند و برای بهره‌برداری در تمام مدت طراحی نمی‌شوند [۴].

۳-۳. کنترل سیلاب

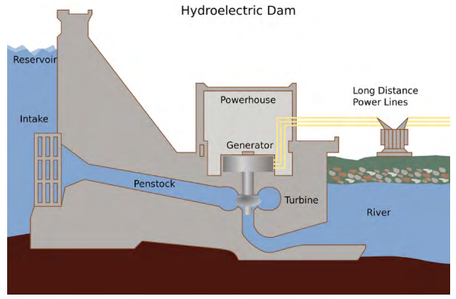
در یک دید کلی، روش‌های کنترل سیلاب به دو نوع سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم می‌شوند. در روش‌های غیرسازه‌ای برای کنترل سیلاب هیچ‌گونه سازه‌ای برای مهار جریان سیل ساخته نمی‌شود، ولی در روش‌های سازه‌ای با ساخت سازه‌های مختلف، جریان سیلاب مهار می‌شود. یکی از سازه‌های کنترل سیلاب، سد است. در حقیقت جریان سیلاب قبل از ورود به دریاچه سد دارای شدت بسیار زیاد طی یک مدت زمان کوتاه است. پس از عبور از دریاچه سد، نقطه اوج شدت سیلاب فروکش می‌کند و مدت زمان آن افزایش می‌یابد و به اصطلاح سیلاب تسکین پیدا می‌کند [۴].

۳-۴. پرورش ماهی در مخزن

ماهی‌گیری در مخزن سد معمولاً به عنوان یکی از فواید سدسازی محسوب می‌شود. پوشش گیاهی و خاکی که در اثر احداث سد به زیر آب می‌رود، مقادیر زیادی مواد خوراکی تولید و خوراک ماهی‌ها را فراهم می‌کند و محیط مناسبی را برای رشد و پرورش ماهی‌ها به‌وجود می‌آورد. پرورش ماهی و ماهی‌گیری در مخزن سد می‌تواند به عنوان یک جایگزین مناسب برای اشتغال افرادی در نظر گرفته شود که در اثر احداث سد شغل خود را از دست می‌دهند. البته این امر نیازمند ملاحظات زیست‌محیطی و اکولوژیکی خاص خود است چرا که ممکن است وجود مراکز صنعتی، ماهی‌سراها و مراکز دام‌پروری بر آلودگی آب برخی از سدها بیفزاید [۴].

۳-۵. توسعه مناطق تفریحی و توریستی

ماهی‌گیری تفریحی، شنا، قایق‌سواری و سایر تفریحات ساحلی هم از جمله تفریحاتی است که با ایجاد مخازن



شکل ۲- تأسیسات برقابی [۶]

شکل ۳- سد مهاباد

سدها ایجاد می‌شوند [۴]. برای مثال سد مهاباد اولین سد درون‌شهری است که دارای ماهی‌هایی مانند کپور و سوف است و امکان ماهی‌گیری، فعالیت تفریحی و قایقرانی در این سد برای علاقه-مندان محیا شده است. (**شکل ۳**) [۷]

۳-۶. حمل و نقل آبی

با احداث سد روی جریان آب رودخانه، سطح آب رودخانه پشت سد افزایش می‌یابد. افزایش سطح آب مذکور می‌تواند در مواردی پتانسیل کشتی‌رانی را در رودخانه فراهم کند. برای مثال یکی از اهداف احداث سد سلولی بالادست رودخانه بهمنشیر در استان خوزستان، کشتی‌رانی و حمل و نقل آبی است.

۳-۷. تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی

با تشکیل مخزن سد روی یک سطح گسترده (دریاچه سد) امکان نفوذ آب به سفره‌های آب زیرزمینی و تغذیه آن‌ها فراهم می‌شود. گفتنی است که با بستن آب به سمت پایین‌دست ممکن است اختلالاتی در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی پایین‌دست سد هم به‌وجود آید. البته سدها و بندهایی که برای انحراف آب به‌ویژه برای آبیاری بهره‌برداری می‌شوند، برخی اوقات به شکل مصیبت باری جریان آب در پایین‌دست را کاهش می‌دهند. برای مثال، بدترین فاجعه اکولوژیکی که در پی انحراف آب رودخانه دیده شده است، کوچک شدن دریاچه آرال در آسیای مرکزی است [۴].

۴. پیامدهای منفی احداث سدها

سدسازی در عین حال از برخی معایب و مضرات هم برخوردار است که در ادامه به آن اشاره می‌شود. ماهیت پیامدهای یک سد به طراحی، هدف و شیوه بهره‌برداری و اندازه مخزن آن بستگی دارد. پیامدهای منفی احداث سدها را می‌توان به دو دسته پیامدهای مستقیم و پیامدهای غیرمستقیم دسته‌بندی کرد. می‌توان اشاره داشت که اکثر این پیامدها، پیامدهای منفی زیست‌محیطی و یا زیر مجموعه‌ای از این پیامدها خواهند بود. این پیامدها نه تنها برای انسان‌ها، بلکه برای سایر جانداران و اکوسیستم آن‌ها نیز تأثیرگذار خواهد بود و اثرات مستقیم و غیرمستقیمی بر اقلیم و محیط‌زیست منطقه خواهد داشت.

۴-۱. پیامدهای مستقیم

آلودگی آب و هوای ناشی از احداث سد و دفن مواد زاید، فرسایش خاک، تخریب پوشش گیاهی، مسائل بهداشتی حاصل از احداث سد و کارگاه، آشفتگی‌های حاصل از جابه‌جایی مردم محلی در اثر آبگیری سد و تشکیل زون غرقابی، از بین رفتن اراضی کشاورزی، جنگل‌ها و مراتع

شکل ۴- تخریب سد به علت وقوع زلزله [۸]

و تالاب‌ها به وسیله زون غرقاب و حوضچه آبگیری سد، از بین رفتن سیماهای فرهنگی، تاریخی و زیبایی شناسی در اثر زیر آب رفتن در زون غرقابی، نابودی زیستگاه‌های حیات وحش و مناطق بکر، تکثیر علف‌های هرز آبی در مخزن و پایاب و اختلال در تخلیه سد، سیستم‌های آبیاری، قایق‌رانی، صید و افزایش تلفات در اثر تعریق، افت کیفیت آب در مخزن سد، ته‌نشینی رسوبات در مخزن و کاهش ظرفیت سد، شکل‌گیری ذخایر رسوب در ورودی مخزن که باعث ایجاد پنگاب، سیلاب و ماناب در بخش بالادست رودخانه می‌شود، شست‌وشوی بستر رودخانه در پای سد، کاهش و عقب نشینی اراضی کشاورزی در دشت‌های سیلابی، شور شدن اراضی در دشت های سیلابی، نفوذ آب شور در مصب‌ها و بالارود، اختلال در حیات آبزیان رودخانه در اثر تغییر جریان آب، مسدود شدن مسیر مهاجرت ماهیان و تغییر در کیفیت و لیمنولوژی آب، گیر کردن تورهای ماهی‌گیری به گیاهان غوطه‌ور در مخزن سد، افزایش بیماری‌هایی که منشأ آبی دارند، تعارضات تقاضا برای آب و مصارف آبی، اختلالات اجتماعی و کاهش استاندارد زندگی مردم جابه‌جا شده و تازه اسکان یافته، تخریب محیط‌زیست در اثر افزایش فشار بر اراضی، افزایش در رطوبت و مه در سطح محلی که زمینه مناسبی برای رشد حشرات ناقل بیماری‌ها را فراهم خواهد کرد (پشه مالاریا) و بسیاری از موارد دیگر که می‌توان به آن‌ها اشاره داشت [۱].

۴-۲. پیامدهای غیرمستقیم

فراهم شدن زمینه مهاجرت غیرقابل مهار مردم به منطقه در اثر احداث جاده‌ها و خطوط دسترسی، فراهم شدن زمینه بروز مسائل زیست‌محیطی در اثر احداث سد (کشاورزی آبی، صنایع و رشد شهرها)، کاربری نادرست اراضی در حوضه آبریز در بالادست مخزن سد که باعث افزایش میزان رسوبات می‌شود و کیفیت آب را کاهش می‌دهد [۱].

۵. سدها و اثرات آن‌ها بر محیط‌زیست

تقسیم‌بندی اثرات سد روی محیط‌زیست به صورت گوناگون بیان شده است. برخی تقسیم‌بندی‌ها از نظر دوران ساخت، اثرات کوتاه مدت و اثرات بلندمدت به عمل آمده است. در تقسیم بندی فوق، اثرات دوران ساخت بر روی کارهای ساختمانی سد و تأسیسات آن و احتمالا اختلال در محیط‌زیست در دوران ساخت مورد توجه است و اثرات کوتاه مدت روی رودخانه و اثرات بلندمدت روی اکوسیستم مخزن سد وحوضه آبخیز مورد نظر است. برخی تقسیم‌بندی‌ها بر اساس سطوح تأثیر به اثرات محلی و اثرات منطقه‌ای انجام می‌شود. تقسیم‌بندی‌های دیگر که بیشتر مورد استفاده است، اثرات روی انسان‌ها، گیاهان، حیوانات، آب و هوا، آب و ژئوفیزیکی را مورد توجه قرار می‌دهند [۲].

۵-۱. سدها و تغییرات بستر رودخانه

از دیگر تأثیرات سدها بر رودخانه‌ها، تغییرات بستر رودخانه است. معمولاً آبی که در پشت سدها ذخیره می‌شود، حاوی مقادیر زیادی لای و سیلت است که این لای و سیلت در پشت سدها انباشته می‌شوند. آبی که از سد سرریز می‌شود فاقد لای و سیلت است و سرعت تند این آب در هنگام برخورد به رودخانه، باعث تشدید فرسایش رودخانه می‌شود. وقتی در مسیر رودخانه سدی ساخته می‌شود، مخزن سد، سطح اساس رودخانه را بالا می‌برد. در بالادست سد، شیب رودخانه کاهش می‌یابد و سبب کاهش سرعت و قدرت حمل آن می‌شود در نتیجه رودخانه با رسوب‌گذاری مواد، به سازندگی و بالا بردن مسیر خود ادامه می‌دهد و این فرایند تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که شیب رودخانه برای حمل بار خود مناسب باشد و در این حالت نیمرخ بستر جدید در ترازی بالاتر از بستر قدیم قرار خواهد گرفت [۲].

۵-۲. تولید زمین لرزه و زمین لغزش

از دیگر اثرات منفی سدها، افزایش فعالیت‌های لرزه‌خیزی در منطقه احداث سد است که این زمین لرزه‌ها در اثر وزن بسیار سنگین آب دریاچه و بر هم خوردن تعادل فشار در طبقات مختلف زمین رخ می‌دهند. مخزن‌ها می‌توانند در مناطقی که فعالیت لرزه‌ای زیادی دارند، دفعات وقوع زمین لرزه را افزایش دهند، همچنین می‌توانند در جاهایی که پیشینه لرزه‌خیزی غیرفعال دارند، باعث وقوع زمین لرزه شوند. پذیرفته‌ترین توضیح برای اینکه چرا سدها سبب زمین لرزه می‌شوند، این است که فشار آب بالایی در ترک های ریز و شکاف‌های زمین در زیر و کنار مخزن به‌وجود می‌آید و هنگامی که فشار آب روی سنگ‌ها افزایش می‌یابد، گسل‌ها لغزنده می‌شوند. گسل‌هایی که خود از کرنش زمین ساختی متأثر بوده‌اند، اما اصطکاک سطح سنگ‌ها تا آن زمان از لغزش آن‌ها جلوگیری می‌کرد. همان طور که اولین دلیل برای زلزله بم که دانشمندان آن را عامل زلزله می‌دانستند، آب انباشته شده در پشت سد جیرفت بود که بعدها با تحقیقات فراوان دلیل دیگری نیز برای آن آورده شد [۲ و ۱].

۵-۳. سدها و شیوع بیماری‌ها

از نظر بیولوژیکی، اکنون به اثبات رسیده است که در مناطق استوایی، سدها و دریاچه‌های عظیم، تأثیرات فراوان روی سلامت و بهداشت مردم محل دارند. مهم‌ترین این اثرات عبارتند از: شیوع بیماری‌هایی که ناقلین آن‌ها از آب‌های راکد استفاده می‌کنند. تأثیرات دریاچه‌های سد روی مجموعه‌های بیولوژیکی بر دو نوع هستند: اول تغییراتی که ساختمان دریاچه‌ها و سدها در محیط به‌وجود می‌آورند و آن را از نظر سوددهی برای سایر فعالیت ها ساقط می‌کنند. نوع دیگر تاثیرات بستگی به مدیریت و

شکل ۵- آلودگی زیست‌محیطی سد اکباتان همدان

نحوه اداره سدها و دریاچه ها دارد. گاهی روند بیولوژیکی واقع در سد، مغایر با منظور اصلی ساخته شدن سد (تأمین نیرو و یا آب آشامیدنی و زراعی) است. رشد سریع علوفه در آب ممکن است جلوی توربین‌ها را سد کند و یا اینکه رشد جلبک‌های آبی، آب دریاچه را برای مصارف خانگی یا صنعتی بلا استفاده کند [۲].

۵-۴. اثرات روی آب‌های زیرزمینی

منابع آب‌های زیرزمینی که با رودخانه و یا مخزن سد ارتباط داشته باشند، دستخوش تغییرات می‌شوند. میزان اثر آب‌های سطحی روی آب‌های زیرزمینی با تغییرات سطح آب نیز تغییر می‌کند. تغذیه آب‌های زیرزمینی و کاهش سختی، از اثرات مثبت محسوب می‌شود. رسوبات سد ممکن است در طی زمان، ارتباط دریاچه و آب‌های زیرزمینی را کاهش دهد و باعث کندی تغذیه آب‌های زیرزمینی و در نهایت توقف ارتباط شود. راهبری سد در بلندمدت می‌تواند مثبت یا منفی بودن آن را نشان دهد. نشست آب در زمین‌های پایین‌دست سد ممکن است منجر به زه‌دار شدن زمین‌ها شود و روی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها نیز اثر بگذارد [۲].

۵-۵. اثرات روی حیوانات و گیاهان

اثرات مخزن سد روی حیوانات عمدتاً مربوط به ماهی‌ها و توقف تردد آن‌ها در طول رودخانه است که ممکن است منجر به تغییر گونه‌ها و یا از بین رفتن آن‌ها شود. فراوانی آب در طول سال از طرف دیگر می‌تواند روی حیات وحش و اکولوژی رودخانه و سد اثر بگذارد. نوسانات سطح آب دریاچه نیز روی اکوسیستم سواحل دریاچه اثر می‌گذارد. برخی اوقات سد و ساختمان‌های انحراف آب نظیر تونل ممکن است باعث مهاجرت ماهی‌ها از یک رودخانه به یک رودخانه دیگر شود و دگرگونی در اکوسیستم به‌وجود آورد. ایجاد سد می‌تواند روی زندگی حیوانات خارج رودخانه و پرندگان نیز اثر بگذارد که این اثرات با توجه به شرایط، ممکن است مثبت یا منفی باشد. اثرات سد روی گیاهان بالادست سد به علت غرقابی شدن منطقه می‌تواند باعث نابودی گیاهان و احتمالاً گونه‌های کمیاب شود. در سواحل دریاچه رشد گیاهان و گونه‌های جدید امکان‌پذیر است و در صورتی که نوسانات سطح آب مخصوصاً در مناطق خشک باعث بیرون ماندن برخی سواحل به مدت چند سال خارج از آب باشد، با غرقابی شدن مجدد آن‌ها، مواد آلی فوق به دریاچه افزوده خواهند شد [۲].

۵-۶. اثرات ژئوفیزیکی

آبگیری و پر کردن سدها ممکن است باعث ایجاد زلزله‌های القایی شود. این امر ممکن است به علت فشار روی پوسته زمین و تغییر تنش‌ها در سنگ‌های زیر و نزدیک سد حاصل شود. مطالعات انجام شده درباره ۴۲۵ سد ساخته شده نشان می‌دهد که تنها در ۱۵ مورد زلزله القایی پدید آمده است که ۱۰ مورد آن با شدت بیش از ۵ ریشتر بوده است [۲].

۵-۷. هیدرولوژی رودخانه و تغییرات آب و هوایی

بهره‌برداری از سد به منظور تحقق اهداف آن (برقابی، کشاورزی، ...) رژیم رودخانه در پایین‌دست را تغییر می‌دهد. تنظیم حداقل جریان رودخانه پس از تأمین هدف اولیه (نظیر آبیاری، ...) صورت می‌گیرد که این حداقل جریان، عمدتاً برای حفاظت محیط‌زیست و یا تأمین قدرت پالایش طبیعی رودخانه است. تعیین حداقل جریان، یک راه‌حل عمومی و مورد قبول همگان ندارد. برخی حداقل جریان را برای رودخانه‌های کوهستانی ۰/۲، برای رودخانه‌های یکنواخت‌تر ۰/۵ و برای رودخانه‌های بزرگ ۰/۸ تا یک برابر متوسط حداقل جریان سالانه توصیه می‌کنند [۲].

۵-۸. رسوب‌گذاری

رسوب به عنوان یک پدیده طبیعی در حوضه آبریز، به وضعیت حوضه بستگی دارد و سدسازی در صورتی که تغییرات زیادی در زمین ایجاد کند، باعث افزایش رسوب می‌شود. کاهش سرعت و سکون نسبی آب باعث جمع شدن رسوب در مخزن و کم شدن تیرگی آب پایین‌دست خواهد شد. بالا آمدن کف رودخانه و کم شدن سطح مقطع رودخانه و پر شدن مخزن از عوارضی است که در بالادست سد حاصل می‌شود و میزان رسوب بستگی به وضعیت حوضه آبخیز دارد. در ایران، فرمول خاصی برای پیش‌بینی رسوب وجود ندارد و بررسی‌های انجام شده متوسط رسوب را حدود ۷۶۰ تن در سال به ازای هر کیلومتر مربع حوضه برآورد کرده‌اند. رسوب مواد آلی و فسادپذیر در دریاچه سد باعث فراهم شدن زمینه آلودگی می‌شود، ضمن آنکه مواد غذایی موجود در پایین‌دست سد را کاهش می‌دهد، همچنین ته‌نشینی فلزات سنگین و تجمع آن در مخزن سد باعث آلودگی و تغییرات بلندمدت در اکوسیستم سد می‌شود [۲].

۵-۹. تغذیه‌گرایی

به علت افزایش و تجمع مواد غذایی (فسفر و ازت) در مخزن سد، رشد جلبک‌ها تشدید می‌شود. مواد غذایی از طریق فاضلاب‌ها و زهکش‌ها وارد مخزن سد می‌شوند و در سال‌های اخیر به علت افزایش مصرف کودها و شوینده‌ها و تخلیه فاضلاب‌ها به رودخانه‌ها، این امر تشدید شده است. توسعه فعالیت‌های بالادست سد ممکن است در بلندمدت منجر به افزایش مواد غذایی در مخزن سد شود. به عنوان مثال، تخلیه فاضلاب‌های واحدهای مسکونی و تجاری

بالادست سد کرج در بلندمدت می‌تواند اثرات نامطلوب بر مخزن سد بگذارد. همچنین، کاهش اکسیژن محلول در زیر لایه از عوارض پر غذا شدن است [۲].

۵-۱۰. زباله و فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و هرزآب کشاورزی

یکی دیگر از مسائلی که در رابطه با رودخانه‌هایی که به سد وارد می‌شوند قابل بررسی است، تخلیه زباله و فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و هرزآب کشاورزی است. از آنجایی که در حالت عادی رودخانه خاصیت خودپالایی دارد و می‌تواند به مرور زمان در طول حرکت، بار آلودگی خود را از طریق گرفتن اکسیژن کم کند، سدها باعث می‌شوند که سرعت رودخانه کاهش یابد تا به حالت سکون در پشت سدها برسد و این موجب می‌شود که تأثیر خودپالایی رودخانه‌ها کاهش یابد و به مرور زمان با تجمع مواد آلوده‌کننده در پشت سدها باعث آلودگی جانداران ساکن در دریاچه سدها و نیز آلودگی خاک‌های اطراف سدها شود. علاوه بر این، از آنجایی که از آب پشت سدها برای مصارف گوناگون استفاده می‌شود، می‌تواند باعث انتقال این آلودگی‌ها به انسان و سایر موجوداتی شود که در اکوسیستم اطراف سدها زندگی می‌کنند. این خود باعث شیوع انواع مریضی‌ها و انتقال آن‌ها از طریق جانداران به سایر اکوسیستم‌ها می‌شود. یکی دیگر از مسائلی که در رابطه با آلودگی دریاچه سدها قابل بررسی است، تجمع این آلودگی‌ها بر حسب نوع آن‌ها در بدن جانداران ساکن این دریاچه‌ها و به خصوص ماهی‌ها است که این خود با مصرف این منابع غذایی توسط انسان باعث ایجاد بیماری‌های خطرناک در آن‌ها می‌شود که تأثیرات آن در بدن افراد مختلف با توجه به دامنه بردباری آن‌ها متفاوت است [۲]. (شکل ۵) [۹]

۵-۱۱. اختلال در رژیم طبیعی انتقال رسوبات در رودخانه

همه رودخانه‌ها رسوب دارند. یک رود به همان اندازه که پیکرهایی از آب روان است، می‌توان آن را پیکرهایی از رسوبات روان هم به‌شمار آورد. هنگامی که یک رود در پشت یک سد از حرکت می‌ایستد، رسوبات آن به ته مخزن سرازیر می‌شود. آن بخش از رسوبات رودخانه که در ته مخزن می‌ماند، در بسیاری از طرح‌ها به‌ویژه در مخزن‌های بزرگ به ۱۰۰ درصد هم می‌رسد. به‌تدریج که رسوبات در مخزن متراکم می‌شود، سد هم کم‌کم توان ذخیره آب برای مصارف گوناگونی که برای آن‌ها ساخته شده است را از دست می‌دهد و به آرامی جای ذخیره آب خود را به رسوبات واگذار می‌کند. رسوب‌گذاری احتمالاً هنوز هم جدی‌ترین مشکل فنی رودررو با صنعت سدسازی است. بانک جهانی برآورد کرده است که هر سال نزدیک به ۵۰ کیلومترمکعب رسوب (تقریباً یک درصد کل ظرفیت ذخیره مخازن جهان) در پشت سدهای دنیا جمع می‌شود. بر این اساس تا سال ۱۹۸۶ نزدیک به ۱۱۰۰ کیلومترمکعب رسوب در سدهای جهان انباشته شده است که یک پنجم از ظرفیت ذخیره سدهای دنیاست. آهنگ رسوب‌گیری عمدتا به اندازه مخزن و به میزان رسوب ورودی به آن بستگی دارد. [۴].

۵-۱۲. نابودی زیست‌بوم‌های گیاهی و جانوری بالادست و پایین‌دست

غرق شدن همیشگی جنگل‌ها، مرداب‌ها و حیات‌وحش در مخزن سد، شاید عینی‌ترین پیامد اکولوژیکی یک سد باشد. مخزن‌ها مناطق وسیعی را به زیر آب برده‌اند و دستِ کم ۴۰۰ هزار کیلومترمربع در سراسر جهان (تقریبا معادلِ یک چهارم کشور ایران) در دریاچه سدها مدفون شده است. اما آنچه حائز اهمیت است تنها وسعت این اراضی از دیدگاه کمی نیست، بلکه از بابت کیفیت هم اهمیت زیادی دارد. زیرا زیستگاه‌های رودخانه‌ای و سیلاب‌دشتی از مهم‌ترین و متنوع‌ترین زیست‌بوم‌های جهان هستند. گیاهانی که با زیستگاه‌های ته دره‌ها خو گرفته‌اند، کمتر در کناره مخزن به حیات خویش ادامه می‌دهند. البته هنوز به روشنی معلوم نیست که چند گونه گیاهی و جانوری تاکنون منقرض شده‌اند، اما این رقم هر چه باشد از آن نمی‌توان چشم‌پوشی کرد [۴].

۵-۱۳. افزایش تبخیر سطحی

با احداث سد و تشکیل دریاچه با سطح زیاد پشت آن، قطعاً تلفات آب به‌دلیل تبخیر از سطح مخزن بالا خواهد رفت، در حالی که قبل از احداث سد به دلیل فقدان سطح مذکور، این تلفات وجود نداشته است. لازم به ذکر است که میزان تلفات تبخیر از آب تجدیدپذیر صورت می‌گیرد. بر اساس یک برآورد جهانی، ۴ درصد آب ذخیره شده توسط سدهای جهان به صورت تبخیر از دست می‌رود [۴].

۵-۱۴. آثار غیربهداشتی مخزن سد

تنها سدزدگان نیستند که از بابت ساخت سد بیمار می‌شوند و از بین می‌روند. از آنجا که سدها شرایط اکولوژیکی را دگرگون می‌کنند و جابه‌جایی جمعیتی زیادی را سبب می‌شوند، عامل نیرومندی در پراکنش بیماری‌ها به‌ویژه در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به‌شمار می‌روند، به‌خصوص اگر با شبکه‌های آبیاری همراه باشند. اگرچه که پی‌ریزی و اجرای راهکارهای بهداشت عمومی می‌تواند بیماری‌های ناشی از سد را کاهش دهد، ولی این راهکارها نمی‌تواند آن‌ها را ریشه‌کن کند. دلیل اصلی اینکه سدها و شبکه‌های آبیاری بیماری‌ها را شیوع

می‌دهند، آن است که زیستگاه‌هایی به‌وجود می‌آورند که محیطی مناسب برای حشرات، نرم‌تنان و سایر جانوران حامل انگل‌های بیماری‌های ناشی از آب به‌شمار می‌رود. گسترش و شیوع جهانی یک نوع بیماری ناتوان کننده به طور مستقیم به ساخت سدها و شبکه‌های آبیاری مربوط می‌شود. طرح‌های بزرگ آب، مردم را به کار و زندگی در کنار مناطق تخم‌ریزی آنوفل می‌کشانند، کاربری اراضی را از دامداری و گله داری به کشت محصولات زراعی یا از جنگل به روستا تغییر می‌دهند و بدین شیوه پشه‌ها از نیش زدن جانوران به نیش زدن انسان‌ها رو می‌آورند [۴].

۵-۱۵. آثار نامطلوب اجتماعی و اقتصادی

در شش دهه گذشته، سدسازان ده‌ها میلیون نفر از مردم فقیر و فاقد قدرت سیاسی که بخش بزرگی از آن‌ها مردم بومی و اقلیت‌های قومی بوده‌اند را از خانه و کاشانه و زمین‌های‌شان بیرون کرده‌اند. در بسیاری از نمونه‌ها، مردم با پرداخت کمترین هزینه خسارت و غالباً بدون هیچ پرداختی رها شده‌اند و بسیاری از آن‌ها از خانوارهای کشاورز خودکفا به خانوارهای کارگر مهاجر در حاشیه محلات فقیرنشین تبدیل شدند. ساکنان مخازن سدها که ناچار به جابه‌جایی شدند، مشهودترین قربانیان طراحان، سرمایه‌گذاران و سازندگان سدهای بزرگ هستند. اما بیش از میلیون‌ها نفر، زمین‌ها و خانه‌های خود را در راه ساخت کانال‌ها، طرح‌های آبیاری، جاده‌های دسترسی، خطوط انتقال و توسعه صنعتی که سدها برای دره‌ها به همراه می‌آورند، از دست داده‌اند و بسیاری دیگر گرچه خانه‌های‌شان جابه‌جا نشده است، اما دسترسی به آب پاکیزه، ماهی، ورزش، چراگاه‌ها، الوار، سوخت چوبی، میوه‌های جنگلی و گیاهان و سبزیجات منطقه به زیر آب رفته را از دست داده‌اند. همچنین ساکنان پایین‌دست رودخانه هم از سیلاب‌های سالانه‌ای محروم شده‌اند که زمین‌هایشان را آبیاری و حاصل‌خیز و چاه‌های‌شان را پرآب می‌کرد. میلیون‌ها نفر هم به بیماری‌هایی دچار شده‌اند که سدها و طرح‌های بزرگ آبیاری به گونه‌ای گریز ناپذیر با خود به مناطق گرمسیری و حاره به ارمغان می‌آورند [۴].

۵-۱۶. انرژی برقابی و گازهای گلخانه‌ای

بسیاری ادعا می‌کنند که نیروگاه‌های برقابی، پاک، تجدیدپذیر و ارزان هستند. با این همه هر سه این ادعاها مخالف حقیقت هستند. نیروگاه‌های برقابی به راستی نمی‌توانند یک منبع انرژی پاک به‌شمار روند. آلودگی ناشی از سدها ممکن است که کمتر از ستون‌های دود کثیف بیرون فرستاده شده از نیروگاه‌های سوخت زغال سنگی به چشم آید، اما با این همه آلوده هستند. نیروگاه‌های برقابی می‌توانند به گونه‌ای جدی آب رودخانه را آلوده کنند و به سبب فساد خاک و گیاهان به زیر آب رفته در مخزن، گازهای گلخانه‌ای متصاعد کنند. پراکنده‌سازی و تخریب زیست‌بوم‌های رودخانه‌ای هم گونه‌های آلودگی هستند. نیروگاه‌های برقابی چون سوخت فسیلی به‌کار نمی‌برند، تخفیف دهنده بالقوه روند گرمایش عمومی زمین فرض شده‌اند و صنعت برقابی به این موضوع به عنوان یکی از بزرگ‌ترین نقاط قوت خود می‌نگرد. روشن است که گرم شدن عمومی زمین تهدیدی واقعی و بزرگ برای جامعه بشری و دنیای طبیعی است و تکنولوژی‌ها و روش‌های سازماندهی سیاسی و اجتماعی که بتواند نشر گازهای گلخانه‌ای را به کمترین میزان برساند، بدون اینکه سایر مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی را تشدید کند، می‌بایست فوراً به اجرا درآید. با این وجود بر اساس تحقیقات انجام شده روی نیروگاه‌های برقابی نشان می‌دهد که مخزن‌های برقابی به‌ویژه در مناطق گرم و جنگل‌های گرمسیری می‌توانند در برخی نمونه‌ها به همان اندازه و گاه بیش از نیروگاه‌های سوخت فسیلی برای تولید میزان مساوی برق، در گرم شدن عمومی زمین سهم داشته باشند [۴].

۵-۱۷. تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب

تغییرات شیمیایی، دمایی و فیزیکی که در اثر یک جا ماندن جریان آب پدیدار می‌شود، می‌تواند مخزن سد و رودخانه پایین‌دست را آلوده کند. گسترش زوال و افت کیفیت آب عموماً به زمان نگهداری آب در مخزن بستگی دارد. آب یک مخزن کوچک پشت یک سد جریانی، تغییرات منفی بسیار کمی پیدا می‌کند یا تغییری نمی‌کند، اما اگر همین آب ماه‌ها یا سال‌ها پشت یک سد بزرگ بماند، می‌تواند برای موجودات زنده چه در مخزن و چه در رودخانه تا ده‌ها کیلومتر یا بیشتر در پایین‌دست سد، مرگ‌آور و کشنده باشد. آب رها شده در پای یک سد بزرگ معمولاً در تابستان سردتر و در زمستان گرم‌تر از آب رودخانه است. گرم شدن یا سرد شدنِ رودخانه طبیعی بر میزان اکسیژن محلول در آب و مواد معلّق در آن و همچنین بر واکنش‌های شیمیایی که در آن رخ می‌دهد، اثر می‌گذارد. تغییر دادن روند طبیعی تغییرات فصلی دمای رودخانه می‌تواند چرخه زندگی موجودات آبی را قطع کند. زایش و تولیدمثل، تخم‌گذاری و دگردیسی لاروها برای نمونه بسیار به رویه دمایی آب وابسته است [۴].

۶. روش های حفاظت از محیط‌زیست

برای سدهای موجود، مهندسین و محققین حیطه محیط‌زیست و اکوسیستم‌ها اقدامات فنی، اقتصادی و اجتماعی زیادی را برای کاهش اثرات مخرب سد توسعه

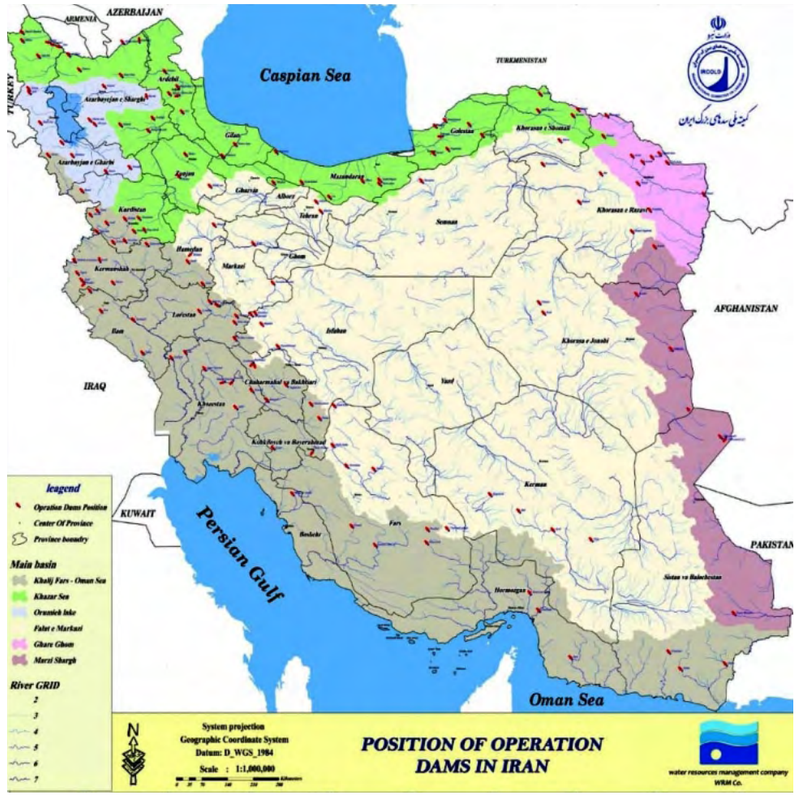
داده‌اند. مجموعه این اقدامات در ۳ چارچوب زیر قابل بیان است:

۶-۱. اقدامات اجتنابی

این اقدامات باعث تغییر در کارکرد محیط‌زیستی کنونی منطقه نمی‌شود. در سدسازی این بدان معناست که با جایگزینی گزینه‌هایی نظیر مدیریت مصرف، بازیابی آب و استحصال آب به جای احداث سد یا جایگزینی نیروگاه‌های برقابی با نیروگاه‌های خورشیدی، بادی، هسته‌ای و ...، از آثار مخرب سد جلوگیری شود. همه‌ی این گزینه‌ها دارای پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی هستند که باید در مقابل پیامدهای احداث سد، وزن‌دهی و ارزشیابی شوند [۱۰].

۶-۲. اقدامات کاهشی

این اقدامات با تغییر در سازه یا عملکرد سد و یا اعمال تغییراتی در مدیریت حوضه آبریز که سد در آن واقع شده است، اثرات نامطلوب سد را تا جای ممکن کاهش می‌دهند. تاکنون، اقدامات کاهشی، پر کاربردترین رویکردی بود که برای کاهش اثرات منفی سد بر محیط‌زیست استفاده شده است. برای بالا بردن شانس موفقیت این روش‌ها در هر پروژه مشخص، باید فهم عمیقی از فرآیندهای پیچیده محیط و تعاملات آن‌ها با یکدیگر وجود داشته باشد. اگر پیش از این اقدامات، مطالعات علمی و مهندسی کاملی صورت نگیرد، نتیجه کار می‌تواند بی‌اثر و یا حتی گاهی اوقات نامطلوب نیز باشد [۱۰].



شکل۶- نقشه سدسازی در ایران [۱۱]

۶-۳. اقدامات جبرانی

این اقدامات وقتی به کار گرفته می‌شود که امکان انجام هیچ یک از دو مورد اشاره شده قبلی وجود نداشته باشد. رویکردهای اساسی شامل حفاظت از مناطق اکولوژیکی مهم موجود (مثلا ایجاد پارک‌های ملی) و نیز توان‌بخشی دوباره به مناطق دست خورده کنونی در اطراف سدها است.

به طور ایده‌آل، به کمک فرآیند تخمین اثر محیط‌زیستی می‌توان اقدامات حفاظتی مناسب را شناسایی کرد و اثرات منفی را به حداقل رساند. برای سدهای موجود، این اقدامات شامل ساماندهی نیز می‌شود. در بحث ساماندهی، تلاش بر این است که با انجام اقداماتی، تا جای ممکن شرایط محل به حالت قبلی خود بازگردد. در این زمینه، انهدام سد به طور فزاینده به عنوان یک گزینه جدی مورد توجه قرار گرفته است [۱۰].

۷. نتیجه گیری

احداث سد و فرایند سدسازی نیازمند برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت دقیق پروژه است. همچنین لازم است که قبل از شروع پروژه، اطلاعات کافی از منطقه در خصوص موارد مختلفی همچون محیط‌زیست و شرایط زیستی منطقه، آب و هوا، شرایط زندگی، امرار معاش و مشاغل مردم آن منطقه، شناسایی و مطالعه اکوسیستم و شرایط زندگی سایر جانداران آن منطقه و موارد بسیاری از این قبیل به‌دست آورده شود و مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. چه بسا لازم باشد از مهندسین و محققین در رشته‌ها و گرایش‌های مختلفی چون محیط‌زیست، عمران و مهندسی، زمین‌شناسی و سایر افراد در حیطه‌های مختلف شغلی استفاده و دعوت به‌عمل آید. فرآیند سدسازی امر بسیار مهم و حیاتی است و نیازمند مطالعات و پژوهش‌های زیادی حتی در مدت زمان طولانی خواهد بود. شرایط و مشکلات زیست‌محیطی حاصل از احداث سد، در همه جا یکسان نیست و در صورتی که ضررهای احداث سد بیشتر از سود و منفعت آن باشد و یا دارای خطرها و ضررهای جبران‌ناپذیری باشد، باید پروژه متوقف شود. البته لازم به ذکر است که نمی توان جلوی تمامی ضررهای ناشی از احداث سد را گرفت، اما هرچه برنامه‌ریزی و مدیریت قوی‌تر باشد و افراد متخصص بیشتری در این امر مشارکت داشته باشند، نتیجه حاصل نیز بهتر و در نتیجه از ضررهای این کار کاسته خواهد شد.

۸. قدردانی

از استاد محترم سرکار خانم دکتر ایزدی کیان، نهایت سپاس و تشکر را دارم که بنده را در این امر راهنمایی کردند و وقت گران‌بهای‌شان را در اختیار بنده قرار دادند.

۹. منابع

۱. مهدی‌آبادی، م. (۱۳۹۳)، "سدسازی و عوارض زیست‌محیطی آن"، دومین کنفرانس ملی مخاطرات زیست زاگرس، سالن همایش‌های بین‌المللی سازمان محیط‌زیست، تهران، ۱۴ اسفند ماه.

۲. شهرام، ا.، انصاری، ب. و ضیایی،ا. (۱۳۹۷)، "بررسی و شناخت اثرات سدسازی در راستای کنترل و کاهش پیامدهای منفی آن بر محیط‌زیست"، چهارمین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین، در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین.

۳. قلی‌نژاد، م. و کلامتری، م. (۱۳۹۱)، "قوانین و مقررات زیست محیطی مرتبط با سد سازی در ایران"، همایش ملی عمران و توسعه پایدار، مؤسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ۲۰-۱۹ بهمن.

۴. افتخاری، م.، شبانی گیو، ا.، محمودی‌زاده، س. و مددی، ک. (۱۳۹۷)، "تحلیل و ارزیابی سدسازی بر محیط‌زیست"، سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم و مهندسی، دانشگاه Kasem Bundit، بانکوک.

5. www.mashreghnews.ir
6. energyeducation.ca
7. www.eligasht.com
8. www.sms-tsunami-warning.com
9. isna.ir

۱۰. مهاجری، س.ح.، نجیبی، س.م.ا. و شهرکی، م. (۱۳۹۵)، "مروری بر روش های حفاظت از محیط‌زیست در پروژه‌های سدسازی"، فصلنامه علمی تخصصی مهندسی و مدیریت ساخت، سال اول، شماره دوم، تابستان.

11. mohandesonline.com

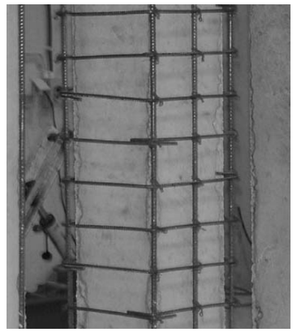
روش‌های بهسازی و انواع تیرهای هم‌بند در سیستم دیوار برشی هم‌بسته

گردآورنده: پوریا حیدری چراتی

مقدمه

شکل‌پذیری و طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله به عنوان مبحث مهمی در مهندسی عمران مطرح است؛ با وجود مزایای عمده دیوارهای برشی، اجرای آن‌ها در برخی موارد به دلیل محدودیت‌های معماری امکان پذیر نیست. از مهم‌ترین موانع معماری در این خصوص، لزوم ایجاد بازشو در دیوار با کاهش سطح موثر مقاوم در برابر برش و ایجاد انفصال در مسیر تحمل نیرو است که منجر به کاهش قابل ملاحظه در سختی و ظرفیت باربری دیوار برشی و در نهایت ناکارآمدی سیستم سازه‌ای در تامین سختی جانبی مورد نیاز طراحی می‌شود؛ به حدی که دیوار قادر به ارضای الزامات آیین‌نامه‌ای در مورد محدودیت تغییر مکان جانبی طبقات نیز نخواهد بود. از طرفی تمرکز تنش در اطراف بازشو سبب شکست‌های غیر منتظره در دیوار به عنوان عضو اصلی باربر جانبی ساختمان می‌شود.

به منظور بر طرف کردن چنین مشکلی می‌توان دیوارهای برشی دارای باشو را به صورت دو دیوار مجزا در نظر گرفت که با استفاده از یک تیر رابط به یک‌دیگر متصل شده‌اند. دیوارهای مذکور را دیوارهای برشی هم‌بسته، و تیر رابط را تیر هم‌بند می‌نامند. جذب انرژی در دیوارهای برشی بدون بازشو عمدتا در محل اتصال آن‌ها به فونداسیون رخ می‌دهد که آثار تخریبی بیش‌تری در بر دارد و ترمیم آن را مشکل‌تر می‌کند، اما در دیوارهای با سیستم هم‌بسته، این خرابی به عضو کوچک‌تر به نام تیر هم‌بند منتقل می‌شود. به طور کلی وظیفه تیر هم‌بند اتصال دو دیوار برشی جدا است تا نیروی برشی و خمشی را بین آن دو دیوار انتقال دهد و مانند دیوار برشی در برابر بارهای جانبی مقاوم عمل کند. برای تحقق این امر به تیرهای هم‌بند قوی نیاز است تا این دو دیوار برشی را به هم متصل کند. تیر هم‌بند در سیستم دیوار برشی هم‌بسته نقش فیوز را ندارد، بلکه رفتار آن بر مبنای نیرو کنترل است و مقاوم‌سازی در آن با این نوع رفتار بسیار با اهمیت است. از این رو در این پژوهش به توضیح و بررسی انواع روش‌های بهسازی پرداخته می‌شود. در پایان نیز به مرور انواع تیرهای هم‌بند، نوع ساخت و مزایا و معایب آن‌ها پرداخته شده است.



شکل ۱. ستون تقویت شده با استفاده از ژاکت بتنی [۱]

شکل ۲. ستون تقویت شده با استفاده از ژاکت فلزی [۲]

انواع روش‌های بهسازی

۱- بهسازی لرزه‌ای با استفاده از ژاکت

در این بخش، از بین روش‌های مختلف بهسازی لرزه‌ای، به روش استفاده از ژاکت پرداخته می‌شود که مبتنی بر افزایش شکل‌پذیری است. شکل‌پذیری، قابلیت تغییر مکان غیر الاستیک طی چرخه‌های متعدد است؛ به عبارت دیگر، به قابلیت جذب و اتلاف انرژی در محدوده رفتارهای غیر خطی تحت اثر بارهای رفت و برگشتی زلزله، شکل‌پذیری گفته می‌شود. معمولاً برای بهسازی لرزه‌ای توسط ژاکت از سه شیوه ژاکت بتنی ، ژاکت فلزی و ژاکت مواد کامپوزیتی استفاده می‌شود. در ادامه شرحی اجمالی در مورد این سه روش ارائه می‌شود [۱].

۱-۱ ژاکت بتنی

در این روش لایه نسبتاً ضخیم بتن آرمه در اطراف عضو سازه‌ای افزوده می‌شود تا شکل‌پذیری و مقاومت خمشی و برشی عضو افزایش یابد. این روش بیش‌تر در ساختمان‌ها به‌کار می‌رود. مهم‌ترین مزایای این سیستم عبارتند از:

- اجرای نسبتاً آسان با هزینه پایین؛
- ماندگاری زیاد.

نقاط ضعف مهم آن،

- هزینه بالا برای ستون‌های با مقطع غیر دایره‌ای؛
- اشغال سطح مفید ساختمان با افزایش مقطع اعضا؛
- اجرای نسبتاً طولانی پروژه؛
- غیر ممکن کردن استفاده از قسمت‌های مورد تعمیر ساختمان.

شکل ۱ نمونه‌ای از ستون‌های تقویت شده با استفاده از ژاکت بتنی را نشان می‌دهد [۱].

۱-۲ ژاکت فولادی

در این روش صفحه‌های فلزی با کمی فاصله به عضو سازه‌ای به وسیله جوش کاری متصل می‌شوند؛ و فضای خالی بین آن‌ها با دوغاب سیمان پر می‌شود. در شکل ۲ نمونه‌ای از ستون تقویت شده با ژاکت فولادی ملاحظه می‌شود.

مهم‌ترین نقاط قوت این روش عبارتند از:

- اجرای سریع؛
- افزایش وزن ناچیز ضمن افزایش مقاومت و شکل پذیری سازه‌ها.

معایب این روش عبارتند از:

- هزینه‌های نگه‌داری بالا در طول عمر سازه؛
- افزایش هزینه نهایی به دلیل هزینه استفاده از نیروی کار ماهر در مرحله‌ی جوش کاری و ریختن ملات [۲].

۱-۳ ژاکت مواد کامپوزیتی

معمولاً در این روش، کامپوزیت‌های FRP به وسیله چسب اپوکسی به عضو سازه‌ای چسبانده می‌شود.

شکل ۳. استفاده از کامپوزیت FRP در تقویت المان‌های سازه‌ای؛
(الف) تقویت برشی تیر؛ (ب) تقویت خمشی تیر؛ (پ) تقویت ستون؛ (ت) تقویت دیوار برشی؛ (ث) تقویت دال؛ (ج) تقویت اتصال تیر به ستون [۴]

برخی از مزایای ژاکت کامپوزیتی عبارتند از:

- مقاومت در برابر خوردگی؛
- وزن بسیار کم؛
- اجرای آسان و سریع؛
- مقاومت کششی بالا؛
- افزایش شکل‌پذیری به دلیل ظرفیت تغییر شکل بالا.

از مهم‌ترین نقاط ضعف FRP عبارتند از:

- مشکل جدا شدگی زودرس قبل از پارگی و رسیدن به ظرفیت نهایی؛
- محدودی استفاده از کامپوزیت‌های FRP روی سطوح تر [۳].

شکل ۳، استفاده از کامپوزیت FRP را در تقویت انواع المان‌های سازه‌ای نشان می‌دهد. در تحقیقاتی که پیرامون تقویت خمشی و برشی دیوارهای برشی هم‌بسته و تیرهای هم‌بند با کامپوزیت FRP انجام شده است، موضوعی که جلب توجه می‌کند، مود شکست برخی از نمونه‌های تیر هم‌بند تقویت شده به صورت جدا شدگی نوارهای FRP از سطح تیر بوده است که موجب شده ظرفیت کامپوزیت FRP به طور کامل مورد استفاده قرار نگیرد. از این رو، پیوستگی FRP با لایه بتن زیرین مسئله‌ی مهمی تلقی می‌شود که در برخی از تحقیقات، راه کارهایی برای جلوگیری و یا تعویق آن ارائه شده است. جدا شدگی FRP از سطح بتن زیرین ناشی از تنش‌های برشی و کششی زیاد بین نوار FRP و بتن است که در نواحی انتهایی نوار FRP و یا در محل ترک میانی اتفاق می‌افتد. بنابراین، اطلاع از چگونگی توزیع این تنش‌های بین سطحی به منظور پیش‌بینی مکانیزم شکست دیوار و متعاقباً فراهم کردن تدابیری جهت حذف و یا به تأخیر انداختن آن، مفید خواهد بود.

۲- انواع تیرهای هم‌بند

۲-۱ تیر هم‌بند بتنی

تیرهای هم‌بند بتن آرمه شامل آرماتورهای زیر است:

طولی،
عرضی،
قطری،
خاموت‌های مارپیچ.

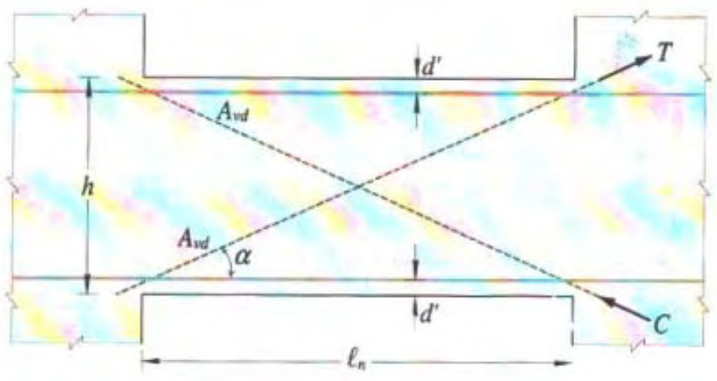
فولادهای قطری تیرهای هم‌بند بتنی به صورت عضو خرپایی عمل و نیروی کششی T و نیروی فشاری C را منتقل می‌کند. به طوری که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، این عملکرد منجر به انتقال نیروی برشی V و لنگر خمشی M به صورت زیر می‌شود:

$$T = C = \varphi A_{vd} f_y \quad (1)$$

$$V_u = 2\,T \sin\alpha = 2\,\varphi A_{vd} f_y \sin\alpha \quad (2)$$

$$M_u = \varphi A_{vd} f_y \cos\alpha\,(h - 2d') \quad (3)$$

در روابط فوق، C و T به ترتیب نیروهای فشاری و کششی، A_{vd} مساحت یک گروه از آرماتورهای قطری، f_y تنش تسلیم آرماتورهای قطری، ϕ ضریب کاهش مقاومت، α زاویه مرکز آرماتورهای قطری تا سطح افق، h و d' به ترتیب ارتفاع مقطع تیر هم‌بند و فاصله مرکز آرماتور طولی تیر هم‌بند تا نزدیک‌ترین سطح بتن است [۵].



شکل ۴. عملکرد خرپایی فولادهای قطری تیرهای هم‌بند بتنی [۵]

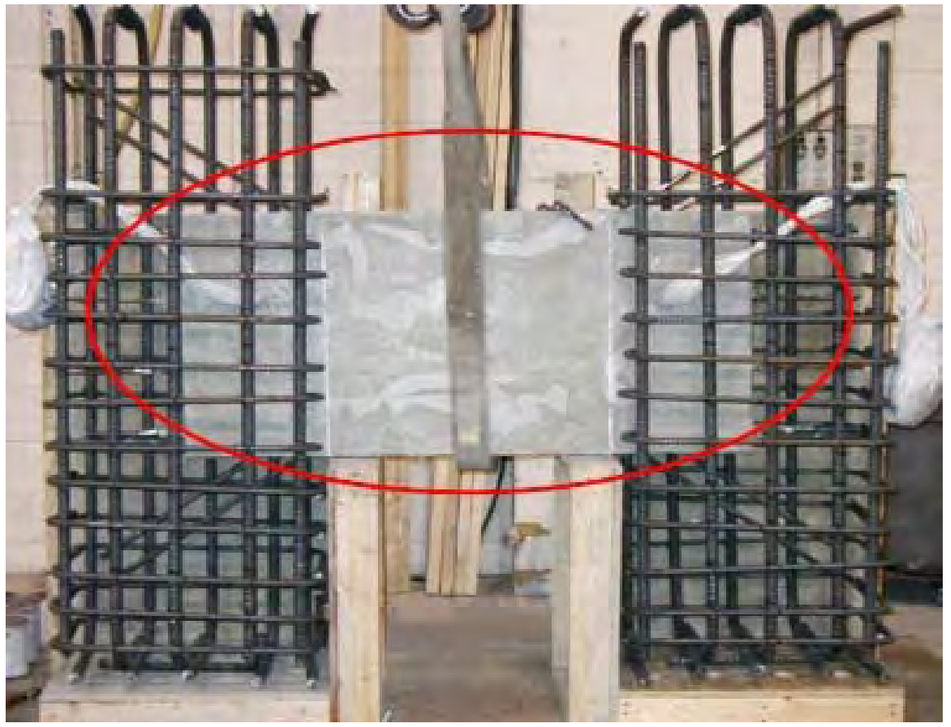
۲-۲ تیر هم‌بند فولادی

دیوارهای برشی هم‌بسته با تیر هم‌بند بتنی و فولادگذاری قطری، قدرت جذب انرژی دیوارهای برشی هم‌بسته را مخصوصا وقتی در تیر هم‌بند برش حاکم است، بسیار افزایش می‌دهند. روش فوق دارای اشکالاتی نیز است، که از جمله این اشکالات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: [۵]

الف: اجرای سازه‌های فوق مشکل است؛
ب: سطح شکل‌پذیری ایجاد شده، فاصله‌ی زیادی با تیر رابط برشی در بادبندهای خارج از مرکز دارد؛
ج: زمانی که مود شکست تیر هم‌بند برشی است، المان‌های سخت کننده قطری بسیار موثر عمل می‌کنند. اما در تیرهای هم‌بند با مود شکست خمشی چندان تاثیر ندارند.

برای رفع نقص‌های فوق و برای بالا بردن سطح شکل‌پذیری، ایده ایجاد تیر هم‌بند فلزی در دیوارهای برشی هم‌بسته توسط افرادی هم‌چون هریس در دانشگاه

شکل ۵. تیر هم‌بند فولادی [۶]



▲شکل ۶ تیر هم‌بند پیش ساخته از بتن‌های الیافی بر پایه مصالح سیمانی (HPFRCC) [۸]

مک گیل کانادا در سال ۱۹۹۲ ایجاد شد. هم‌چنین در صورتی که در تیرهای بتنی، نسبت ابعادی نامناسب باشد و ظرفیت سختی از نظر اقتصادی برای تیرهای بتنی قابل قبول نباشد، از تیرهای فولادی مطابق شکل ۵ استفاده می‌شود [۶].

دیوارهای برشی هم‌بسته با تیر هم‌بند فولادی از روش‌های جدیدی است که باعث افزایش قابلیت شکل‌پذیری و جذب انرژی در سازه‌های بتن‌آرمه می‌شود. به طوری که اگر تیر هم‌بند فولادی با ضوابط صحیح طراحی شود، قادر خواهد بود همانند تیر پیوند بادبندهای خارج از مرکز جذب انرژی داشته باشد؛ که در مقایسه با سیستم‌های هم‌بند گذشته، از کارایی بسیار بالاتری برخوردار است. مزیت دیگر سیستم تیر هم‌بند جدید، سادگی و کیفیت بالای اجرایی است و بدین ترتیب مشکلات اجرایی تیرهای هم‌بند بتنی با فولادگذاری قطری در آن وجود ندارد [۷].

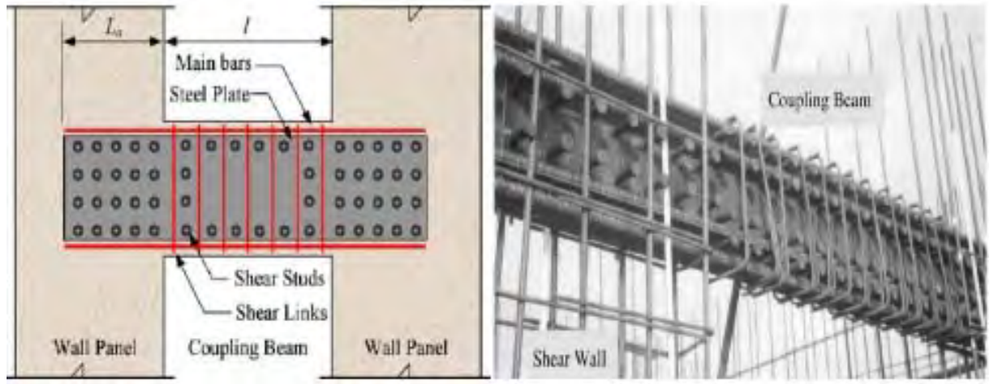
۲-۳ تیر هم‌بند پیش ساخته با HPFRCC

کاربرد الیاف به طور فراگیر از اوایل سال ۱۹۶۰ در کشورهای صنعتی پیشرفته آغاز شد و در طی این ۴ دهه جنس و شکل الیاف و نحوه ساخت بتن الیافی بهبود و کاربرد آن نیز فزونی یافته است. رفتار بتن‌های الیافی توانمند (HPFRCC) در کشش، برش، کرنش، جذب انرژی، مقاومت و کنترل ترک، بهبود چشم‌گیری نسبت به بتن معمولی دارد. کاهش میزان یا حذف آرماتورهای برشی یکی دیگر از نکات مثبت استفاده از این مواد است. هم‌چنین پاسخ المان در رفتار آسیب تحت بارگذاری چرخه‌ای به گونه‌ای است که قادر به تحمل تغییرشکل‌های بزرگ با حفظ یک‌پارچگی و مقاومت المان بدون آسیب دیدگی است [۸].

تیرهای هم‌بند ساخته شده از بتن‌های الیافی بر پایه مصالح سیمانی (HPFRCC) در شکل ۶، از نسل‌های پیشرفته بتن‌های الیافی به‌شمار می‌آیند و جای‌گزین مناسبی برای تیرهای هم‌بند بتنی معمولی هستند. با استفاده از این مصالح علاوه بر افزایش شکل‌پذیری سازه و کاهش مقادیر آرماتورهای عرضی و قطری، می‌توان به ظرفیت برشی بالاتری دست یافت.

مزایای استفاده از بتن‌های HPFRCC عبارتند از:

- کاهش آرماتورهای قطری و عرضی؛
- افزایش شکل‌پذیری و میزان آسیب‌پذیری در برابر تغییرشکل‌های بزرگ؛
- بهبود مواد و مصالح به جای تقویت آرماتورها؛



▲شکل ۷. تیر هم‌بند PRC [۹]

- سهولت در اجرای آرماتورگذاری در مکان‌هایی که تراکم آرماتور وجود دارد [۸].

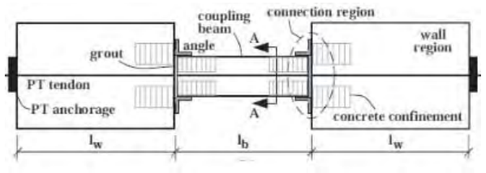
۲-۴ تیر هم‌بند کامپوزیت (بتن-فولاد) یا PRC

تیرهای هم‌بند کامپوزیتی (بتن-فولاد) شامل تیر ورق فولادی محصور شده در بتن و شامل آرماتورهای طولی در بالا و پایین مقطع است که توسط آرماتورهای عرضی در بر گرفته شده‌اند. طراحی این تیرها همانند تیر فولادی است؛ با این تفاوت که اثرات بتن محصور شده برای طراحی برش و طول گیرایی در نظر گرفته می‌شود.

تیر هم‌بند PRC همانند آن‌چه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، از جای‌گذاری یک صفحه‌ی فولادی داخل تیر هم‌بند بتنی ساخته می‌شود که باعث افزایش مقاومت و شکل‌پذیری تیر هم‌بند می‌شود. در این نوع تیر هم‌بند، گل میخ‌هایی بر روی دو طرف صفحات فلزی متصل هستند تا انتقال بار بین بتن و صفحه فلزی به خوبی انجام شود [۹].

۲-۵ تیر هم‌بند پیش‌تنیده

همانند آن‌چه که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، در این نوع تیر هم‌بند با کشیدن کابل‌هایی در داخل بتن، نیروی پیش‌تنیدگی در تیر ایجاد می‌شود؛ که این خود به بهبود رفتار تیر و دیوار کمک می‌کند[۱۰]



▲ شکل ۸. تیر هم‌بند پیش تنیده [۱۰]

مراجع

1. Julio, E., Branco, F., and Silva, V., "Structural Rehabilitation of Columns With Reinforced Concrete Jacketing", Progress in Structural Engineering and Materials, Vol. 5, No. 1, pp. 2003 ,37-29.

2. Amulya, V., and Kumar, A.D., "Behaviour of RCC Column Strengthened Using Steel Jacketing", International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, Vol. 5, No.6, pp. 2017 ,1396-1390.

3. Hanisch, V., Kolkmann, A., Roye, A., and Gries, T., "Yarn and Textile Structures for Concrete Reinforcements", FERRO8, Bangkok, Febuary 6th, 2006.

4. Bank, L.C., Composites for Construction: Structural Design With FRP Materials, John Wiley & Sons, 2006.

5. ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI -318 19), Farmington Hills, MI, USA, 2019.

6. Harries, K.A., Mitchell, D., Cook, W.D., and Redwood, R.G., "Seismic Response of Steel Beams Coupling Concrete Walls", Journal of Structural Engineering, Vol. 119, No. 12, pp. 1993 ,3629-3611.

۷. عبدالحسین، خ.ع.، محاسبه طول گیرداری تیر رابط فلزی و تقویت ناحیه گیرداری در دیوارهای برشی کوپله، ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اردیبهشت ۸۲.

8. Parra-Montesinos, G.J., "High-Performance Fiber-Reinforced Cement Composites: An Alternative for Seismic Design of Structures", ACI Structural Journal, Vol. 102, No. 5, pp. 2005 ,675-668.

9. Harries, K.A., Gong, B., and Shahrooz, B.M., "Behavior and Design of Reinforced Concrete, Steel, and Steel-Concrete Coupling Beams", Earthquake Spectra, Vol. 16, No. 4, pp. 2000 ,799-775.

10. Kurama, Y.C., and Shen, Q., "Posttensioned Hybrid Coupled Walls Under Lateral Loads", Journal of Structural Engineering, Vol. 130, No. 2, pp. 2004 ,309-297.

کنترل شیمیایی جلبک

گردآورنده: ثمین ناصری

شکوفایی جلبکی مضر، پدیده‌ای طبیعی و ناشی از برخی گونه‌های پلانکتونی به‌ویژه دینوفلاژلاها است که مشکلات زیادی را برای اکوسیستم‌های آبی ایجاد می‌کند. با وجود طبیعی بودن این پدیده، علاوه بر استرس‌های طبیعی، آلودگی‌های انسان‌ساز و ورود پساب‌ها و فاضلاب‌های شهری و صنعتی به اکوسیستم‌های آبی نیز سبب پایداری و تشدید این پدیده در دهه‌های اخیر شده است [۱]. شکوفایی ناشی از این گونه فیتوپلانکتون‌ها مشکلات زیادی را برای اکوسیستم‌های آبی و آبزی‌پروری ایجاد می‌کند. برخی از این جلبک‌ها تولید سم می‌کنند که علاوه بر تولید سموم، از طریق کاهش میزان اکسیژن محیط به‌ویژه هنگام تجزیه میکروبی هوازی، باعث افت شدید میزان اکسیژن محیط و مرگ‌ومیر آبزیان خواهد شد [۲]. راهکارهای زیادی برای کنترل و کاهش اثرات شکوفایی این گروه از پلانکتون‌ها پیشنهاد شده است. انواع روش‌های مبارزه با شکوفایی مضر پلانکتونی شامل: کنترل فیزیکی، کنترل بیولوژیک و مورد دیگر روش شیمیایی با استفاده از مواد کنترل شیمیایی به منظور کاهش اثرات HABs[۱] است [۱]. در این گزارش به معرفی روش کنترل شیمیایی جلبک پرداخته خواهد شد.

۱. Harmful Algae Bloom (stress)

مشکلات ناشی از رشد فزاینده جلبک (Algal Bloom)

رشد زیاد جلبک‌ها ممکن است سبب بروز مشکلاتی در بهره‌برداری سیستم آب شود که مهمترین مشکلات ایجاد شده عبارتند از [۳]:

- **یوتریفیکاسیون یا گندیدگی منابع آب در اثر رشد بیش از حد جلبک‌ها:** در اثر ورود مواد مغذی نظیر فسفر و نیتروژن به‌وجود می‌آید. مشخص شده است که آبی که حاوی بیش از ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر ازت و ۱% میلی‌گرم در لیتر فسفر باشد، مستعد پدیده یوتریفیکاسیون است.
- **ایجاد طعم، بو و رنگ:** علت ایجاد طعم، بو و رنگ توسط جلبک‌ها، وجود ترکیبات آلی پیچیده است که به عنوان محصول فرعی زندگی جلبک محسوب شود. طعم‌های ناشی از جلبک‌ها شامل مزه شیرین، تلخ و ترش است و بوها غالباً تحت عناوین کپک‌زده، بوی ماهی، چمن و یا گندیدگی توصیف می‌شوند.
- **سمیت:** تاکنون چند گونه از جلبک‌های آب تمیز شناخته شده‌اند که تا اندازه‌ای سمی بودند و باعث تحریک پوستی، پیشرفت حساسیت به تب یونجه و بروز بیماری‌های معده‌ای و روده‌ای می‌شوند.
- **تولید مواد لزج و ژلاتینی:** این ماده به‌وسیله قشر لزج ژلاتینی ترشح یافته از لایه‌هایی ایجاد می‌شود که سلول جلبک را احاطه کرده است. لجن حاصل از جلبک می‌تواند تشکیل یک لایه لزج و لغزنده بدمنظره و بدبو را بدهد و برای افرادی که روی سطح پوشیده از آن راه می‌روند، به دلیل امکان لیز خوردن خطرناک است.
- **خوردگی:** جلبک‌ها ممکن است به طور مستقیم هنگامی که روی سطوح مختلف رشد می‌کنند و یا به طور غیرمستقیم به وسیله تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب، در خوردگی تأسیسات فلزی و بتنی دخالت کنند.
- **گرفتگی صافی‌های تصفیه‌خانه آب:** برخی از جلبک‌ها عامل اصلی مسدود شدن فیلترهای تصفیه‌خانه آب هستند. صافی‌های تند و کند هر دو ممکن است توسط جلبک‌ها و سایر موجودات زنده میکروسکوپی آبزی مسدود شوند.
- **تداخل با سایر فرآیندهای تصفیه آب:** رشد و مرگ‌ومیر جلبک‌ها ممکن است باعث ایجاد تغییراتی در PH، قلیائی، سختی و میزان اکسیژن محلول و غلظت مواد آلی آب شود که این تغییرات می‌تواند باعث ایجاد مزاحمت در فرآیندهای طبیعی تصفیه‌ی آب شوند.
- **تشکیل تری‌هالومتان‌ها** (THM): کلرزنی به آبی که حاوی غلظت زیادی از جلبک‌هاست، ممکن است مقدار زیادی THM تولید کند.

شکل ۱- نمونه‌هایی از شکوفایی جلبک و رنگ ناشی از شکوفایی آن‌ها

کنترل شیمیایی جلبک‌ها

- کنترل شیمیایی شامل استفاده از ترکیبات شیمیایی یا معدنی برای کشتن، مهار و یا حذف سلول‌های (شکوفایی جلبکی مضر) است. استفاده از این روش برای کاهش شکوفایی دینوفلاژلاها، به دلیل اینکه اثرات زیادی را روی سایر آبزیان دارد، مورد توجه زیادی قرار نگرفت و این روش بیش‌تر برای تمیز کردن آب‌های آشامیدنی و سیستم‌های تصفیه آب شیرین در نظر گرفته شده است. این مواد می‌تواند شامل سولفات مس، اکسیدان‌های شیمیایی مانند کلرین، پراکسید هیدروژن، ازون و کلرامین باشد [۴]. در این میان، سولفات مس ۵ آبه $CuSO_4{,}^{5}H_2O$ دارای درجه خلوص و میزان اثرگذاری بالایی است. همچنین سرب و کادمیوم آن بسیار ناچیز است و سلامت انسان و آبزیان تا حدودی حفظ می‌شود.
- به طور کلی روش شیمیایی به دلیل این‌که اثرات نامطلوبی بر تمامی موجودات حاضر در پیکره آبی می‌تواند داشته باشد، استفاده از آن در محیط‌زیست و مناطق مورد استفاده آبزی‌پروری رایج نیست و بیش‌تر جهت کنترل و حذف کامل سلول‌های جلبکی و میکروبی در تصفیه‌خانه‌ها و آب‌شیرین‌کن‌ها استفاده می‌شود [۱].

تجهیزات لازم برای استفاده از سولفات مس

- تست کیت اندازه‌گیری کیفیت آب
- دستکش
- عینک محافظ
- سمپاش
- جارو (برای جمع‌آوری جلبک‌ها)

شکل ۲- تجهیزات لازم برای جلبک‌زدایی با استفاده از سولفات مس [۵]

میزان استفاده از سولفات مس بر اساس قلیائیت کل

قلیائیت کل mg/lit	سولفات مس موردنیاز gr/M^3
کمتر از ۲۰	از سولفات مس استفاده نشود
۲۰	۰/۲۲
۵۰	۰/۴۸
۱۰۰	۰/۷۴
۱۵۰	۱/۰۳
۲۰۰	۲/۰۲
بالاتر از ۲۰۰	میزان اثرگذاری به شدت کمتر می‌شود

با توجه به جدول بالا بر اساس قلیائیت کل، میزان مشخصی از سولفات مس را در لیتر آب مورد نظر به خوبی حل می‌کنند، به گونه‌ای که دیگر اثری از دانه‌های کریستالی سولفات مس نباشد و سپس محلول را درون سمپاش می‌ریزند و توسط سمپاش روی آب و به خصوص روی جلبک‌ها می‌پاشند [۵].

مراجع

۱. معزی، م.، عبدالعلیان، ع.، فروغی‌فرد، ح. ا.، روحانی‌قادیکلایی، ک. و زاهدی، م. ر. (۱۳۹۶)، «رویکردهای کلی کنترل پدیده شکوفایی مضر جلبکی»، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، (۱)۱، ۳۳-۴۶.

۲. تکدستان، ا.، جعفرزاده، ن، ا. و فاخری‌رئوف، ف. (۱۳۸۵)، «بررسی مشکلات ناشی از جلبک‌ها در منابع و تصفیه‌خانه آب و روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کنترل آن‌ها»، سومین همایش ملی بحران‌های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن‌ها، اهواز.

3. Beaulieu, S.E., Sengco, M.R. and Anderson, D.M., (2005) 'Using clay to control harmful algal blooms: deposition and resuspension of clay/algal flocs', Harmful algae, 1(4), pp.138-123.

4. Bibak, M. and Hosseini, S. A., (2013) 'Review Ways to Control Harmful Algal Bloom (HAB)', World Journal of Fish and Marine Sciences. IDOSI Publications, 1(5), pp. 44–42.

5.https:[basset.ir/application-of-copper-sulfate-in-pools-amount-and-nah].

معرفی مشاغل در حوزه HSE

مصاحبه با آقای دکتر قربانعلی دزواره

*** لطفاً خودتان را معرفی کنید.**

خدمت شما عرض کنم که، من قربانعلی دزواره هستم. دکترای تخصصی عمران محیط‌زیست از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی در گرایش خاک و پسماند و همچنین مطالعه روی سازه‌های محیط‌زیستی را در سال ۱۳۹۸، کارشناسی ارشد را در رشته مهندسی عمران محیط‌زیست در گرایش تصفیه آب و فاضلاب از دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۲ و دو کارشناسی مهندسی عمران و مهندسی کشاورزی گرایش مهندسی آب را به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ اخذ کردم. در حال حاضر نیز علاوه بر فعالیت صنعتی در حوزه مهندسی محیط‌زیست، در حوزه آموزش نیز در دانشگاه‌های مختلف تدریس می‌کنم. عضو هیأت علمی دانشگاه سمنان و استاد مدعو در دانشگاه علم و صنعت ایران و دانشگاه تربیت مدرس هستم.

در رابطه با موضوع بحث و فرصت‌های کاری لازم می‌دانم ابتدا نکاتی را در مورد شاخه محیط‌زیست بیان کنم. در ایران بحث HSE را داریم، اما در دنیا بحث EHS مطرح است. یعنی از لحاظ اولویت برای ما HSE (Health Safety Environment) مطرح است اما در دنیا EHS (Environment Health Safety) اجرا می‌شود. در واقع، عمده مشکلاتی که در کشورهای پیشرفته و صنایع با آن‌ها مواجه هستیم در وهله اول، معضلات زیست محیطی است. دنیا در تمام حوزه‌ها رشد کرده است، به‌خصوص در حوزه تکنولوژی و اگر شما دقت کنید، دغدغه‌های فعلی آن‌ها بیشتر در حوزه محیط‌زیست مطرح می‌شود و پروژه‌های کلان زیست‌محیطی و همایش‌ها و نشست‌هایی که برگزار می‌کنند، عمدتاً رویکرد و دیدگاه زیست‌محیطی دارند و با این محوریت می‌بینیم که این دغدغه مهمی است که در تمام دنیا به آن پرداخته می‌شود. در زمان گذشته در کشور ما ایران، این فرهنگ حمایت از محیط‌زیست وجود داشته است، اما متأسفانه به مرور زمان مقداری کمرنگ شده است. ما حتی در صحبت‌های عادی از کلمات اشتباهی تحت عنوان دورریز استفاده می‌کنیم، اما ما اصلاً مفهومی در محیط‌زیست تحت عنوان دورریز نداریم. همه محیط‌زیست به‌صورت Global است و وقتی که شما یک پسماند یا پسابی را از منزل دور می‌کنید، در واقع این را از خود دور نکردید، بلکه این را به نوعی به زنجیره غذایی و نسل‌های آینده برمی‌گردانید که منجر به بروز معضلات و مشکلاتی می‌شود. به‌عنوان مثال، وقتی کشور آمریکا، ژاپن را بمباران اتمی کرد، در شیر گاوهای کالیفرنیا مواد رادیواکتیو پیدا شد یا وقتی در دنیا، در یک جایی گاز گلخانه‌ای تولید می‌شود، سبب گرمایش جهانی و بحث Climate Change می‌شود. این‌گونه نیست که حالا ما در حال انجام یک اقدام آلایندگی در کشور، صنعت و کارخانه خودمان هستیم و اگر این را به نوعی از محل کار یا شهر یا کشور خود دور کنیم، اثرات این اقدام دیگر به ما برنمی‌گردد. پس کلمه دورریز اشتباه است و این‌ها باید ریشه‌ای اصلاح شود.

در رابطه با اینکه این‌ها فرهنگ‌سازی شود، یک بحث اخلاقی، فردی و مسئولیت اجتماعی وجود دارد که باید در آن دخیل باشد. من فکر می‌کنم که در این حوزه، آموزش بسیار مهم است و شاید خیلی از افراد مفاهیمی مانند فلز سنگین را نمی‌دانند و از عواقب و اثرات آن بی‌اطلاع هستند. خیلی از افراد مشخصات فاضلاب‌ها را نمی‌دانند و اطلاعی ندارند که تا چه حد روی سلامت انسان موثر است. در حال حاضر در خیلی از شهرها مردم برای اجرای طرح‌های فاضلاب شهری مقاومت می‌کنند و می‌گویند که چاه‌های ما خشک می‌شوند، در صورتی‌که عمده مشکلات سلامتی که ناشی از بالا بودن نیترات در آب‌های زیرزمینی و آب‌های چاه‌ها است، از همین چاه‌های جذبی فاضلاب است و این منجر به بروز سرطان و بیماری‌های گوارشی در شهرهای ما شده است. بنابراین، باید از اجرای پروژه‌هایی نظیر جمع‌آوری فاضلاب استقبال شود. در حوزه پسماند و حوزه انتشار گازهای آلاینده نیز به همین شکل باید مورد استقبال واقع شوند. عده‌ای می‌پرسند که چرا باید برای اگزوز ماشین کاتالیست استفاده کنیم و یا چرا باید از سیستم تصفیه هوا استفاده کنیم، برای چه باید فاضلاب را تصفیه کنیم و این‌ها مسائلی است که در صورت آموزش، خود فرد فارغ از هر الزامی، زمانی‌که نگران سلامت خود و نسل‌های آینده باشد، یک اجبار درونی برای انجام این‌گونه کارها در خود ایجاد می‌کند و قاعدتاً برای آن هزینه نیز صرف می‌کند و این کار را با علاقه انجام می‌دهد.

*** صنایع و محیط‌زیست در کجا با یکدیگر تلاقی پیدا می‌کنند و وضعیت شغلی و بازار کار این رشته چگونه است؟**

ما در تقسیم‌بندی اصلی دو حوزه داریم، یکی محیط‌زیست طبیعی است که شامل گونه‌های جانوری است و دیگری محیط‌زیست انسانی است که بُعد کاری و شغلی مدنظر شما در این دسته واقع می‌شود و می‌تواند برای کسانی به کار آید که علاقه‌مند هستند تا در این حوزه کسب درآمد کنند و جایگاه شغلی داشته باشند. از نظر من در انتخاب شغل سه رکن بسیار مهم است، اولین رکن علاقه داشتن و لذت بردن از کاری است که شما قرار است انجام دهید و رکن دوم، بحث یکنواخت نبودن، تنوع و امکان بروز خلاقیت و در نهایت یادگیری مستمر و ارتقاء است که باید در یک شغل وجود داشته باشد. بحث تحصیلات آکادمیک و موضوعات دانشگاهی در جای خود، ولی دو شرکت مشابه، از نظر فاضلاب و پسماند لزوماً با یکدیگر برابر نیستند و بنابراین فرصت‌ها و موردهای جدید برای یادگیری مستمر وجود دارد. فکر می‌کنم این موارد در بحث انتخاب شغل می‌تواند جذابیت ایجاد کند و لذت روحی که به علت حذف یک آلودگی از محیط‌زیست ایجاد می‌شود.

در بحث درآمد نیز، درآمد خوبی در این شاخه وجود دارد و می‌توان گفت که اشباع نشده است و اگر بخواهیم از نظر تعداد افراد صاحب نظر بگوییم، این حوزه اشباع نشده است و برای ما اثبات شده است که در کشور ما که یک کشور در حال توسعه است، به مرور ما راهی را خواهیم رفت که کشورهای توسعه یافته رفته‌اند و در حال حاضر نیز پیشرفت‌های خوبی در این زمینه رخ داده است. فکر می‌کنم که اگر آموزش بیشتر و قوی‌تر شود، فرصت‌های کاری بسیار خوبی خواهد داشت. از لحاظ شغل می‌توانم بگویم که هر سه رکن را دارد، یعنی هم لذت روحی، هم یادگیری مستمر و هم تنوع و خلاقیت و به نوعی مهندسی به معنای واقعی کلمه است و بحث درآمد هم که به تلاش و خاک خوردن در این حوزه برمی‌گردد و باید صبر و تحمل داشت و تجربه کسب کرد.

*** بحث خدمات مرتبط با پسماند، موضوع پایش و آزمایشگاه محیط‌زیست، کارشناس محیط‌زیست صنعتی یا مشاور، کارشناس بررسی و آموزش و کارشناس رسمی دادگستری گرایش محیط‌زیست، به چه شکل است؟**

من در مقطع کارشناسی ارشد در حوزه آب و فاضلاب حضور داشتم و در مقطع دکترا در حوزه پسماند متمرکز شدم. کارم را از سال ۱۳۸۹ شروع کردم و آن زمان، دانشجوی فوق لیسانس بودم و وقتی وارد یک شرکتی به نام اتمسفر شدم و بحث محیط‌زیستی را مطرح کردیم، این‌ها مشکل محیط‌زیستی داشتند و ما در آن‌جا سعی کردیم که با یک برنامه‌ریزی در حوزه پسماند و تصفیه‌خانه فاضلاب مشکل را حل کنیم.

یکی از جایگاه‌های شغلی که افراد می‌توانند داشته باشند، مشاور صنایع است که در بدنه HSE می‌تواند قرار بگیرد و یا در حوزه مدیریت و یا مشاور محیط‌زیست، مدیر عامل می‌توانند باشند. اگر این الزام نباشد و شرکت‌ها و صنایع به سمت محیط‌زیست استقبال نداشته باشند، ما می‌توانیم در بخش محیط‌زیست، خودمان کارآفرینی و موقعیت کاری را در صنایع ایجاد کنیم.

صنعت یک بنیاد اقتصادی است و روشن بودن چراغ آن اهمیت دارد. ولی ما با دو رویکرد می‌توانیم پیش برویم. یک رویکرد بحث آن است که جریمه‌ها و قوانینی که بین ۰/۵ تا ۲ درصد از فروش و نه حتی سود، بابت عوارض آلایندگی پرداخت شود و اگر بخواهد این نباشد، باج‌های کلان مطرح می‌شود و به هر صورت این هزینه از جیب شرکت خارج می‌شود. رویکرد دیگر، انجام اقدامات زیست‌محیطی و قانع کردن رئیس بنگاه اقتصادی، با بعد معنوی و رویکردهای تشویقی مانند معافیت‌های مالیاتی، صنایع سبز و... است. مزایایی که می‌تواند داشته باشد، Reuse یا بازچرخانی آب، تولید ثروت از پسماند یا پساب است که این‌ها گزینه‌هایی است که می‌تواند مدیر یک بنگاه اقتصادی را به سمت و سویی ببرد که جایگاه یک کارشناس یا مشاور محیط‌زیست را در صنایع خود لازم ببیند و این اهمیت مغفول مانده را شاید بسیاری از همکارهای من بتوانند ایجاد کنند.

به چه نحو؟

در بسیاری از صنایع و تقریباً در هر استانی، بالای ۱۰۰۰

صنعت آلاینده را داریم که بسیاری از این صنایع نمی‌دانند که در برخورد با کارشناسان محیط‌زیست باید چه کاری کنند و اگر وارد لیست آلاینده شدند، باید چه اقداماتی کنند و یا با کارشناسان محیط‌زیست چگونه باید ارتباط برقرار کنند.

عزیزانی که در این حوزه می‌خواهند مهارت‌هایی را به‌دست بیاورند که من نام خواهم برد، می‌توانند با مراجعه به شرکت‌ها و از طریق اشخاص حقوقی و یا به‌صورت فردی به صنایع، این توانمندی‌ها را ابراز و اعلام کنند. ما یک دسته‌بندی داریم که صنایع را به سه دسته تقسیم می‌کند، یا از نظر زیست‌محیطی خیلی اوضاع نامناسبی دارند و هیچ زیرساختی برای پسماند و فاضلاب ایجاد نکردند و اگر این حالت باشد، در صورتی که به این شرکت‌ها از طریق لینک‌ها و یا اداره محیط‌زیست مراجعه کنند، می‌توانند با ارائه پروپوزال بگویند که می‌توانند وضعیت موجود را ارتقاء دهند. مدیریت شرکت‌هایی که دارای هیچ زیر ساختی نیستند، راحت می‌توانند قانع شوند که به این سمت پیش بروند. این قانع کردن از طریق فن بیان و اعلام صنایع مشابه موفق که این اقدامات را انجام دادند رخ می‌دهد، یعنی با این ادبیات جلو برویم. دسته دوم شرکت‌هایی هستند که زیرساخت‌هایی دارند ولی در بحث بهره‌برداری از آن‌ها دچار مشکل هستند و می‌توانند در بحث مشکلات بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌ها و معضلات موجود و برقراری تعامل بهتر با محیط‌زیست وارد شوند. در دسته سوم، شرکت‌ها مشکلی با محیط‌زیست ندارند و زیرساخت خوبی دارند، باید از این ظرفیت‌ها برای جذب مشوق‌های زیست‌محیطی استفاده کرد. مانند صنایع سبز، محصول سبز، در حوزه‌های تبلیغاتی و به‌خصوص در حوزه صادرات می‌توان این‌ها را برجسته کرد.

اگر یک فردی بتواند این خدمات را در صنایعی انجام دهد، خود به خود باعث ایجاد لینک و معرفی می‌شود، چون صنایع بسیاری درگیر مشکلات زیست‌محیطی هستند و این صنایع هر سه ماه یک‌بار، اخطاریه زیست‌محیطی دریافت می‌کنند و اگر لیست صنایع متخلف بیشتر باشد، برای سازمان محیط‌زیست بهتر می‌شود. به همین دلیل بررسی دقیقی انجام می‌دهند و صنایع آلاینده را شناسایی و ارائه می‌دهند. این الزام در همه صنایع با قدرت وجود دارد.

در بحث آلودگی هوا و مشکلات موجود که در حوزه پسماند وجود دارند، متأسفانه اگر بخواهیم آمارهای تکان‌دهنده ارائه دهیم، در کشور ما جدا از سرطان و بیماری‌های ناشی از فلزات سنگین و فاضلاب‌ها و آلودگی هوا که وجود دارد، ۹۰ درصد خاک‌های کشاورزی ما جزء دسته پسماندهای خطرناک محسوب می‌شوند، چون در این پسماندها آنقدر کود شیمیایی و ... وجود دارد، که این‌ها را به پسماند خطرناک تبدیل می‌کند و دیگر کارکرد خاک را ندارند.

در حوضه کلان‌تر، من یک شعاری دارم تحت عنوان، "کاهش، پایش و پالایش"، یعنی در وهله اول عزیزانی که خواستار تصدی شغل در این حوزه هستند، بایستی توانمندی‌هایی نظیر مهندسی فرآیند، شناخت صنایع و منبع آلودگی و مهارت کاهش این آلودگی را پیدا کنند.

در مناطق مختلف اقدامات زیادی انجام شده است و می‌توانند این را الگوبرداری، بومی‌سازی و پیاده‌سازی کنند. این خلاقیت و دامنه این خلاقیت با توجه به گستردگی علم محیط‌زیست، در زمینه هوا، خاک، پاک‌سازی خاک، فاضلاب، صنایع سبز، اقتصاد محیط‌زیست، مدیریت محیط‌زیست، ممیزی‌های زیست محیطی، ISO ، ۱۴۰۰۰ ISO ، الزامات موجود، شناسایی جنبه‌ها، شناسایی پیامدهای زیست‌محیطی، اقدامات کنترلی در حوزه‌های زیست‌محیطی، ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی است. یعنی اول باید فرآیندها شناخته شود و از نظر زیست‌محیطی باید ارزیابی ریسک آن صورت گیرد، SWOT در محیط‌زیست، استراتژی‌هایی که می‌تواند سازمان داشته باشد و خلاصه بگویم، اگر عزیزی بخواهد وارد بخش محیط زیست شود، کار پیدا کند و کسب درآمد کند، فضای کار زیاد و بکر است و جای کار زیادی در بحث پسماند، آب، فاضلاب و... وجود دارد.

اما اگر بخواهم کلیشه‌ای‌تر، از نظر مشاغل بپردازم، یکی از شغل‌های قابل ایجاد، دفاتر محیط‌زیست شهرداری‌ها یا سازمان حفاظت محیط‌زیست است. ما در هر شهری یک اداره حفاظت محیط‌زیست داریم و این در استان‌ها و شهرهای مختلف وجود دارد و کارشناس نیاز دارند. دفاتر خدماتی شهرک‌های صنعتی، جایگاه‌هایی است که عزیزان می‌توانند بروند و این پیشنهادها را بدهند. واحدهای محیط‌زیست در همه صنایع، به علت مشکلات محیط‌زیستی وجود دارد. همان‌طور که هر شرکتی نیازمند حسابدار است، به کارشناس آشنا با فرآیندهای زیست‌محیطی و در سطح بالاتر، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، نیاز دارد و امکان ندارد صنعتی بخواهد ایجاد شود، یا توسعه پیدا کند و گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی یا گزارش EIA به عنوان اولین رکن آن وجود نداشته باشد. به طبع آن، ما گزارش EMP (Environmental Management Program)را داریم که یعنی برنامه پایش زیست‌محیطی و کنترل و در امتداد آن بحث EMS یا Environmental Management System که در واقع پیاده‌سازی یک سیستم در صنعت است.

صنایعی که به بلوغ رسیده‌اند، می‌توانند از عزیزانی که دارای کارشناسی ارشد و یا سطوح بالاتر در این حوزه‌ها هستند، استفاده کنند. عزیزان دیگر می‌توانند در حوزه کارشناسی، در بحث پایش، کارشناس‌های دفاتر صنعتی یا واحدهای محیط‌زیست صنایع مشغول شوند.

*** اگر ممکن است چگونگی راه‌یابی به این مشاغل را نیز بفرمایید.**

ما یک سری آزمون‌های استخدامی کشوری داریم که به‌صورت دوره‌ای برگزار می‌شوند و فرصت‌های زیست محیطی نیز بین آن‌ها کم نیست. در هر آزمون استخدامی برای حوزه‌های مرتبط با محیط‌زیست در کل کشور، بیش از ۵۰۰ جایگاه شغلی تعریف می‌کنند. به هر حال این بدنه محیط‌زیست هم در حال توسعه است و باید جوان‌سازی رخ بدهد و فرصت خوبی است. اما بخش محیط‌زیست، بخشی است که می‌توان در دو حوزه دیگر آن نیز مشغول به کار شد. یکی از بخش‌ها شرکت‌های خصوصی است. توانمندی‌هایی که من در ادامه توصیه می‌کنم در شرکت‌های مهندسی مشاور و در شرکت‌های خصوصی به کار می‌آیند. اگر کسی توانمندی داشته باشد که گزارش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تدوین کند و یا بخواهد روی بحث ISO جنبه‌ها را شناسایی کند و یا مشاورهای زیست‌محیطی در حوزه محیط‌زیست در پروژه‌هایی که شرکت‌های خصوصی دارند، می‌تواند مشغول شود.

یکی از مهم‌ترین ارکان محیط‌زیست قبل از ورود به سایر بخش‌ها، پایش است. بحث پایش و جمع‌آوری آمار و اطلاعات و تکمیل پرسشنامه‌ها یکی از مسائلی است که شاید خیلی نیازمند تخصص خاصی نباشد، اما بسیاری از شرکت‌های فعال در بخش خصوصی نیاز دارند که افرادی باشند که به عنوان کارشناس بروند و پایش و گردآوری داده را انجام دهند و پرسشنامه‌ها را تکمیل کنند تا طراح و افراد سطوح بالاتر بتوانند از این‌ها برای طراحی استفاده کنند.

لذا این حوزه نازل‌ترین و پایین‌ترین سطح برای شروع است. وقتی افراد در این سطح شروع می‌کنند و وارد بحث پایش می‌شوند، کم‌کم تجربه بدست می‌آورند و می‌توانند در تعامل و جلسات با طراحان تصفیه‌خانه فعال در سطوح بالاتر، یادگیری و تجربه‌های زیادی کسب نمایند و می‌توانند به تدریج روند کاری بهتری را در پیش بگیرند.

بیان کردید که بیشتر فعالیت‌های زیست‌محیطی به بحث پایش باز می‌گردد. آیا در این شرکت‌ها پایش رخ می‌دهد؟

بله، برخی از شرکت‌ها، آزمایشگاه‌های معتمد محیط‌زیست، برخی دیگر از شرکت‌ها، شرکت‌های مشاور محیط‌زیست و برخی دیگر پیمانکار در بحث محیط زیست هستند. این‌هایی که می‌گویم موقعیت‌هایی است که در واقع در شرایط معمول یا شرایط شرکت‌های خصوصی است، اما در بحث شرکت‌های دولتی، شرح کار مشخص است، حتی عنوان مشاغلی که در زمینه محیط‌زیست مانند برنامه‌ریزی محیط‌زیست یا کارشناس پایش محیط‌زیست وجود دارد، شرح خدمات مشخصی دارند، اما در شرکت‌های خصوصی که پروژه‌های زیست‌محیطی انجام می‌دهند، مراکز تحقیقاتی و پژوهشکده‌های زیادی که وجود دارند و می‌توانند فرصت بزرگی برای عزیزان جویای کار باشد. در بحث محیط‌زیست می‌توان خود اشتغالی و کارآفرینی نیز داشته باشیم، مانند پروژه‌های استحصال انرژی از پسماند یا طراحی یا ساخت پکیج‌های تصفیه فاضلاب.

زمینه‌هایی که بازار کار بهتری در این حوزه دارند و به حوضه HSE نیز نزدیک‌تر هستند را بیشتر توضیح دهید.

من ابتدا در مورد مهارت‌ها و دوره‌های آمادگی توضیح می‌دهم که می‌توانند شرکت کنند، بعد به سوال شما پاسخ خواهم داد. یک مهندس محیط‌زیست در وهله اول باید فرآیندهایی مطرح در بحث محیط‌زیست در حوزه‌های مختلف هوا، آب و خاک و فاضلاب، پسماند و بحث فضای سبز و قوانین زیست‌محیطی مربوط به آن را بداند و اصطلاحات آن را متوجه شود و بشناسد.

در بحث پسماند، باید تعاریفی که در این حوزه وجود دارد را بشناسد که ممکن است با دوره عمومی حاصل شود. اما دوره‌هایی که من پیشنهاد می‌کنم دانشجویان

حضور پیدا کنند، دوره‌های آشنایی با نرم‌افزارهایGIS ، آشنایی و توانمندی استفاده از TPS، آشنایی با حوزه مهندسی شیمی، به خصوص تجزیه و دستگاه‌های مورد نیاز است. کسی که بخواهد وارد آزمایشگاه محیط‌زیست شود، باید با دستگاه‌های مورد استفاده برای آزمایش‌های پسماند و... آشنایی داشته باشد. یکی از بحث‌های خیلی مهم، آشنایی با قوانین و الزامات حوزه محیط‌زیست است. اگر شما بتوانید به این قوانین مسلط شوید، خیلی از این قوانین و استانداردها ملی نیستند، این خیلی می‌تواند کمک‌کننده باشد برای عزیزان تا بتوانند در مراجعاتی که دارند این توانمندی را به کار بگیرند و خوشبختانه نیز این الزام وجود دارد و می‌تواند به عنوان اهرم تحت فشار مورد استفاده قرار بگیرد تا افراد را به وسیله آن قانع کنند. دوره‌های جهاد دانشگاهی دانشگاه‌های تهران و عمده دانشگاه‌ها، دوره‌های مختلف روی بحث مدیریت اجرایی پسماند، روی بحث کنترل آلودگی هوا و روی بحث تصفیه پساب را دارند. توصیه من به عزیزانی که تازه می‌خواهند شروع کنند و مهارتی ندارند، این است که با الفبای حوزه‌های مختلف زیست‌محیطی آشنا شوند و بسته به علاقه‌شان رشد کنند. بحث بیولوژی خیلی مهم است و چون ما مهندسی عمران را گذرانده بودیم با این بحث‌ها بیگانه بودیم. بسیاری از فرآیندها ریشه در طبیعت دارد، یعنی همان فرآیندهای موجود در طبیعت را صنعتی می‌کنیم و در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و یا تولید کمپوست از پسماند استفاده می‌کنیم. لذا آشنایی با حوزه بیولوژی و میکروبیولوژی جزء توانایی‌هایی است که می‌توانند بچه‌ها داشته باشند تا بتوانند در بحث محیط‌زیست تصدی شغل انجام دهند.

اگر بخواهیم برای عزیزانی که در حوضه HSE قرار دارند، ورودی را مشخص کنیم، فکر می‌کنم چون این‌ها عمدتاً دولتی هستند، برمی‌گردد به آزمون‌های استخدامی و فرآیند دولتی، و ممکن است برای خیلی‌ها ورود آسان نباشد. اما من فکر می‌کنم که بهترین جا برای کسانی که HSE خوانده‌اند، واحدهای محیط‌زیست در صنایع است که به تبع مدرک تحصیلی ناخودآگاه می‌توانند وارد این فضا شوند. اما بچه‌هایی که تحصیلات آکادمیک دارند بیشتر تمرکزشان در بحث بهداشت حرفه‌ای و عوامل زیان‌آور محیط کار و حوزه‌های ایمنی است و کمتر در بحث‌های محیط‌زیست و اثرات صنایع در محیط‌زیست وارد می‌شوند و من فکر می‌کنم با این توانمندی و مهارت می‌توانند راه خود را باز کنند و در این حوزه، خیلی از صنایع بکرترند. حتی شرکت‌های بزرگ فعال در این حوزه یک پای محیط‌زیست‌شان می‌لنگد و تحت لابی با کارشناس محیط‌زیست وارد می‌شوند و از حوزه کار زیست‌محیطی دور می‌شود و عزیزان می‌توانند در این واحدها وارد شوند و کار خود را به عنوان مشاور در مراکز تحقیقاتی یا پژوهشگاه‌ها شروع کنند. گام بعدی این است که این عزیزان می‌توانند یک شناسنامه کمی و کیفی از وضعیت زیست‌محیطی آن صنعت ارائه دهند. می‌توانند پرسشنامه‌هایی تهیه کنند در بحث پایش و اندازه‌گیری. تنوع زیادی نیز وجود دارد و می‌توانند در صنایع بسیار مختلفی ورود کنند و این جایگاه شغلی را به‌دست آورند. بعد از آن مراکز خدماتی و پژوهشگاه‌ها نیز هستند که به این امر بسیار نیاز دارند. در حال حاضر طرح‌های تحقیقاتی و پژوهشی بسیاری در کشور وجود دارد و در دانشگاه به شدت به ما ارجاع داده می‌شوند. به خیلی از این مراکز خدماتی، صنایع مراجعه می‌کنند و می‌گویند که ما این مشکلات را داریم، شما به ما راه حل ارائه دهید. مراکز خدماتی نیز می‌آیند یا با دانشگاه‌ها قرارداد می‌بندند یا خودشان کارگروه‌هایی تشکیل می‌دهند و فرصت مناسبی است برای جذب عزیزانی که می‌خواهند در این حوزه کار کنند.

بحث پایش آنلاین را داریم و در این بحث صنایع ملزم هستند که در مورد فاضلاب و هوا، سیستم پایش آنلاین را نصب کنند. قوانینی که مرتبط با حوزه پایش آنلاین است یکی از آن‌ها مانند خوداظهاری، یک مرحله از پایش است توسط محیط‌زیست اتفاق می‌افتد و مرحله دیگر نیز پایش آنلاینی است که به مقدار خروجی‌هایی که صنعت در بحث تصفیه‌خانه یا خروجی دودکش‌ها دارد، باز می‌گردد که این خود یک دنیای کاری است.

سیستم‌های زیست‌محیطی در صنایع مانند دودکش یا تصفیه‌خانه‌ها، همیشه شرایط ثابتی ندارند، مانند از کار افتادن تصفیه‌خانه با یک شوک دمایی یا با یک شوک سمیت. کارشناس محیط‌زیست باید همواره سیستم پایش آنلاین را رصد کند و در صورت بروز مشکل و خارج شدن از محدوده طبیعی خودش، راه حل احیا و کنترل این شرایط را بدهد که این می‌تواند توسط همین عزیزان یا کارشناسانی که این زحمت را می‌کشند و به نوعی خدمات آن را ارائه می‌کنند، انجام شود و از این فرصت نیز می‌توان استفاده کرد.

مورد دیگری که در صنعت برای ما مهم است، بحث ISO ۱۴۰۰۰ است که ما در صنعت به نوعی متولی اجرای آن هستیم. اجرای کارهایی که الزامات ISO ۱۴۰۰۱ است، به عهده کارشناس HSE صنعت یا کارشناس محیط‌زیست صنعت است. بحث ISO یک مقوله بسیار گسترده‌ای است که احتمالاً فرصت نمی‌کنیم که با جزئیات به آن بپردازیم، اما به هر حال در بحث ممیزی زیست‌محیطی تک تک فرآیندهای کارخانه، باید ارزیابی شود و ریسک آلایندگی آن سنجیده شود و اگر خارج از حد مجاز باشد، اقدامات کنترلی انجام شود. همان‌طور که بالاتر اشاره کردم، شعار ما در بحث محیط زیست، "کاهش، پایش و پالایش" است، یعنی پایش و تصفیه رکن آخر است و دیگر در دنیا بیان نمی‌شود که بیاییم تصفیه‌خانه ایجاد کنیم، بلکه می‌گویند چگونه برویم به سمت Zero base یا چگونه برویم به سمت سیستم‌های ZLD، که حداکثر بازچرخانی و Recovery را دارند. بنابراین، ما ابتدا باید فرآیندها را در ISO بشناسیم، سپس جنبه‌های زیست‌محیطی و اقدامات پیشگیرانه از وقوع آلودگی‌ها را شناسایی کنیم و در مرحله بعد اقدامات کنترلی و اثربخشی را به خصوص در جایگاه‌های تصفیه در آب و فاضلاب یا پسماند یا بحث آلودگی هوا رصد شود.

بحث SWOT نیز بحثی است که می‌تواند فضای سبز، معضلات، مشکلات، تهدیدها و فرصت‌هایی را در بر گیرد که بستگی به شناخت فرد از آن صنعت و دیدگاه زیست‌محیطی وی با توجه به آموخته‌ها و قوانین و مهارت‌های خود دارد. با تلفیق این‌ها به استراتژی‌هایی می‌رسد که این استراتژی‌ها نه تنها برای سازمان رفع تهدید می‌کند، بلکه می‌تواند برای سازمان، مشوق‌ها و امتیازاتی را مانند صنعت سبز، برند سبز، خروج از لیست آلاینده، مشوق‌های زیست محیطی، بخشودگی‌های مالیاتی در پی داشته باشد و بتواند این موضوع را در برند و تبلیغاتش منعکس کند.

در داخل مواردی که گفتیم، هزاران فرصت شغلی وجود دارد، یعنی به طور مثال وقتی در بحث ISO، معضل، پیامدها و جنبه‌ها را شناسایی می‌کنیم، حالا کاهش آن‌ها و سیستم تصفیه، می‌طلبد که تعداد زیادی از افراد بیایند و در حوزه طراحی، پیمانکاری و یا خرید تجهیزات درگیر شوند و این خود یک فرصت شغلی است. در خیلی از حوزه‌ها با توجه به اینکه در کشور جای کار زیاد داریم، می‌توانند تولید کننده باشند، مانند تولید Diffuser. نگاه این‌ها، نگاه کارمندی نیست و می‌خواهند تولید کننده باشند، یک سرمایه‌ای دارند و می‌خواهند در یک حوزه‌ای آن را خرج کنند و حوزه زیست‌محیطی می‌تواند یکی از مهم‌ترین بخش‌هایی باشد که اتفاقاً رقیب کمی در آن است.

*** استارتاپ و کارآفرینی چقدر در این حوزه جای کار دارد؟**

در زمینه استارتاپ‌ها نیز امروزه تیم‌های خلاق زیادی به این بخش ورود کرده‌اند و به خصوص در حوزه مدیریت پسماند و تفکیک از مبدأ، مدیریت بهینه مصرف آب، توسعه و طراحی فضای سبز و غیره اپلیکیشن‌های متعدد، کمپین‌های مختلف و زمینه‌های کاری گروهی با ایده‌های خلاقانه و درآمدزا مشغول به فعالیت هستند.

من کتابی دارم، تحت عنوان طراحی آزمایشات در مهندسی محیط‌زیست. محیط‌زیست یکی از حوزه‌هایی است که شبیه آشپزی است و در آشپزی چند رکن وجود دارد که یکی از آن‌ها خلاقیت است. به عنوان مثال گرچه یک غذا، یک دستورالعمل مشخصی دارد، ولی ممکن است وقتی این را یکی پخت می‌کند، لذیذتر باشد که به علت خلاقیت و مهندسی در طبخ آن است. مهندسی محیط‌زیست نیز شبیه این است و هر چقدر خلاقیت بالاتری داشته باشید، می‌توانید هزینه‌های اجرای پروژه زیست‌محیطی را کاهش دهید و کیفیت راندمان تصفیه را بالا ببرید و به تبع آن یک راهکار پیشنهاد دهید. چون علم محیط‌زیست، یک علم قدیمی نیست و شاید عقبه آن به ۱۰۰ یا ۱۵۰ سال نرسد. اما خیلی از روش‌هایی که در فاضلاب داریم، حاصل همین طرح‌های پایلوتی بود که در صنایع اجرا شده است. توصیه من این است که عزیزان حتما در صنایع درگیر شوند و به فکر حقوق بالا یا کار پشت میزی نباشند و واقعا محیط‌زیست کار پشت میزی نمی‌طلبد. باید وارد فاضلاب شوید، باید بوی بد استنشاق کنید، باید به مراکز دفع پسماند بروید و صحنه‌های مشمئزکننده مشاهده کنید. ولی در ازای آن با این آمادگی و کسب تجربه به سمت و سویی بروید که کم کم در این حوزه کسب تجزبه کنید. اگر علاقه و خلاقیت نیز باشد، مطمئنا آینده کاری خوبی را در این حوزه، عزیزان خواهند داشت.

آموزش از هر کانالی را من توصیه می‌کنم، ممکن است آموزشی دیده شود، اما این هنر شماست که چه مقدار در آن حوزه می‌توان پیش رفت و آن را تکمیل کرد، لذا هر کارگاهی که در زمینه‌های محیط‌زیست باشد را من توصیه می‌کنم. خوشبختانه برای آن دسته از عزیزانی که قصد ادامه تحصیل را دارند بگویم که هیچ رشته‌ای مانند محیط‌زیست پتانسیل تولید مقاله پژوهشی را ندارد، چون شما با هر نوع فاضلاب و هر نوع آلودگی و به‌کارگیری روش‌های تلفیقی و متنوع می‌توانید، یک کار پژوهشی داشته باشید و آن را گزارش کنید و این گزارش می‌تواند به صورت یک مقاله علمی منتشر شود و عزیزان می‌توانند رزومه پژوهشی خود را به همین ترتیب ارتقاء دهند.

خبر خوب اینکه من اخیرا مشاهده کردم که درس مهندسی محیط‌زیست و شناخت محیط‌زیست به دروس دانش‌آموزان در مدارس نیز اضافه شده است و این نوید را می‌دهد که می‌تواند این نگاه از سنین پایین‌تر در بچه‌ها شکل گیرد. اکنون بچه‌ها یاد گرفتند تفکیک پسماند انجام دهند و در خانه‌ها این مسأله برای آنها اهمیت دارد و پدر و مادرها آموزش را می‌دهند، در برنامه‌های تلویزیونی نیز من کم و بیش مشاهده می‌کنم که بحث‌های محیط‌زیستی را به کودکان در سنین پایین آموزش می‌دهند و این بیانگر آن است که در آینده هم بایستی به موازات پیشرفت

Environment, Health & Safety

صنعتی، آلودگی‌های محیط‌زیستی را کنترل و کاهش داد. ضمن اینکه ما وارث آلودگی‌هایی نیز هستیم که از قبل ایجاد شده است و باید اصلاح شود. در خیلی جاها ما دپوهای پسماند را داریم که رها شده‌اند و به عنوان یک بمب عمل می‌کند و یا پساب‌های مختلف یا مشکل بازچرخانی آب که فرصت‌های خوبی است که می‌شود روی آن‌ها تمرکز کرد.

*** مشاغل حوزه پسماند چه مشاغلی است و چگونه می‌توان وارد این مشاغل شد؟**

ما در شهرداری یک سازمان پسماند (سازمان مدیریت پسماند شهری) داریم که جداگانه فعالیت می‌کند و این سازمان مشاغل متنوعی را مانند کارشناسان پایش در بحث پسماند، کارشناسان طراحی، دارد. در حوزه پسماند به طور خاص، حوزه شهرداری‌ها بیشتر درگیر این کار هستند، خود سازمان حفاظت محیط‌زیست و اداره محیط‌زیست و کارشناسانی که در حوزه پسماند فعالیت می کنند. در حال حاضر، در حوزه پسماند متأسفانه شرکت‌های دارای صلاحیت که بتوانند مدیریت پسماند را انجام دهند، خیلی کم است و شاید در هر استانی یک یا دو شرکت باشد که در حوزه امحای پسماند فعالیت می‌کند و خیلی از استان‌ها نیز مانند اصفهان ندارند.

*** مقوله برنامه‌ریزی و آموزش محیط‌زیست، بیشتر ارکان دولتی است؟**

ارکان دولتی است. ما در سطح کشور یک سری تصمیم‌گیری‌ها و طرح‌های کلان داریم، طرح‌هایی که در چشم‌انداز توسعه قرار دارند، مانند طرح‌هایی که در حوزه توسعه پایدار قرار دارند و در سطح استان‌ها حفاظت از تالاب‌ها، حفاظت از منابع طبیعی، حفاظت از حیات وحش و حفاظت از آبزیان است و بحث محیط‌زیست دریایی و بحث محیط‌زیست کویر را داریم که به آن می‌پردازند. الگوهای توسعه پایدار، نمودارها و اولویت‌هایی که در این حوزه‌ها مطرح می‌شوند، این‌ها بخش‌هایی در تصمیم‌گیری‌های کلان کشوری قرار دارند و یک کارشناس برنامه‌ریزی و پایش محیط‌زیست موظف است در این حوزه در چارچوب شرح خدمات دولتی طرح شده فعالیت کند.

کارشناس رسمی دادگستری گرایش مهندسی محیط زیست به چه شکل است؟

ما در همه رشته‌ها یک چیزی داریم تحت عنوان کارشناس رسمی قوه قضاییه. شما می‌توانید در حوزه مهندسی عمران یا HSE در یک چالش ایجاد شده که دارای شاکی خصوصی یا عام است، بیایید و یک شکایتی را تنظیم کنید و قاضی پرونده به علت تخصصی بودن بحث، صلاحیت ندارد و نیازمند نظر کارشناسی در آن زمینه است. کسانی که در آزمون‌های کارشناس رسمی قوه قضاییه شرکت می‌کنند، توانمندی این را پیدا می‌کنند که آیا شکایت وارد است یا خیر. بچه‌های رشته محیط‌زیست، مهندسی HSE می‌توانند در این آزمون شرکت کنند و بابت هر کارشناسی نیز رقم مورد توجهی بگیرند و پرونده‌های قضایی محیط‌زیست را به نوعی کارشناسی آن را انجام دهند.

*** آیا به آن‌ها کار زیاد ارجاع داده می‌شود؟**

بله، خیلی زیاد. چون چالش‌های زیست‌محیطی زیاد است و به نوعی همه شرکت‌ها درگیر این پرونده‌ها هستند.

چرخه عمر محصول که در الزامات ISO ۱۴۰۰۰ پر رنگ‌تر شده است، چیست؟

چرخه عمر یک سیکل و دایره‌ای است که به اصطلاح "زگهواره تا گور" می‌گویند و اگر قرار باشد در کارخانه‌ای یک کالایی تولید شود، این کالا برای تولیدش نیاز به یک سری مواد اولیه دارد که استخراج این مواد اولیه و تولید آن یک سری اثرات زیست‌محیطی دارد و شناسایی این اثرات بعد از انتقال و حمل آن مواد اولیه به کارخانه و همچنین پردازش و پروسه‌ای که در کارخانه روی آن صورت می‌گیرد، پساب و پسماندهایی که وجود دارد، آلودگی هوا و ... و در نهایت در بخش مصرف، روی محیط‌زیست تاثیر می گذارد.

وقتی کالایی مصرف می‌شود و بعد از مصرف تبدیل به پسماند می‌شود، دوباره به طبیعت باز می‌گردد. یعنی چرخه‌ای که یک ماده از طبیعت استحصال می‌شود تا کل پروسه‌ای که روی آن ماده رخ می‌دهد و تبدیل به یک محصول می‌شود و آن محصول دوباره به دل طبیعت باز می‌گردد، مطالعه این چرخه و این فرآیند و تعیین اثرات زیست‌محیطی در تک تک بخش‌های هوا، خاک، آب، فاضلاب و این‌ها می‌تواند، ارزیابی چرخه عمر یک محصول باشد یا Life Cycle Assessment یا به عبارتی LCA. که بسته به مقیاس واحد تولیدی در نظر گرفته می‌شود. به طور مثال در یک شرکتی به ازای تولید ۱۰۰ عدد صابون، ما چه مقدار گرمایش کره زمین را می‌توانیم ایجاد کنیم یا معادل چه مقدار گاز CO_2 است؟ یا چقدر باعث اسیدی شدن آب‌ها می‌شود؟ این اعداد که به‌دست می‌آید و با استانداردها مقایسه می‌شود، می‌توانیم بفهمیم که ارزیابی‌های تولیدمان چقدر محیط‌زیستی است و یا چقدر فاصله دارد و چقدر می‌تواند آلودگی تولید کند و در راستای بهبود مستمر آن در حوزه تغییر مواد اولیه، تغییر فرآیند تولید و یا حتی تغییر محصول، شما می‌توانید این اثرات زیست‌محیطی را کاهش دهید.

*** برای ارزیابی چرخه عمر محصول نرم‌افزاری نیز هست؟**

نرم افزارهای متعددی وجود دارد. اخیراً یک کارگاه آموزشی را در دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تربیت مدرس برگزار

کردم که به طور تخصصی در مورد این موضوع بود. نرم‌افزار Simapro در واقع جدیدترین و کامل‌ترین نرم‌افزاری است که در این حوزه استفاده می‌شود، نرم‌افزار GaBi، Open LCA نرم‌افزارهای متعددی هستند که معمولاً در این حوزه استفاده می‌شود. Simapro جزء یکی از کامل‌ترین نرم‌افزارهایی است که دارای دیتابیس مناسبی است و اگر بخواهید به روش توصیفی چرخه عمر انجام دهید، باید بروید و دانه دانه مواد را ببینید که از کجا گرفته می‌شود و چه ترکیب‌هایی دارد، اما در بانک اطلاعاتی این نرم‌افزارها تعریف شده است و خیلی راحت می‌توان ارزیابی چرخه عمر را مستند و مستدل و قابل پذیرش جهانی و محاکم تخصصی ارائه کرد.

*** EIA طرحی که باید نوشته شود تا یک صنعتی ایجاد شود، چیست؟**

اگر یک صنعتی بخواهد احداث شود، برای گرفتن مجوز یا پروانه بهره‌برداری، اولین کاری که باید کند، مراجعه به صنعت و معدن برای گرفتن پروانه بهره‌برداری است. صنعت و معدن اولین استعلامی که انجام می‌دهد از سازمان محیط‌زیست است. اگر محیط‌زیست تأیید کند، ادامه فرآیند صدور مجوز رخ می‌دهد، برای تأیید محیط‌زیست، صنعت باید گزارش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تحویل دهد و این لزوماً برای صنعت نیست. شما حتی اگر بخواهید یک مجتمع خدماتی بین راهی ایجاد کنید، نیازمند هستید که طرح EIA را انجام دهید. در طرح EIA و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، یک بخش باز می‌گردد به شناسایی وضعیت موجود آن منطقه و شرایط اقلیمی، آب‌زیرزمینی، شرایط خاک، موقعیت شهرهای اطراف، فاصله از مناطق مسکونی و روستاهای اطراف و منابع طبیعی موجود در آن‌جا که باید در این گزارش شناسایی و بررسی شود. در صورت احداث این کارخانه، چه اثراتی در اثر تولید فاضلاب و ... می‌تواند نسبت به شرایط پیش از احداث صنعت در آن‌جا داشته باشد.

طرح EIA، یک طرح گزارش‌نویسی ساده نیست، بلکه باید این گزارش در سازمان محیط‌زیست و دفتر ارزیابی و استقرار صنایع دفاع شود و سپس سازمان در ادامه طرح EIA، طرح EMP را نیز می‌خواهد. در EMP گفته می‌شود که شما به هر حال در آن‌جا آلودگی تولید خواهید کرد، بنابراین چه روشی برای کنترل یا کاهش و تصفیه آلودگی پیشنهاد می‌کنید. در نهایت دو گزارش EIA و EMP تهیه و دفاع می‌شود. اگر محیط‌زیست قانع شد و نظرات خود را اعلام کرد، پاسخ استعلام صنعت و معدن را خواهد داد که این مرکز خدماتی یا تولیدی از نظر ما به شرط رعایت این موارد در این مختصات جغرافیایی و پهنه‌بندی، از نظر محیط‌زیست بلامانع است و با کسب این مجوز بقیه موارد بسیار راحت است. چون الان در کشور بحث حمایت از تولید ملی وجود دارد، عملاً با حل مشکل زیست‌محیطی، بقیه موارد بسیار سریع پیش خواهد رفت و می‌توانید آن صنعت را احداث کنید. این موارد برای یک صنعت کوچک مانند یک گلخانه تعریف می‌شود تا پروژه‌های پالایشگاهی و ایجاد کارخانه فولاد و ... .

*** اگر بخواهیم جمع‌بندی از صحبت‌ها داشته باشیم.**

حرف زیاد است و در خیلی از این حوزه‌ها ما کلی صحبت کردیم ولی یک مصاحبه فرصت این را نمی‌دهد که ما بیشتر بحث کنیم، به علت تعدد موضوع مانند وارونگی هوا و افزایش غلظت آلاینده‌ها در کلان‌شهرها و شهرهای صنعتی و غیره. اگر بخواهم جمع‌بندی کنم، باید اول اهمیت محیط‌زیست را متذکر شوم و دوم بگویم که آموزش چقدر در این حوزه مهم است و سوم بگویم که تجربه پیدا کردن، با توجه به مهارت‌های گفته شده و تجارب میدانی چقدر می‌تواند به دانشجویان کمک کند که بتوانند در این حوزه توانمند شوند و بتوانند از سطح پایش، جمع‌آوری و آمار و اطلاعات شروع کنند و به جایی برسند که خودشان شرکت محیط‌زیستی احداث کنند، مشاوره محیط‌زیستی بدهند، پروژه‌های زیست‌محیطی بگیرند و اجرا کنند و در چند صنعت برای حل مشکلات محیط‌زیستی مشاوره بدهند.

ریزگرد، مهمان ناخوانده

گردآورنده: امیرحسین اولیاء

یکی از بزرگ‌ترین مشکلات زیست محیطی جهان در زمان حاضر، طوفان‌های ریزگرد است که منطقه‌ی خاورمیانه و به‌ویژه کشور ما در معرض خسارت‌های عظیم و آسیب‌های جدی انسانی آن قرار گرفته است و در مناطق وسیعی از غرب و جنوب غرب کشور به یک مشکل جدی دائمی تبدیل شده است. علاوه بر جنوب و غرب، در مواردی تمام کشور توسط طوفان‌های ریزگرد درنوردیده و در موارد زیادی به تعطیلی در شهرهای مختلف منجر شده است. همچنین انسان‌های زیادی را در معرض بیماری‌های مختلف قرار می‌دهد و یا بیماری‌های آنان را مزمن و طولانی می‌کند. این مشکل زیست محیطی به دلیل عدم مدیریت صحیح اراضی، بهره‌کشی بیش از اندازه و صنعتی از اراضی، برداشت و انشعاب بیش از حد از رودها، خشک شدن تالاب‌ها و خورها و دلایل انسانی و محیطی دیگر در طی سال‌های اخیر قوت گرفته است. همچنین، به سبب تحمیل هزینه‌های سنگین بر دولت‌ها در حوزه سلامت و اقتصاد، این دولت‌ها به دنبال راهکارهایی برای جلوگیری از بروز این مشکلات هستند. لازم به ذکر است این رخدادها به دلیل فرامنطقه‌ای بودن، نیازمند همکاری و روابط بین‌المللی بین کشورهای مختلف است.

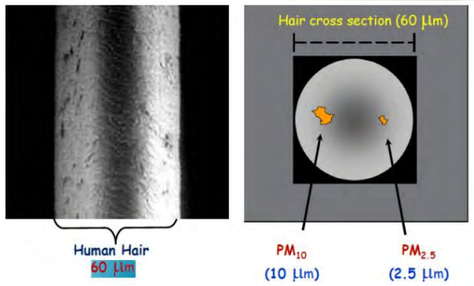
ریزگردها که در بعضی مواقع از آن‌ها به صورت عامیانه با عنوان "غبار عربی" نیز یاد می‌شود؛ اصطلاح فارسی است که برای توصیف گرد و غبارهای انتقال یافته از مسافت‌های طولانی به کشور اطلاق می‌شود. این پدیده هواشناختی- محیطی به توده‌هایی از ذرات جامد ریز غبار و گاه دود پخش شده در اتمسفر گفته می‌شود که باعث افزایش آئروسل‌ها (یا آلاینده‌ها) و کاهش دید افقی می‌شود و همچنین به دلیل داشتن توانایی حمل انواع ویروس و باکتری (میکروارگانیسم‌ها)، می‌تواند سلامت و بهداشت گیاهان، حیوانات و انسان‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. طوفان ریزگرد، فرآیند پیچیده‌ای است که تحت تأثیر فعل و انفعالات سامانه‌های جوی است و اساساً شرایطی مانند سرعت زیاد باد، خاک بدون پوشش یا با پوشش گیاهی کم و هوای خشک باعث ایجاد آن می‌شود و ذرات آن، به دلیل وزن بسیار کم، توانایی آن را دارند تا در صورت مهیا بودن سایر شرایط، کیلومترها در هوا معلّق بمانند و مسافت زیادی را بپیمایند. این ذرات از نظر شیمیایی از فعال‌ترین بخش‌های شیمیایی خاک محسوب می‌شوند که به همین دلیل می‌توانند در مناطق برداشت، انواع کاتیون‌ها یا مواد شیمیایی و آلی را به خود جذب

و پس از گیلومترها در منطقه رسوب برجای بگذارند. این امر حساسیت موضوع را دو چندان می‌کند، چرا که خطراتی که به لحاظ آلودگی در محل برداشت وجود دارد، به منطقه رسوب منتقل می‌شود.

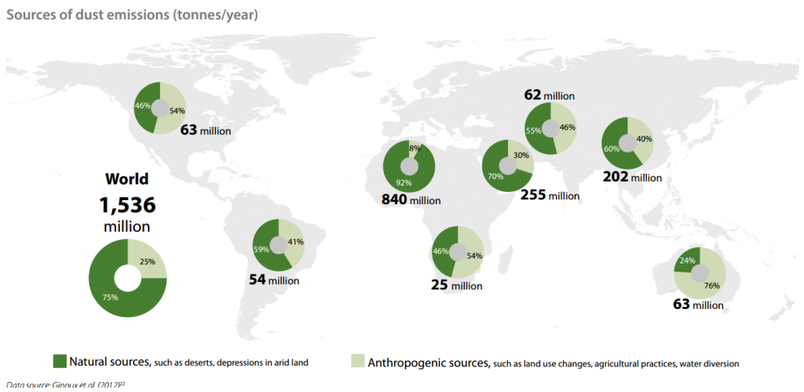
پدیده ریزگرد به دلیل ابعاد ذرات که اکثراً بسیار ریز و در مقیاس میکرو هستند، پدیده‌ای است که قابلیت مقابله با آن در لحظه بحران وجود ندارد. یعنی بیش‌تر اقدامات صورت گرفته برای کاهش خطرات و آسیب‌های احتمالی از این پدیده، به وسیله روش‌های پیشگیرانه صورت می‌گیرد. از طرفی، از آنجایی که این پدیده به ندرت در کشورهای پیشرفته جهان صورت می‌گیرد، مطالعات زیاد و دقیق و همچنین جامعی روی این رخداد صورت نگرفته است. هر چند که در سال‌های اخیر سازمان محیط‌زیست ملل متحد، اقدام به مطالعات در برخی کشورهای همسایه و برخی اقدامات برای پیشگیری از وقوع این پدیده در عراق انجام داده است.

پدیده ریزگرد، می‌تواند تأثیرات مختلفی بر سلامتی و ابعاد مختلف زندگی انسان بگذارد و به طبع یکی از مهم‌ترین دلایل بررسی پدیده ریزگرد است. این تأثیرات غالباً ناشناخته و یا شناخته شده برای مقاطع خاص زمانی- مکانی است و باید متفاوت بودن فیزیک بدنی و مقاومت جسمی افراد را نیز بررسی کرد. همچنین این تأثیرات می‌تواند بسته به نژاد و سیستم ایمنی فرد، متفاوت با فردی دیگر باشد. با این حال برخی مطالعات و تحقیقات انجام شده در این زمینه را می‌توان بررسی کرد.

محیط‌زیست، یکی از بخش‌هایی است که از آسیب‌های ریزگردها در امان نخواهد ماند. گرد و غبار می‌تواند منجر به تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی و محلی، تغییر در چرخه بیولوژیکی، زمین‌شناسی، شیمیایی و یا محیط‌زیست انسان شود. این اثر حتی مرجان‌های اقیانوس‌ها و دریاها را نیز از دستبرد خویش در امان قرار نداده است. غبار اتمسفری مانع از نفوذ نور خورشید می‌شود و می‌تواند



شکل ۱. مقایسه اندازه ریزگرد با موی انسان



شکل ۲. منابع انتشار ریزگرد (تن در سال)

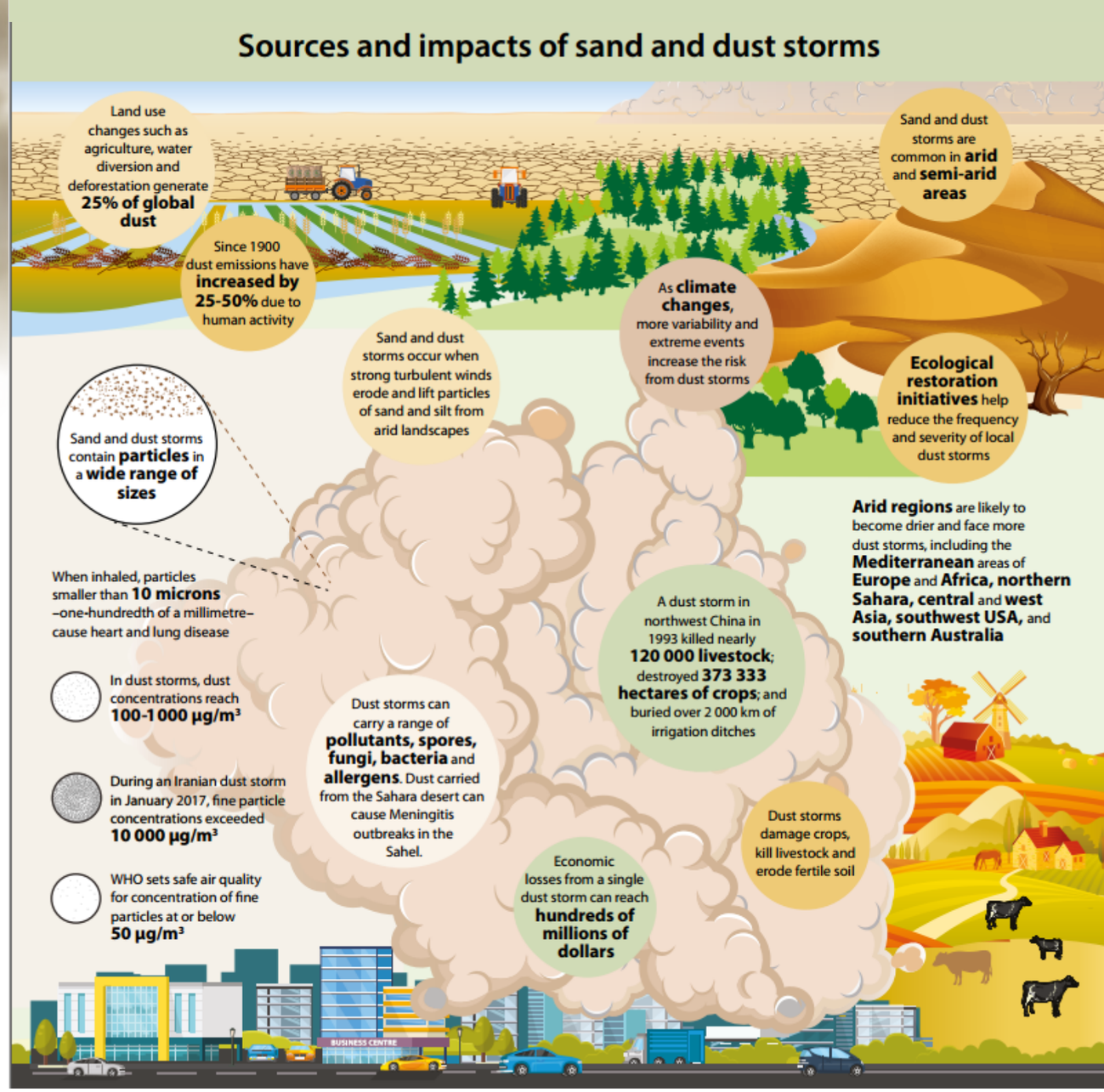
منجر به کاهش تولیدات کشاورزی به میزان ۳۰-۵ درصد شود.

این پدیده بر میزان زادآوری و کوچ پرندگان، شرایط زیستگاهی حیات وحش، کاهش میزان رویش‌های علفی و همچنین کاهش تنوع گیاهی در کنار موارد کلان‌تری نظیر میزان تشکیل و خصوصیات ابر، میزان نزولات جوی و تغییرات درجه حرارت هوا اثرگذار است. گرد و غبار، با کاهش کیفیت آب از طریق ورود فلزات سنگین و سمی به آن در کنار کاهش کیفیت و سلامت هوا، بر روند رشد گیاهان و موجودات خشک‌زی و آب‌زی تأثیر منفی و مخرب داشته است و شرایط رویشگاهی آن‌ها و سایر موجودات محیط را با تنگناهای متعددی روبرو می‌کند.

می‌توان ریزگردها را به دو دسته با منشأ طبیعی و منشأ غیرطبیعی (انسان‌زاد) تقسیم کرد. از طرفی می‌توان این ریزگردهای تولید شده توسط هرکدام از این منابع را، براساس اندازه‌شان به دسته‌های زیر تقسیم کرد:

۱- مواد ته‌نشین یافته : هر اندازه‌ای از ذرات گردوغبار را شامل می‌شوند که به حالت تعلیق در جو قرار دارند.

۲- مجموع ذرات معلّق : به ذرات در اندازه ۵۰ میکرون و کمتر اطلاق می‌شود.



▲ شکل ۳. منشاء و تأثیرات طوفان‌های شن و ریزگرد

۳- ذرات ریز ۱۰ میکرون : به ذرات با اندازه ۱۰ میکرون و کمتر از آن اطلاق می‌شود.
۴- ذرات ریز ۲/۵ میکرون : به ذرات با اندازه ۲/۵ میکرون و کمتر از آن اطلاق می‌شود.

همین اندازه ذره یکی از عوامل مهم در نحوه برداشت و انتقال است و می‌تواند تأثیراتی بر سلامت انسان بگذارد. در سال ۲۰۱۳، در یک مطالعه در ۹ کشور اروپایی و با حضور ۳۱۲۹۴۴ نفر، نشان داده شد که بدن، هیچ سطح

ایمنی برای این ذرات نداشته است. به این صورت که افزایش ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب از ذرات کوچک‌تر و مساوی ۱۰ میکرون (PM10)، سبب افزایش نرخ ابتلا به سرطان ریه به میزان ۲۲٪ شده است. همچنین مطالعه انجام شده بر روی ذرات کوچک‌تر و مساوی ۲/۵ میکرون (PM2,5)، نشان داد که با افزایش ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب، افزایش ۳۶ درصدی در سرطان ریه را به همراه دارد که گواه بر نفوذ عمیق‌تر این ذرات به ریه‌ها است. برای درک بهتر به به شکل ۱ توجه کنید.

مناطق اصلی منشأ ریزگرد در خاورمیانه شامل ۱۳ منطقه در عراق، جنوب غرب ایران، جنوب سوریه و شمال شبه‌جزیره عربستان، جنوب غرب آسیا و ۱۰ منطقه در قسمت‌های مرکزی فلات ایران و شامل ۱۳ منطقه‌ی دریای سرخ در مصر، شمال شرق سودان و شمال غرب شبه‌جزیره عربستان است. در دو دهه اخیر کانون‌های ریزگرد در منطقه خاورمیانه تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی افزایش یافته است. به طوری که طبق تحقیقات و بررسی‌های انجام شده روی آخرین منشأ طوفان‌های مناطق جنوب غربی ایران و کشورهای سوریه و عراق در بین سال‌های ۶۳ تا ۶۷، پراکنش مکانی و منشأ ریزگردها نشان داد که در سال ۶۸ حدود ۱۴ کانون منفرد تعیین شده است، درحالی‌که تعداد این مکان‌ها در سال ۸۷ به بیش از ۵۰ منشأ افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود در آینده، تعداد آن‌ها افزایش یابد که دلایل آن به کاهش نزولات جوی، کاهش رطوبت، افزایش دما و همچنین گسترش بیابان‌ها بر می‌گردد.

جمع بندی

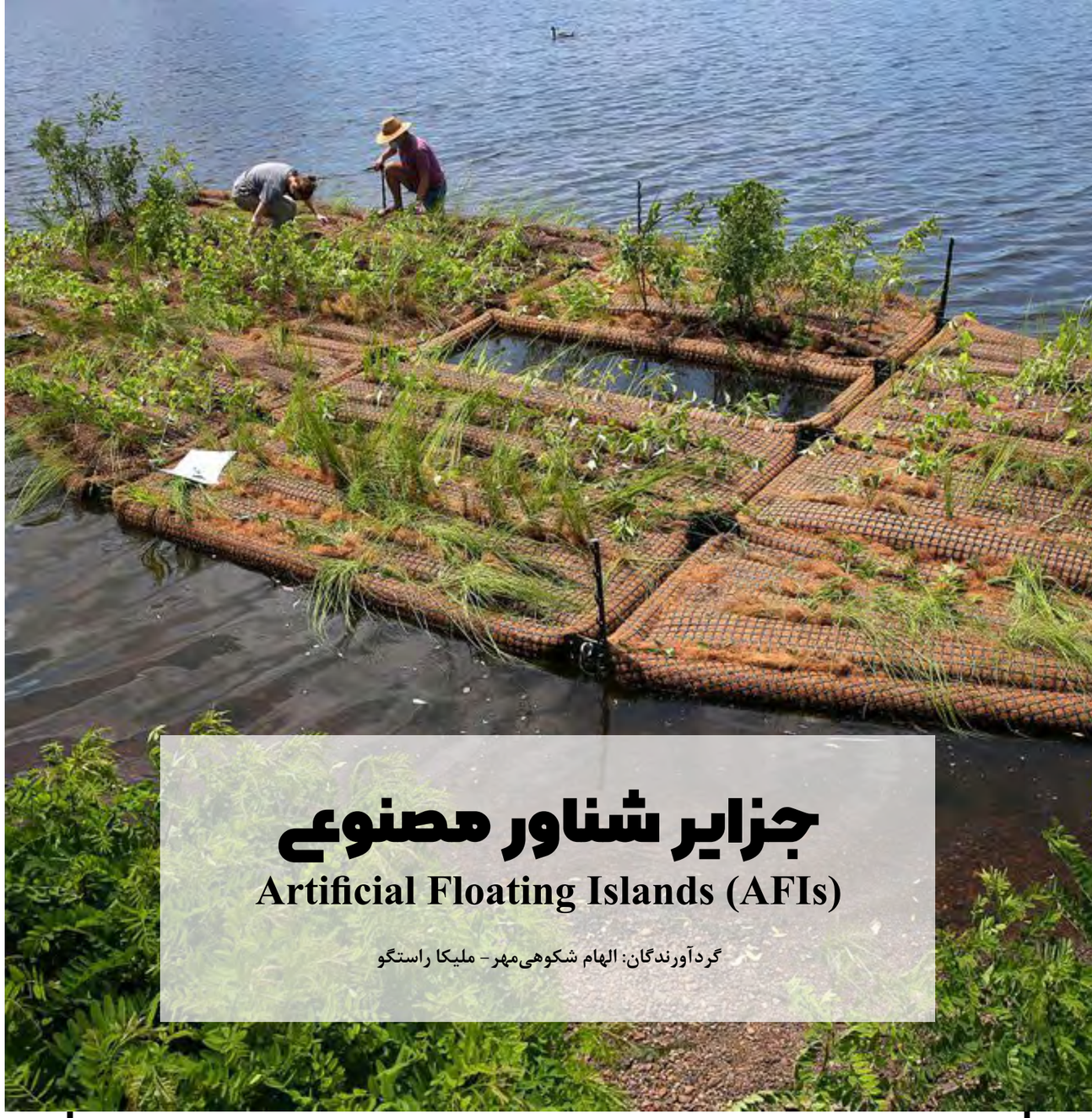
از پدیده ریزگرد می‌توان به عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی حال حاضر جهان و به‌خصوص در میان کشورهای آسیایی نام برد. ایران نیز از گزند این پدیده در امان نیست و هرسال ما شاهد وقایعی از این قبیل در سراسر کشور، به‌خصوص در نواحی جنوب شرقی و غربی ایران هستیم. این پدیده که آثار مختلفی در ابعاد مختلف سلامتی انسان و محیط‌زیست می‌گذارد، سالانه خسارت-های زیادی در بخش اقتصاد و سلامت کشور ما وارد می‌کند. معمولاً وقوع این پدیده، فرا مرزی است و برای حل مشکلات مربوط به آن، می‌بایست با کشورهای دیگر همکاری به عمل آورد.

پدیده ریزگرد سال‌های زیادی است که بر زندگی انسان تأثیر گذاشته است، ولی در چند دهه اخیر، به دلیل مصارف بیش از حد از منابع آبی و خشک شدن آن‌ها، بهره‌وری بی‌رویه و صنعتی از خاک‌های زراعی، عدم مدیریت درست از منابع آبی، در نظر نگرفتن پیامدهای زیست‌محیطی پروژه‌ها و ساخت و سازها و مسائلی از این قبیل، شدت یافته است. این ریزگردها می‌تواند دارای منشاء طبیعی یا انسانی باشد. البته ممکن است انسان با تأثیر بر طبیعت، سبب افزایش نرخ تولید این عارضه از منشاء طبیعی باشد. به طور کلی نمی‌توان گفت که این پدیده، کاملاً مضر است، چرا که ریزگردهای برخواسته از شمال آفریقا، سبب غنی شدن خاک‌های نقاط مختلف کره زمین شده است. این ذرات می‌تواند از سطح زمین بلند یا از دهانه‌ی آتشفشانی فعال خارج شود و یا این‌که از دودکش کارخانه‌های صنعتی و تولیدی، وارد هوا شود. به طور کلی عوامل مختلفی می‌تواند باعث ورود آن‌ها به اتمسفر کره زمین شود.

اندازه‌ی ذرات ریزگرد که ذراتی بسیار ریز و بعضاً در مقیاس میکرو هستند، سبب ایجاد مشخصه‌هایی برای این پدیده می‌شود. از جمله این پدیده‌ها می‌توان به انتقال آن‌ها از طریق اتمسفر اشاره کرد که به راحتی از محلی به محل دیگر به کمک هوا منتقل می‌شود و می‌تواند برخی خصوصیات شیمیایی و میکروبی موجود در محل برداشت را به محل ته‌نشینی انتقال دهد. علاوه بر آن، زمانی که این ابعاد بسیار کوچک و در حدود ۲/۵ میکرو می‌شوند، سیستم ایمنی بدن، نمی‌تواند از ورود آن‌ها از طریق کیسه‌های هوایی جلوگیری کند و آن‌ها پس از استنشاق توسط دستگاه تنفسی، به طور مستقیم وارد دستگاه گردش خون انسان می‌شود که می‌تواند بسیار خطرناک باشد؛ چرا که ترکیبات و ریخت‌شناسی این ذرات متفاوت است و بسیار بستگی به محل برخواست آن دارد و می‌تواند از بخش‌های فعال خاک یا فلزات سمی باشد.

این نکته نیز حائز اهمیت است که تمامی راهکارهای موجود برای کم کردن آثار زیان‌بار پدیده ریزگرد معمولاً مربوط به بخش پیشگیری است. چرا که با توجه به ابعاد ذکر شده در بند قبل، در هنگام بحران، بسیار سخت و تقریباً غیرممکن است که بتوان با این پدیده مقابله کرد. راه‌هایی که برای پیشگیری از وقوع این پدیده صورت می‌گیرد معمولا به دو صورت است؛ نگذاریم باد به آستانه‌ای برسد که بتواند سبب بلند شدن این ذرات شود، خاک را تقویت کنیم تا هنگام وزش باد به سطح آن، سبب فرسایش نشود. از این رو راه حل‌های مختلفی برای انجام این قبیل راهکارهای پیشگیرانه صورت گرفته است که این راهکارها برخی دارای روش‌های طبیعی مانند ایجاد حصار گیاهی، و برخی به صورت روش‌های غیرطبیعی مانند استفاده از مالچ‌های نفتی است.

برگرفته از پایان نامه کارشناسی «بررسی مکانیسم‌های شکل گیری و روش های کنترل ریزگردها» نوشته امیرحسین اولیاء به راهنمایی دکتر حمید مسلمی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.



جزایر شناور مصنوعی
Artificial Floating Islands (AFIs)

گردآورندگان: الهام شکوهی‌مهر- ملیکا راستگو

با ظهور مهندسی محیط‌زیست و زوال کمیت و کیفیت بدنه‌های آبی در سراسر جهان، تقاضا برای علاج‌بخشی و بهبود کیفیت محیط‌های آبی در حال افزایش است. محیط‌های گیاهی نقش مهمی در کیفیت آب دارند و می‌توان از توانایی طبیعی گیاهان و میکروب‌ها در جذب مواد مغذی و تجزیه آلاینده‌ها توسط فرآیندهای بیولوژیکی به عنوان فرآیند پالایش زیستی و علاج‌بخشی بیولوژیکی استفاده کرد [۱ و ۲].

تکنولوژی جزایر شناور مصنوعی که به اختصار **AFIs** نیز نامیده می‌شوند، نوع ابتکاری و خلاقانه از تالاب‌های تصفیه شناور هستند که به عنوان یک سناریوی تصفیه زیستی در شرایط Eutrophic برای بهبود کیفیت آب به عنوان یک زیرساخت مدیریتی مورد توجه قرار گرفته‌اند. جزایر شناور از اجزای مشابه در طبیعت نشأت می‌گیرد و از قوانین رشد طبیعی گیاه تقلید می‌کند و اساس آن بر پایه اصل کشت گیاه بدون خاک است [۱ و ۳].

جزایر شناور مصنوعی بسترهایی با پوشش گیاهی هستند که برای تقویت و افزایش کیفیت آب در بدنه‌های آبی استفاده می‌شوند. در این بسترها، ریشه گیاهان درون آب قرار می‌گیرد و به طور مستقیم از ستون آب تغذیه می‌کند که همین امر باعث افزایش سرعت در جذب مواد مغذی می‌شود. با دریافت مواد مغذی، ریشه‌ها سطح وسیعی را برای تشکیل بیوفیلم **(Biofilm)** ایجاد می‌کنند. از بیوفیلم به عنوان زیست‌توده نیز یاد می‌شود که یک لایه لزج است و جلبک‌ها، باکتری‌ها، میکرواورگانیسم‌ها و سایر میکروب‌ها در آن تجمع یافته‌اند و در آن حداکثر جذب و تجزیه مواد مغذی، سموم و آلاینده‌ها توسط جامعه میکروبی اتفاق می‌افتد و گاهی اوقات ممکن است آن‌ها را به مواد بی‌ضرر تبدیل کند. در واقع، تجمع ریشه‌ها در زیر سطح آب، پایه‌ای برای اتصال میکرواورگانیسم‌ها به‌وجود می‌آورد که باعث تجزیه مواد آلی و به دام انداختن مواد جامد معلّق می‌شود. هر چه سطح جزیره شناور بیش‌تر باشد، رشد و توسعه بیوفیلم بیشتر خواهد بود [۳]. شکل یک جزیره شناور مصنوعی را به صورت شماتیک نشان می دهد.

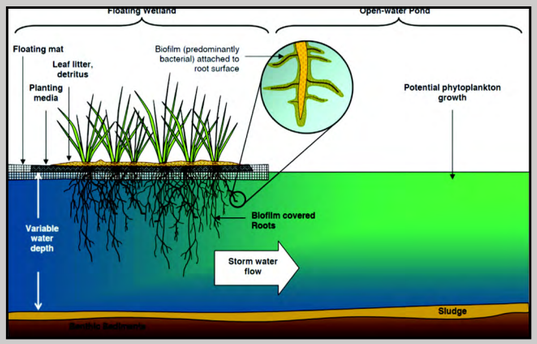
به‌طورکلی جزایر شناور مصنوعی از سه بخش تشکیل می‌شوند [۴]:

۱- بخش فوقانی: شامل برگ و ساقه گیاهان

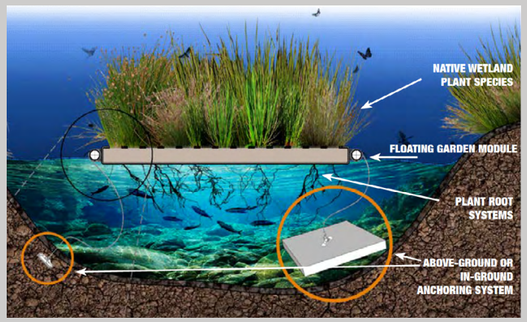
۲- بخش میانی: بدنه شناور

۳- بخش تحتانی: سیستم ریشه و جوامع بیولوژیکی نظیر بیوفیلم‌ها، زئوپلانکتون‌ها و سایر بی‌مهرگان کوچک

انتهای بخش تحتانی، ستون آب وجود دارد که عمق آن با توجه به تراز آب در بدنه آبی متغیر است. همچنین، یکی از روش‌های تثبیت این جزایر، نوع لنگر است که شامل دو حالت قرارگیری لنگر روی سطح زمین و زیر سطح زمین است و در شکل ۲ نیز قابل مشاهده است.



شکل ۱. شماتیک یک جزیره شناور مصنوعی (بستر یکپارچه اکوژیکی یا تالاب تصفیه شناور)



شکل ۲. شماتیک بخش‌های مختلف جزایر شناور مصنوعی

شکل ۳. نمونه‌ای از جزایر شناور مصنوعی

از مزایای جزایر شناور مصنوعی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۱]:

- افزایش کیفیت آب و حذف موادمغذی و سمی
- جلوگیری از فرسایش و حفاظت از خط ساحلی
- ایجاد چشم‌انداز زیبا
- تأمین زیستگاه و حیات‌وحش
- پایدار و سازگار با محیط‌زیست
- حذف جامدات معلّق و آلاینده‌ها در ورودی دریاچه و رودخانه
- مقرون به صرفه بودن و اشغال نکردن زمین
- کنترل پدیده‌ی شکوفایی جلبک‌ها

شکل ۳ نمونه‌ای از جزایر شناور مصنوعی را نشان می‌دهد.

از جمله ریسک‌های استفاده از جزایر شناور مصنوعی را می‌توان در موارد زیر مورد بحث قرار داد [۴]:

- گیاهان تصفیه‌کننده آب هنگام خروج از منطقه برای اکوسیستم ذاتی خطرناک هستند و خود نیز به عنوان پسماند، نیازمند محلی مناسب برای دفن هستند.
- انتخاب و مدیریت نامناسب AFIها می‌تواند اثرات نامطلوبی بر کشاورزی بومی، آبزی‌پروری و تنوع‌زیستی داشته باشد.
- تجهیزات و مواد شناور در طولانی مدت خیس و فرسوده می‌شوند، در نتیجه ضایعات به جامانده خود نیز یک منبع آلودگی است.
- گاهی توانایی تأمین الزامات و دستورالعمل‌های جدید را ندارند و نیاز است تا با تکنولوژی‌های موجود و یا جدید ترکیب شوند.

BioHaven Floating Islands Technology

یکی از روش‌های رایج جزایر شناور که بسیار استفاده می‌شود، تکنولوژی جزایر شناورِ BioHaven است. آنچه که BioHaven را از سایر جزایر شناور مصنوعی متمایز می‌کند، ساختار ماتریسی بستر آن است که باعث می‌شود سطح وسیعی را برای اتصال بیوفیلم‌ها به عنوان مسیر بهینه حذف آلاینده ایجاد کند و باعث ارتقاء شرایط بیولوژیکی شود. شکل ۴ نمونه‌هایی از جزایر شناورِ BioHaven اجرا شده در جهان را نشان می‌دهد [۵].

شکل ۴. نمونه‌هایی از جزایر شناورِ BioHaven اجرا شده در جهان

مراجع

1. Chen, S., Chao, L., Zhao, J., Chen, N., Wang, L., Liu, X. and Sun, L. (2014) 'Application and Development of Artificial Floating Island Technology', 589, pp. 700–696. DOi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.589.696-587.

2. Shahrouz Ebrahimi, P. (2015) 'Control of EutropHication in Anzali Wetland by Artificial Floating Islands', M.S. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Sharif, Kish Island, Iran, 91 ,2015 pp.

3. Grosshans, R,. Lewtas, K., Gunn, G. and Stanley, M. (2019) 'Floating Treatment Wetlands and Plant Bioremediation: Nutrient treatment in eutropHic freshwater lakes', Published by the International Institute for Sustainable Development.

4. Chang, Y., Cui, H., Huang, M., & He, Y. (2017) 'Artificial floating islands for water quality improvement. Environmental Reviews', ,(3)25 357–350. DOi:10.1139/er0038-2016-.

5. http:[www.floatingislandinternational.com/research/#case_studies].

بررسی بازده شست‌وشو در قسمت ریشه خاک به کمک نرم‌افزار Saltmod و RSM و غلظت نمک موجود در آب آبیاری بر شوری خاک در نرم افزار Saltmod

محمدرضا صبور[1]، قربانعلی دزواره[2]

۱- دانشیار دانشکده مهندسی عمران و نقشه‌برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
۲- استادیار گروه مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

شوری خاک یکی از مشکلات عمده زیست‌محیطی جهانی است که می‌تواند باعث تخریب زمین، کاهش کیفیت آب و وارد آمدن آثار زیان‌آوری به گیاهان شود. از جمله پیامدهای زیان‌بار شوری در خاک، اثرات مضر بر رشد و عملکرد گیاهان، کاهش کیفیت آب برای مصرف کنندگان، مشکلات رسوب‌گذاری، آسیب جدی به زیرساخت‌ها (جاده‌ها، آجرها، خوردگی لوله‌ها و کابل‌ها) و فرسایش خاک هنگامی که محصولات به شدت با مقداری از نمک‌ها تحت تاثیر قرار گرفته‌اند، است. در این پژوهش به منظور تحلیل و بررسی داده‌های مهم Flr (بازده شست‌وشو در قسمت ریشه خاک) و Cic (غلظت نمک موجود در آب آبیاری) و تاثیر آن‌ها در مقدار شوری ثانویه، در قسمت ورودی برنامه از ترکیب داده‌های مربوط به پژوهش اوستربان و ابوسنا و رنگ‌جیانگ یاو به همراه همکاران، در دو فصل برای هر سال که فصل اول خشک (کم آب) و فصل دوم تر (پر آب) نام دارد، استفاده شد. با کاهش مقدار نمک موجود در آب آبیاری از مقدار (ds/m) ۰/۵ به (ds/m) ۰/۳، مقدار Cr_{φ} (شوری در قسمت ریشه خاک) در فصل اول (ds/m) ۰/۳۲ و در فصل دوم (ds/m) ۰/۲۹ کاهش می‌یابد. در صورت توانایی کاهش میزان نمک موجود در آب آبیاری، تاثیر قابل توجهی در اندازه شوری در قسمت ریشه خاک در هردو فصل دیده می‌شود و از طرفی این امر برای بحث‌های مربوط به کشاورزی و تغذیه گیاهان، در صورت داشتن توجیه اقتصادی، می‌تواند بسیار مفید واقع شود. به منظور بررسی حساسیت تاثیر Flr بر شوری خاک، این داده نسبت به مقدار اولیه یعنی ۰/۷، در دو مرحله به‌ترتیب به ۰/۸ و ۰/۹ در نرم‌افزار Saltmod افزایش داده شد و بین سه عدد ۰/۸، ۰/۵ و ۰/۳ در برنامه RSM بررسی شد. افزایش این مقادیر در کاهش شوری خاک موثر بودند، اما اگر بافت خاک مورد مطالعه دارای نفوذپذیری بیشتری باشد و پتانسیل آبگریزی بالاتری را به خود اختصاص دهد، افزایش مقدار Flr می‌تواند موثرتر از حالت کنونی شود و شوری خاک را در قسمت ریشه خاک بیشتر بکاهد. همچنین کاهش مقدار Flr منجر به کاهش هزینه‌های مربوط به تاسیسات عملیات زه‌کشی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شوری خاک، مدل Saltmod، شوری زدایی، آبگریزی، شست‌وشو خاک، غلظت نمک

۱- مقدمه

شوری خاک و آب یکی از مشکلات عمده زیست‌محیطی جهانی است که می‌تواند باعث تخریب زمین، کاهش کیفیت آب و وارد آمدن آثار زیان‌آوری به گیاهان (نباتات) شود. نتایج برآوردها و ارزیابی‌های انجام شده توسط برنامه محیط‌زیست سازمان ملل مبین آن است که ۲۰ درصد از اراضی کشاورزی و ۵۰ درصد از اراضی تحت کشت محصولات کشاورزی در معرض تنش‌های ناشی از شوری خاک هستند [۱]. شوری خاک و مشکلات مربوط به آن عموماً در مناطق با آب و هوای خشک و نیمه خشک رخ می‌دهد که میزان بارندگی جهت آبشویی املاح کافی نیست. با توجه به وسعت خشکی‌های موجود در سطح کره زمین که معادل ۱۳۴/۵ کیلومتر مربع است، ۳/۱ از کل این زمین‌ها در مناطق خشک وکویری قرار دارد [۲]. شوری یک مشکل بسیار مهم برای فرسایش زمین است [۳].

از جمله پیامدهای زیان‌بار شوری در خاک، اثرات مضر بر رشد و عملکرد گیاهان، کاهش کیفیت آب برای مصرف کنندگان، مشکلات رسوب‌گذاری، آسیب جدی به زیرساخت‌ها (جاده‌ها، آجرها، خوردگی لوله‌ها و کابل‌ها) و فرسایش خاک هنگامی که محصولات به شدت با مقداری از نمک‌ها تحت تاثیر قرار گرفته‌اند، است [۳]. این موضوع به خوبی شناخته شده است که شوری خاک و غرق‌آب شدن، دو مشکل بسیار شایع و گسترده هستند که باعث محدود شدن تولید محصول در مناطق آبی کشاورزی می‌شوند [۴].

شوری خاک بر اساس میزان نمک موجود در خاک است. پروسه افزایش نمک در خاک به عنوان شوری شناخته می‌شود. به صورت کلی اختلاط نمک در خاک از ترکیب آب و خاک رخ می‌دهد. شوری می‌تواند به دلیل پروسه‌های طبیعی مانند فرسایش مواد معدنی و یا خروج تدریجی اقیانوس باشد. همچنین می-تواند بر اساس فرآیندهای طبیعی همچون آبیاری رخ دهد [۵]. شوری با مشارکت در موقعیت بسیار کم عمق و حضور در آب زیرزمینی شور در رسوبات دریایی، منجر به کاهش سالانه عملکرد محصولات در مناطق ساحلی برای کشاورزان می‌شود [۶].

نمک یک عضو طبیعی در خاک و آب است. یون‌هایی که منجر به شوری خاک می‌شوند عبارتند از: Cl^-، Mg^{2+}، Ca^{2+}، K^+ و Na^+. زمانی که Na^+ (سدیم) غالب باشد، خاک می‌تواند سدیمی خوانده شود. خاک سدیمی یک چالش و موضوع خاص در حال حاضر است؛ به دلیل این‌که آن‌ها گرایش بسیار به ساختار و بافت بسیار ضعیف دارند که باعث محدود شدن یا جلوگیری نفوذ آب و زه‌کشی می‌شوند [۷].

ارزیابی راهکارهای مدیریت بهبود دهنده، مستلزم تجزیه و تحلیل‌های شرایط آبیاری و زه‌کشی موجود و همچنین پیش‌بینی پیامدهای تغییرات فاکتورهای هیدرولیکی و سیستم‌های برداشت است [۸، ۹ و ۱۰]. مدل‌های شبیه‌سازی به کلاس‌های مکانیکی، تصادفی، تجربی و کاربردی تقسیم می‌شوند [۱۱] که برای توصیف عملکرد سیستم‌های زه‌کشی مصنوعی طراحی شده‌اند. Saltmod به عنوان مدل سطلی طبقه بندی شده، به پیش‌بینی تاثیر طراحی سیستم بر عملکرد محصول و شرایط هیدرولوژی کمک می‌کند. برنامه Saltmod در رابطه با مدل سازی و پیش‌بینی تنوع فضایی و زمانی شورشدن خاک به کمک DEM نقشه و متدهای جغرافیایی در محیط GIS با موفقیت‌های گوناگونی روبرو شده است [۱۲]. چند نمونه سناریو از قبیل تغییرات عمق آبیاری و تاثیرات آن بر شوری قسمت ریشه خاک، تغییرات در عمق و فاصله زه‌کش‌ها، عمق آب زیرزمینی و ... با استفاده از این برنامه توسط باهسی و ناکار (۲۰۰۷) و همچنین باهسی و همکاران (۲۰۰۸) امتحان شده است [۱۳ و ۱۴].

مدل SaltMod برای پیش‌بینی اثرات درازمدت برنامه‌های مدیریت آب در بسیاری از مناطق مختلف جهان با موفقیت مورد استفاده قرار گرفت. همچنین این ابزار برای درک ارتباطات پیچیده بین شرایط مختلف ژئوهیدرولوژی و کار زراعت کشاورزان و پاسخ‌های مدیریت آب سودمند واقع شد. استفاده از این مدل در منطقه نیل دلتا واقع در مصر مشخص کرد که مقدار آب زیرزمینی عمیق حدود (m) ۰/۸ به عنوان میانگین فصلی می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر کنترل شوری خاک در درجه حاشیه امنیت داشته باشد [۱۵].

سرینیواسولو به همراه همکاران (۲۰۰۴) مقدار نمک در منطقه آزمایشگاهی کنانکی ، مربوط به پروژه ناگارجون‌اساگار در ایالت اندرا پرادش هندوستان را با استفاده از نرم افزار Saltmod بررسی کردند. این پروژه یکی از پروژه‌های بسیار مهم آبیاری در هندوستان است، به‌طوری که به ترتیب ۰/۴۷۵ و ۰/۳۸۷ هکتار تحت کانال‌های راست و چپ، به منظور آبیاری اعمال شده است. مقدار آب زیرزمینی در قسمت کانال راست به مقدار خطرناک خودش یعنی (m/year) ۰/۳۲ افزایش یافت و افزایش شوری نیز مشاهده شد [۱۶]. برآورده شده است که ۲۸/۶ % از این زمین‌ها آبیاری شده است [۱۷]. مدل آن‌ها با استفاده از داده‌های برداشت شده در زمان ۲ سال کالیبره شده است. بر اساس این کالیبراسیون، مقدار راندمان زه‌کشی در ناحیه ریشه و انتقال خاک، مقداری حدود ۶۵% تخمین زده شد و خروجی زه‌کشی طبیعی زیرسطحی به عنوان ۵۰ میلی‌متر در سال تعیین شد. مدل آن‌ها این پیش‌بینی را ارائه داد که مقدار شوری آب در ناحیه ریشه خاک به مقدار (ds/m) ۴، ۳ و ۲/۵ نسبت به مقدار شوری اولیه یعنی (ds/m) ۱۱/۵

کاهش خواهد یافت و این اتفاق در زمان فصل‌های اول، دوم و سوم در عرض شش سال پس از نصب سیستم زه‌کشی رخ می‌دهد. مدل آن‌ها این مهم را نیز پیش‌بینی کرد که کاهش فاصله زه‌کش‌ها و یا عمیق‌تر کردن آن‌ها از مقدار ۱ متر به ۱/۴ متر، تاثیر چندان مثبتی در رابطه با کاهش شوری ریشه خاک نسبت به مقدار شوری در حالت کنونی نخواهد داشت. همچنین این مدل اشاره کرد که با اعمال ۸۰% از مقدار کنونی آب آبیاری، مقدار شوری ریشه خاک می‌تواند در سال‌های دوم و چهارم به (ds/m) ۵ و (ds/m) ۴ کاهش یابد [۱۸].

رنگ‌جیانگ یاو به همراه همکاران (۲۰۱۴) به شبیه‌سازی تاثیر سناریوهای مختلف زه‌کشی بر شوری خاک به منظور ایجاد راهکارهای مدیریت مناسب برای سرعت دادن به امر شوری زدایی بر اساس نتایج شبیه سازی دراز مدت، پرداخته‌اند. آن‌ها با استفاده از مدل نرم‌افزار Saltmod زمین‌های کشاورزی تحت تاثیر شوری نمک در شمال استان جیانگ سو واقع در چین را بررسی کردند. داده‌هایی مانند شوری خاک، عمق آب زیرزمینی و خواص خاک به صورت دوره‌ای برای کالیبراسیون Saltmod جمع‌آوری و اثرات روش‌های مختلف زه‌کشی و آبیاری بر شوری و عمق آب آبیاری ریشه‌ها را بررسی کردند. در شرایط بارانی و کنونی سیستم زه‌کشی، شوری آب موجود در خاک در قسمت ریشه بعد از ۱۰ سال از مقدار اولیه (ds/m) ۲۹/۲ به (ds/m) ۱۵ در فصل اول و (ds/m) ۱۴ در فصل دوم کاهش می‌یابد. عمق‌ها و فاصله‌های زه‌کشی مختلف، تاثیر قابل توجهی بر شوری در قسمت ریشه خاک و عمق آب زیرزمینی داشتند. نتایج شبیه‌سازی سناریو آبیاری نشان داد که آبیاری مستقیم با آب شور رود یا رودخانه توصیه نمی‌شود [۱۹].

نوذری و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی دیگر، از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم یادگیری لونبرگ-مارکارگ دنبال شده از تابع انتقال سیگموید آکسون ، برای پیش‌بینی تغییرات زمانی در آب‌های زیرزمینی کم‌عمق و آب‌های شور زه‌کشی شده در عمق‌ها و فواصل مختلف نصب زه‌کش‌ها استفاده کرده-اند. برای طراحی بهینه یک سیستم تخلیه زیرزمینی، واجب است که شرایط خاک و عملکرد محصول تحت کشت، در رابطه با تاثیری که از سیستم می‌گیرند درک شود [۲۰]. در این مدل، زه‌کش‌ها در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر و فاصله‌های ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ سانتی‌متر نصب شده‌اند. در پی اندازه‌گیری مقادیر شاخص-های خطا برای RMSE و SE و همچنین R۲ بین شوری‌های زیرزمینی کم عمق، مقدار اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده (ds/m) ۵/۲۷، (ds/m) ۰/۱۲ و (ds/m) ۰/۹۶ به‌دست آمده است. این شاخص‌ها برای شوری آب زه‌کشی شده نیز به ترتیب (ds/m) ۰/۷۲ ، (ds/m) ۰/۰۹۶ و (ds/m) ۰/۹۹ به‌دست آمده است [۲۱].

کاهش عمق تاسیسات زه‌کشی نیز ممکن است منجر به ورود و تجمع شوری در قسمت ریشه خاک و همچنین کاهش عملکرد گیاهان شود [۲۲]. مدل‌سازی فیزیکی نشان داده است که کاهش عمق تاسیسات زه‌کشی می‌تواند باعث کاهش تخلیه زه‌کش، ترکیب آب‌های در عمق و شوری آب زه‌کشی شده شود [۲۳].

تیواری و جوئل (۲۰۱۵) استراتژی‌های مختلفی را برای مدیریت شوری در کشور هندوستان و بعضی از کشورهای دیگر از سال‌های ۱۹۶۹ تا ۲۰۱۴ پیشنهاد دادند. طی پژوهش آن‌ها وابستگی شدید مقادیر عددی عمق و فاصله زه‌کش‌ها به طبقه‌بندی بافت خاک به شدت توصیه شده است [۲۴].

بافت خاک و میزان خلل و فرج موجود در آن از دیگر مسائل مهم در تعیین سرعت حرکت و حجم آب‌های ورودی و یا اصطلاحا آبگریزی خاک است. خاک آبگریز خاکی است که وقتی قطره‌های آب روی سطح آن قرار گیرد، به سرعت خیس نمی‌شود [۲۵]. نفوذ آب به خاک فرآیندی مهم در علوم خاک، آبیاری، هیدرولوژی، کشاورزی و محیط‌زیست است که در وارد شدن مواد گوناگون معدنی و املاح به درون خاک موثر واقع می‌شود و نقشی حیاتی در چرخه آبی طبیعت ایفا می‌کند [۲۶]. نفوذ آب به خاک همانند دیگر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک به شدت از ویژگی‌های ذاتی خاک تأثیر می‌پذیرد]۲۷[. در رابطه با تاخیر و کاهش نفوذ آب در خاک، عامل آبگریزی بسیار موثر است. کاهش سرعت نفوذ در اثر آبگریزی باعث ایجاد حالت ماندابی حتی به‌طور موقت در سطح خاک می‌شود. بر اساس گفته والیس و همکاران (۱۹۹۰) ظرفیت نفوذ یک خاک خشک شنی آبگریز شش برابر کمتر از خاک مجاور مرطوب با آبگریزی کمتر است]۲۸[. در نتایج به‌دست آمده از مطالعات وانگ و همکاران (۲۰۰۰) و بچمن و همکاران (۲۰۰۷) بیان شده است که در خاک‌های آبگریز، نفوذ آب حالت منظمی ندارد و منجر به الگوی خیسیدگی گسسته در پروفیل خاک شده است]۲۹ و ۳۰[. شرایط آبگریزی خاک توسط ترکیبات آلی مومی پیچیده تشکیل می‌شود. ترکیبات آلی که باعث آبگریزی در خاک می‌شوند، شامل مواد مومی مربوط به گیاهان و پوست آن‌ها، آلکان‌ها، اسیدهای چرب و نمک‌های آن‌ها، استرها، فیتان‌ها و استرول‌ها هستند]۲۵ و ۳۱[.

۲- مواد و روش

Saltmod یک برنامه کامپیوتری برای پیش‌بینی شوری در رطوبت خاک، آب زیرزمینی و زه‌کشی، عمق آب زیرزمینی، و تخلیه زه‌کشی در زمین‌های کشاورزی آبیاری شده است که از شرایط مختلف (ژئو) هیدرولوژیک،

گزینه‌های مختلف مدیریت آب، شامل استفاده از آب زیرزمینی برای آبیاری و جدول‌های گوناگون استفاده می‌کند. برنامه کامپیوتری اصلاتا در فورترن توسط آر.جی. اوستربان و ایزابل پدروسو دو لیما در آی‌ال‌آر‌آی ساخته شده است. پوسته کاربری توسط اچ. رامناندانلال در توربو پاسکال توسعه پیدا کرد و توسط آر.ای.ال سلیک آی‌ال‌آر‌آی به منظور تسهیل مدیریت داده‌های ورودی و خروجی، بهبود یافته است.

۲-۱- اصول Saltmod

اصول کلی Saltmod و فرضیات مربوط به آن بر اساس مدل ارائه شده توسط اوستربان [۱۵] به شرح زیر است.

۲-۱-۱- رویکرد فصلی

مدل براساس تعادلات فصلی آب زمین‌های کشاورزی است. چهار فصل در طول یک سال می‌توانند متفاوت باشند؛ به عنوان مثال خشک، مرطوب، سرد، گرم، آبیاری یا فصل زراعی. تعداد فصل‌ها را می‌توان از مقدار عددی حداقل ۱ تا حد اکثر ۴ انتخاب کرد. مدت زمان هر فصل بر اساس تعداد ماه‌های آن معین می‌شود. گام زمانی فصل‌ها در نظر گرفته شده در روش محاسبه برنامه به شرایط خاص منطقه مورد مطالعه بستگی دارد.

۲-۱-۲- داده‌های هیدرولیکی

این مدل از اجزای تعادل آبی به عنوان داده‌های ورودی استفاده می‌کند. این عوامل به هیدرولوژی سطحی (به عنوان مثال بارش، تبخیر، آبیاری، استفاده از زه‌کش و چاه آب برای آبیاری، رواناب) و هیدرولوژی آبخوان (به عنوان مثال فاضلاب‌های به طرف بالا، زه‌کشی طبیعی، پمپاژ آب‌های زیرزمینی) مربوط می‌شود. اجزای دیگر تعادل آب‌ها (به عنوان مثال نفوذ به سمت پایین، افزایش موئینگی به سمت بالا، زه‌کشی زیر سطحی) به عنوان خروجی پیش‌بینی شده است. دو عامل شدت زه‌کشی برای تعیین کردن زه‌کشی به ترتیب در بالا و پایین سطح زه‌کش، و عامل کاهش زه‌کشی برای محدود کردن عملیات سیستم تخلیه، در مدل گنجانده شده است.

۲-۱-۳- اراضی خاک

Saltmod چهار مخزن (آب) را قبول دارد که عبارتند از مخزن سطح که بالاتر از سطح خاک است، مخزن بالایی کم‌عمق خاک یا همان قسمت ریشه ، مخزن میانی خاک یا ناحیه انتقال ، مخزن عمیق یا آبخوان . اگر یک سیستم زه‌کشی افقی زیرسطحی وجود داشته باشد، باید آن را در ناحیه انتقال قرار داد، که سپس به دو بخش تقسیم می‌شود: ناحیه انتقال فوقانی (بالای سطح زه‌کش) و ناحیه انتقال تحتانی (زیر سطح زه‌کش).

۲-۱-۴- تراز آب

تراز آب برای هر مخزن به طور جداگانه محاسبه می‌شود. آب اضافی خروجی یک مخزن به آب ورودی برای مخزن بعدی تبدیل می‌شود. مخزن خاک را می‌توان با ضخامت‌ها و ضرایب ذخیره‌سازی مختلف تعیین کرد که به عنوان داده‌های ورودی در نرم‌افزار در نظر گرفته می‌شوند. عمق آب زیرزمینی که از طریق تراز آب محاسبه می‌شود برای کل منطقه یکسان فرض می‌شود.

۲-۱-۵- تراز شوری

میزان نمک برای هر مخزن به طور جداگانه محاسبه می‌شود. اساس آن‌ها تراز آبی‌شان با استفاده از غلظت نمک آب ورودی و خروجی است. غلظت‌های اولیه آب در مخزن‌های مختلف خاک، در آب آبیاری و در ورودی آب زیرزمینی از قسمت عمیق ناحیه آبخوان به عنوان داده ورودی برای مدل، مورد نیاز قرار می‌گیرند. غلظت نمک موجود در آب خروجی (از یک مخزن به مخزن دیگری یا با زه‌کشی زیرسطحی) بر اساس تراز نمک با استفاده از روش‌های مختلف شست‌وشو یا بازده ترکیب نمک، محاسبه می‌شود. اگر آب زه‌کشی یا چاه برای آبیاری استفاده شود، مدل غلظت نمک ترکیب آب آبیاری و اثر منفی بعدی آن بر شوری‌های خاک و آب زیرزمینی، که دوباره غلظت نمک آب زه‌کشی و چاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، محاسبه می‌کند.

۲-۱-۶- داده خروجی

خروجی Saltmod برای هر فصل از هر سال در مقدار هر تعداد سال، مشخص شده توسط داده‌های ورودی، داده می‌شود. داده‌های خروجی شامل ابعاد هیدرولوژیکی و شوری هستند. داده‌ها به شکل جدولی پر شده‌اند که می‌توانند به صورت مستقیم بررسی شوند و یا با برنامه‌های صفحه‌گسترده‌ای بیشتر مورد آنالیز قرار گیرند. این برنامه امکان توسعه بسیاری از روابط را بین داده‌های ورودی متنوع، نتایج خروجی و زمان فراهم می‌کند.

۲-۱-۷- پیش‌فرض‌ها

این مدل توزیع یکنواخت محصولات زراعی، آبیاری و ویژگی‌های زه‌کشی در کل منطقه را فرض می‌کند. حداقل و حداکثر گام زمانی محاسبات به ترتیب ۱ تا ۱۲ ماه است. تمام حرکات آب در مخازن مختلف خاک به صورت عمودی است، هردو به سمت بالا و پایین، به جز جریانی که به سمت زه‌کش‌های زیر سطحی، در صورت وجود این جریان، می‌رود. مخزن آب زیرزمینی عمیق، هر دو جریان عمودی و افقی را دارد. این مدل، فرمول حالت پایدار هوگدت را برای به‌دست آوردن اجزای جریان از بالا و پایین زه‌کش وقتی که سفره آب زیر سطح خاک

است، حل می‌کند. وقتی که آب بالای سطح خاک باشد، مدل اجزای جریان را با استفاده از معادله هوگدت دو برابر به‌دست می‌آورد.

۲-۲- داده‌های استفاده شده

در این پژوهش به منظور تحلیل و بررسی داده‌های مهم Flr (بازده شست‌وشو در قسمت ریشه خاک) و Cic (غلظت نمک موجود در آب آبیاری) و تاثیر آن‌ها بر مقدار شوری ثانویه، در قسمت ورودی برنامه از ترکیب داده‌های مربوط به پژوهش اوستربان و ابوسنا]۳۲[و رنگ‌جیانگ یاو به همراه همکاران [۱۹] استفاده شد. دو فصل برای هر سال تعریف شد که فصل اول خشک (کم آب) و فصل دوم تر (پر آب) نام دارد و به ترتیب دارای مدت زمان ۵ و ۷ ماه هستند. مقدار شوری اولیه خاک (ds/m) ۲ در نظر گرفته شد که مقادیر متغیر شوری ثانویه بر پایه این مقدار، به عنوان شوری اولیه است. عمق آب زیرزمینی اولیه به ارتفاع ۱۰ متر در زیرسطح خاک جای‌گذاری شد. در ادامه به بررسی و توضیح تغییر داده‌های ورودی و تاثیر مشخصات کیفی منطقه بر آن‌ها در رابطه با تاثیر بر شوری ثانویه پرداخته می‌شود.

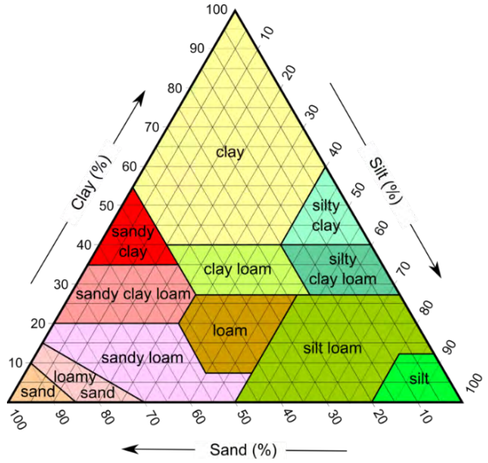
۲-۳- بافت‌های خاک رایج در موردهای مطالعاتی نرم‌افزار Saltmod

تحقیقات انجام شده در رابطه با بررسی شوری به کمک نرم افزار saltmod بیشتر در رابطه با خاک‌هایی انجام شده که بافت لوم رسی، لوم شنی یا ساختار مشابه لوم شنی-رسی و بعضا لوم سیلتی داشته‌اند. بر اساس طبقه‌بندی USDA (شکل ۱) در خاک‌های لوم شنی، درصد شن بین ۴۵ تا حدود ۸۵ و مقدار سیلت و رس به ترتیب از ۵۰ درصد و ۲۰ درصد کمتر است. در خاک‌های لوم رسی، مقدار رس حدودا بین ۲۷ تا ۴۰ درصد نوسان دارد و مقدار سیلت بیشتر از ۱۵ درصد تا سقف ۴۰ درصد است. همچنین شن در این خاک‌ها از ۲۰ تا ۴۵ درصد متغیر است. در خاک‌های لوم سیلتی مقدار سیلت از ۵۰ تا حدود ۸۰ درصد متغیر است و به نسبت آن، مقدار شن کمتر از ۵۰ درصد و مقدار رس نیز کمتر از ۲۰ درصد است. از بین ساختارهای مذکور، جهت بررسی نفوذ آب و آبگریزی، به دلیل استفاده بیشتر خاک‌های لوم رسی و لوم شنی در تحقیقات و آزمایشات، این دو خاک بررسی شدند. برای کمی کردن نفوذ آب به خاک در میان مدل‌های فیزیکی و تجربی موجود، به ترتیب از مدل فیلیپ و کوستیاکف استفاده شده است که از جمله مدل‌های پر کاربرد است [۱].

مدل تجربی کوستیاکوف در رابطه با تعیین مقدار نفوذ آب در خاک به شرح زیر است:

$$I=ct^{\alpha}$$

در این رابطه پارامترها عبارتند از: I، نفوذ تجمعی بر



شکل ۱- نمودار هرمی USDA

حسب سانتی‌متر، t، زمان نفوذ بر حسب دقیقه، c، ضریب تجربی با مقداری بزرگ‌تر از صفر (ضریب جذب سطحی برای آب) و α، ضریب تجربی با مقداری بین صفر و یک (مقدار شیب منحنی سرعت نفوذ).

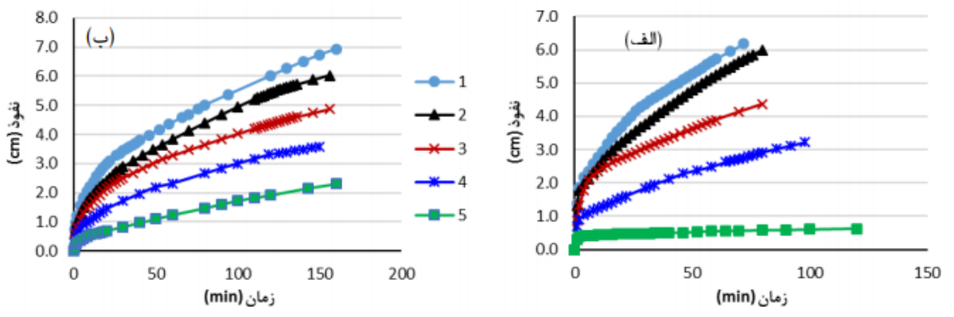
مدل تجربی فیلیپ به شرح زیر است:

$$I=S\sqrt{t}+Kt$$

در این رابطه پارامترها عبارتند از: I، نفوذ تجمعی بر حسب سانتی‌متر، t، زمان نفوذ بر حسب دقیقه، S، ضریب جذبی خاک برای آب و K، هدایت هیدرولیکی خاک (در شرایط مزرعه‌ای).

بیرامی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از روابط گفته شده به منظور بررسی تاثیر آبگریزی و درجه‌های مختلف آن بر روی مدل‌های نفوذ (مانند کوستیاکف و فیلیپ) و پارامترهای آن، دو خاک با بافت‌های لوم رسی و لوم شنی را بررسی کردند [۳۲]. آن‌ها با استفاده از غلظت‌های متفاوت استئاریک اسید، ۵ درجه آب-گریزی به صورت جدا برای هر دو خاک با توجه به کلاس‌بندی درجه آبگریزی دکر و ریتسما به‌دست آوردند. این درجات عبارتند از: درجه ۱ (بدون آبگریزی)، درجه ۲ (آبگریزی جزئی)، درجه ۳ (آبگریزی زیاد)، درجه ۴ (آبگریزی شدید) و درجه ۵ (آبگریزی خیلی شدید). در نتیجه آزمایش، آن‌ها منحنی-های نفوذ تجمعی برای خاک لوم شنی و لوم رسی با درجه‌های متفاوت آبگریزی (شکل ۲) به‌دست آوردند.

با توجه به شکل ۲، در خاک لوم شنی، آبگریزی بیشتر و یا به عبارتی نفوذ تجمعی کمتری نسبت به خاک لوم رسی مشاهده می‌شود. پس در فصول غیرخشک که این خاک‌ها از پذیرش آب برخوردار می‌شوند، خاک‌های لوم رسی نفوذپذیری بیشتری دارند و آب بیشتری را در خود



شکل ۲- منحنی نفوذ تجمعی در درجه‌های مختلف آبگریزی (میانگین سه تکرار داده‌های اندازه‌گیری شده نفوذ) الف) خاک لوم شنی ب) خاک لوم رسی

نگه می‌دارند که این اتفاق باعث حرکت و انتقال مواد معدنی و املاح بیشتر و همچنین رسیدن آب بیشتر به گیاهان می‌شود.

نتایج به‌دست آمده مربوط به اثرات آبگریزی بر ضرایب معادلات نفوذ کوستیاکف و فیلیپ در دو خاک در جدول‌های ۱ و ۲ موجود است. به طور کلی نتایجی که از دو جدول ۱ و ۲ می‌توان گرفت، عبارت است از این که افزایش درجه آبگریزی از درجه یک تا پنج، در هر دو خاک لوم شنی و لوم رسی، با کاهش قدرت خیس‌شدگی خاک، اثر شدیدی بر ضریب جذب سطحی خاک (ضریب S مدل فیلیپ و ضریب c مدل کوستیاکف) دارد و آن‌ها را کاهش می‌دهد، به‌ویژه ضریب (S) که با افزایش درجه آبگریزی به شدت کاهش می‌یابد. افزایش درجه آبگریزی از درجه یک تا پنج همچنین موجب کاهش مقدار سرعت

جدول ۱- ضرایب مدل نفوذ کوستیاکف و فیلیپ برای خاک لوم شنی در درجه‌های مختلف آبگریزی

	مدل کوستیاکوف			مدل فیلیپ		
درجه آبگریزی	c	α	R^2	S	K	R^2
۱	۱/۳۰۵۸^e	۰/۳۵۴۵^e	۰/۹۹۰۷	۱/۴۱۹۲^e	۰/۱۱۵۲^e	۰/۹۸۴۵
۲	۱/۱۹۱۴^d	۰/۳۵۱۴^d	۰/۹۷۷۶	۱/۳۲۵۶^d	۰/۱۰۲۸^d	۰/۹۷۲۴
۳	۱/۰۵۹۸^c	۰/۳۱۷^c	۰/۹۷۴۵	۰/۹۷۲۷^c	۰/۰۶۸۷^c	۰/۹۹۴۳
۴	۰/۶۴۷۷^b	۰/۳۱۱۷^b	۰/۹۶۴۷	۰/۷۰۱۹^b	۰/۰۶۰۵^b	۰/۹۶۹۶
۵	۰/۳۱۸۹^a	۰/۱۳۳۹^a	۰/۹۴۷۴	۰/۳۱۳۸^a	۰/۰۳۵۹^a	۰/۹۵۱۳

c: (cm min^(-α)), S: (cm min^(-0/5)), K: (cm min^(-1))

جدول ۲- ضرایب مدل نفوذ کوستیاکف و فیلیپ برای خاک لوم رسی در درجه‌های مختلف آبگریزی

	مدل کوستیاکوف			مدل فیلیپ		
درجه آبگریزی	c	α	R^2	S	K	R^2
۱	۰/۹۲۱۱^e	۰/۳۹۰۵^a	۰/۱۰۵۵	۱/۰۳۲۶^e	۰/۰۶۲۹^e	۰/۹۸۷۰
۲	۰/۷۱۴۲^d	۰/۴۱۸۳^b	۰/۱۰۳۷	۰/۸۰۲۶^d	۰/۰۴۲۳^d	۰/۹۹۰۷
۳	۰/۵۹۰۶^c	۰/۴۲۲۵^c	۰/۰۷۱۱	۰/۵۹^c	۰/۰۲۰۷^c	۰/۹۹۹۱
۴	۰/۴۰۷۶^b	۰/۴۳۲۴^d	۰/۰۴۵۸	۰/۴۲۴^b	۰/۰۱۵۱^b	۰/۹۹۱۶
۵	۰/۱۷۶۶^a	۰/۴۹۵۵^e	۰/۰۶۹۵	۰/۱۸۸۵^a	۰/۰۰۲۲^a	۰/۹۶۴۵

c: (cm min^(-α)), S: (cm min^(-0/5)), K: (cm min^(-1))

نفوذ پایه (K مدل فیلیپ) در هر دو خاک می‌شود. تنها دلیل این امر می‌تواند کاهش سطح مقطع جریان در اثر از دسترس خارج شدن برخی از منافذ برای جریان آب بر اثر افزایش درجه آبگریزی باشد.

نتیجه‌های به‌دست آمده از پژوهش‌ها در رابطه با خاک‌های لوم شنی و لوم رسی نشان می‌دهد که افزایش درجه‌های آبگریزی، با تاثیر بر ضریب جذبی آب و مقاومت در نفوذ آب از سطح خاک، باعث کاهش مقدار نفوذ تجمعی و مقدار اولیه متوسط سرعت نفوذ شده است. به طور کلی، هر دو خاک مورد مطالعه خاصیت آبگریزی دارند، اما خاک لوم شنی آبگریزی بیشتری نسبت به خاک لوم رسی دارد که این امر باعث می‌شود در تحلیل نرم افزار Saltmod در رابطه با فصل‌های غیرخشک، چنانچه محل مورد مطالعه دارای خاک لوم رسی باشد، نفوذپذیری بیشتری نسبت به آب در آن منطقه رخ دهد و به همین سبب در آن ناحیه ماندابی بیشتر داشته باشد و مواد معدنی و املاح زیادتر در خاک باقی بماند و همچنین گیاهان نیز آب بیشتری را جذب کنند. این مهم تاثیر قابل توجهی بر روی شوری خاک منطقه ریشه‌ای خاک (Cr_e) در تحلیل و محاسبات نهایی نرم‌افزار پس از طی کردن تمامی فصل‌های خشک و غیر خشک می‌گذارد. به طور کلی با استفاده از تحقیقات پایه‌ای به‌دست آمده، اولویت آبگریزی به ترتیب با بافت شن، ماسه، سیلت و رس است و همچنین برای خاک‌های لومی، ابتدا خاک‌های شنی لومی و سپس سیلت لومی و در آخر رسی لومی بیشترین آبگریزی را دارند.

۳- نتایج و بحث

مهم‌ترین خروجی به‌دست آمده از نتایج و گراف‌های نرم‌افزار، مقدار Cr_e (شوری خاک در قسمت ریشه) است. به منظور بررسی دقیق‌تر عملکرد بررسی شوری، Cxf (شوری خاک در قسمت انتقال)، Cqf (شوری خاک در قسمت آبخوان) و همچنین Dw (عمق آب زیرزمینی) به خاطر داشتن ارتباط با تاثیر شوری و همچنین ملموس‌تر بودن رخدادها، نیز در نظر گرفته شدند. همانطور که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌کنید، داده‌های مذکور حاصل خروجی برنامه Saltmod هستند. برای داده‌های ورودی Flr (بازده شست‌وشو در قسمت ریشه خاک) و Cic (غلظت نمک موجود در آب آبیاری) بر اساس گزارش‌های سالانه و همچنین پژوهش‌های صورت گرفته در گذشته، مقادیر محتمل استخراج شده است. با تغییر این داده‌ها

جدول ۳- نتیجه مقادیر Cr_e، Cxf، Cqf و Dw براساس وارد کردن داده‌های اصلی پژوهش مورد مطالعه در برنامه

Dw (m) عمق آب زیرزمینی	Cqf (ds/m) شوری خاک در قسمت آبخوان	Cxf (ds/m) شوری خاک در قسمت انتقال	Cr_e (ds/m) شوری خاک در قسمت ریشه	فصل	سال
-۱۰	۱	۱	۲	۱	اول
-۱۰	۱	۱	۲	۲	
-۸/۹۱	۱/۰۵	۱/۰۴	۲/۲۷	۱	دوم
-۸/۶۶	۱/۰۶	۱/۰۶	۲/۰۲	۲	

در قسمت ورودی برنامه نسبت به داده‌های اولیه، نتایج متفاوتی در رابطه با مقدار شوری در خاک به‌دست آمد.

۳-۱- Cic (غلظت نمک موجود در آب آبیاری)

بدیهی است که با تغییر مقدار آب آبیاری اعمال شده به منطقه یعنی افزایش مقدار آب به منظور آبیاری بیشتر، به دلیل بالا بودن مقدار نمک و املاح دیگر در آب، این عمل سبب افزایش شوری در خاک می‌شود. حال اگر مقدار آب همان اندازه ثابت در نظر گرفته شود و مقدار نمک موجود در آب آبیاری از مقدار (ds/m) ۰/۵ به (ds/m) ۰/۳ کاهش پیدا کند، تفاوتی در عمق آب زیرزمینی رخ نخواهد داد. در فصل اول هر دو مقدار Cqf و Cxf به اندازه (ds/m) ۰/۰۱ کاهش می‌یابند و از کاهش نمک موجود در آب تاثیر می‌پذیرند، ولی در فصل‌های غیرخشک یعنی فصل دوم، Cqf تغییری نمی‌کند و تنها Cxf به اندازه (ds/m) ۰/۰۱ کاهش پیدا می‌کند. در قسمت لایه آبخوان در فصل‌های غیر خشک حتی با کم‌تر شدن میزان نمک موجود در آب آبیاری، به دلیل این‌که نسبت به لایه‌های دیگر این لایه پایین‌تر قرار دارد، میزان شوری در این ناحیه تغییری نخواهد کرد. قسمت اصلی و قابل توجه یعنی Cr_e در فصل اول (ds/m) ۰/۳۲ و در فصل دوم (ds/m) ۰/۲۹ کاهش می‌یابد. بیش‌ترین تاثیر افزایش یا کاهش میزان نمک موجود در آب آبیاری، به دلیل نوع اقلیم و شدت تبخیر و تعرق در منطقه و همچنین جنس خاک که آبگریزی بالایی ندارد، در قسمت‌های نزدیک به سطوح خاک است. با توجه به جدول شماره ۴ در صورت توانایی کاهش میزان نمک موجود در آب آبیاری، تاثیر قابل توجهی در اندازه شوری در قسمت ریشه خاک در هر دو فصل دیده می‌شود و از طرفی این امر برای بحث‌های مربوط به کشاورزی و تغذیه گیاهان، در صورت داشتن توجیه اقتصادی، می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

۳-۲- Flr (بازده شست‌وشو در قسمت ریشه خاک)

۳-۲-۱- تحلیل در نرم‌افزار Saltmod

جدول ۴- نتیجه مقادیر Cr_e، Cqf، Cxf و Dw بر اساس کاهش مقدار Cic (غلظت نمک موجود در آب آبیاری)

Dw (m) عمق آب زیرزمینی	Cqf (ds/m) شوری خاک در قسمت آبخوان	Cxf (ds/m) شوری خاک در قسمت انتقال	Cr_e (ds/m) شوری خاک در قسمت ریشه	فصل	سال
-۱۰	۱	۱	۲	۱	اول
-۱۰	۱	۱	۲	۲	
-۸/۹۱	۱/۰۴	۱/۰۳	۱/۹۵	۱	دوم
-۸/۶۶	۱/۰۶	۱/۰۵	۱/۷۳	۲	

یکی از داده‌های مهم در قسمت ورودی نرم‌افزار که معمولا در تمام پژوهش‌ها و تحقیقاتی که با استفاده از نرم‌افزار Saltmod انجام شده به آن اشاره می‌شود، Flr است که معمولا از بعد کیفی بافت خاک و مساله آبگریزی ناحیه مورد مطالعه، بررسی نشده است. مقدار راندمان شست‌وشو در قسمت ریشه خاک، در رابطه با کاهش میزان شوری خاک بسیار موثر است. به منظور بررسی حساسیت تاثیر این داده آن را نسبت به مقدار اولیه آن یعنی ۰/۷، در گام اول به ۰/۸ و در گام بعدی به ۰/۹ افزایش داده شد. مقدار Flr در عمل بین ۰/۲ تا ۱ متغیر و بدون واحد است. در گام اول با افزایش Flr به مقدار ۰/۸، میزان شوری در فصل اول سال دوم (ds/m) ۰/۰۸ و در فصل دوم (ds/m) ۰/۱ کاهش می‌یابد. این مقدار در کاهش شوری خاک موثر است، اما شاید اگر بافت خاک مورد نظر دارای نفوذ-پذیری بیشتری باشد و پتانسیل آبگریزی بالاتری را به خود اختصاص دهد، افزایش مقدار Flr می‌تواند موثرتر واقع شود و شوری خاک را در قسمت ریشه خاک بیشتر بکاهد. همچنین همانطور که در جدول شماره ۵ مشهود است، این تغییر در رابطه با Cxf نیز به اندازه (ds/m) ۰/۰۱ تاثیر مثبت دارد و باعث کاهش شوری در این لایه شده است. در گام دوم، که در جدول شماره ۶ اعداد مربوط به نتیجه خروجی نرم افزار نشان داده شده، Flr مقدار ۰/۹ درج شد. این بار شوری موجود در لایه ریشه خاک Cr_e برای فصل اول (ds/m) ۰/۱۶ و برای فصل دوم (ds/m) ۰/۲ کاهش پیدا کرده است. همانگونه که توضیح داده شد و به وضوح مشهود است، افزایش بازده شست‌وشوی خاک در قسمت ریشه باعث کاهش Cr_e به مقدار چشم‌گیری می‌شود و براساس توضیحات گام اول، جنس خاک و خاصیت آبگریزی بالا به این امر کمک شایانی می‌کنند. مقدار Cxf نیز از مقدار این افزایش تاثیر پذیرفته است که در فصل اول و دوم به ترتیب (ds/m) ۰/۰۲ و (ds/m) ۰/۰۳ کاهش یافته است. عمق آب زیرزمینی (Dw) و همچنین شوری در لایه آبخوان (Cqf) در این منطقه مورد مطالعه تغییری نمی‌کنند و همان مقدار ثابت را دارند. همچنین می‌توان گفت کاهش مقدار Flr منجر به کاهش هزینه‌های مربوط به تاسیسات عملیات زه‌کشی می‌شود.

۳-۲-۲- تحلیل در نرم‌افزار RSM

به منظور بررسی تاثیر راندمان شست‌وشو بر شوری در بازه‌های کوچک و بزرگ، با استفاده از داده‌های موجود، شوری حاصل از Flr برابر ۰/۵ به‌دست آمد و سپس با استفاده از نرم‌افزار RSM، نمودارهای مربوط به تاثیرپذیری شوری نسبت به Flr برابر ۰/۸، ۰/۵ و ۰/۲ با استفاده از دستور فرایندی درجه ۲ ترسیم و بررسی شد. تحلیل هر کدام از این ورودی‌ها در برنامه به شرح زیر است.

جدول ۵- نتیجه مقادیر Cr_f، Cxf، Cqf و Dw بر اساس Flr = ۰/۸

سال	فصل	Cr_f (ds/m) شوری خاک در قسمت ریشه	Cxf (ds/m) شوری خاک در قسمت انتقال	Cqf (ds/m) شوری خاک در قسمت آبخوان	Dw (m) عمق آب زیرزمینی
اول	۱	۲	۱	۱	-۱۰
	۲	۲	۱	۱	-۱۰
دوم	۱	۲/۱۹	۱/۰۵	۱/۰۵	-۸/۹۱
	۲	۱/۹۲	۱/۰۷	۱/۰۶	-۸/۶۶

جدول ۶- نتیجه مقادیر Cr_f، Cxf، Cqf و Dw براساس Flr = ۰/۹

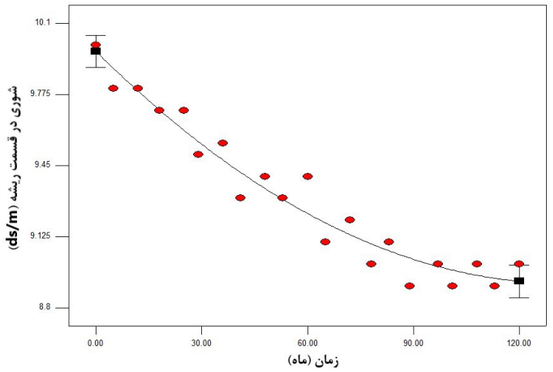
سال	فصل	Cr_f (ds/m) شوری خاک در قسمت ریشه	Cxf (ds/m) شوری خاک در قسمت انتقال	Cqf (ds/m) شوری خاک در قسمت آبخوان	Dw (m) عمق آب زیرزمینی
اول	۱	۲	۱	۱	-۱۰
	۲	۲	۱	۱	-۱۰
دوم	۱	۲/۱۱	۱/۰۶	۱/۰۵	-۸/۹۱
	۲	۱/۸۲	۱/۰۹	۱/۰۶	-۸/۶۶

۳-۲-۱- Flr = ۰/۲

شکل ۳ تغییرات شوری با استفاده از ضریب راندمان شست‌وشوی ۰/۲ در طول ۱۲۰ ماه را نشان می‌دهد که با افزایش ماه‌های سال، میزان شوری از مقدار اولیه یعنی (ds/m) ۱۰ با شیب ملایمی کاهش پیدا می‌کند و از ماه ۷۸ام تا ماه پایانی سال، این مقدار تنها به اندازه (ds/m) ۰/۲ متغیر است. در ماه‌های آخر، مقادیر شوری تقریبا ثابت است و در بازه مشخصی نوسان دارد. با توجه به نمودار و همانطور که قبلا نیز ذکر شده بود، مقدار تغییرات شوری در طول ۱۰ سال در راندمان شست-وشوی ۰/۲ بسیار کم است، به طوری که در بالاترین مقدار خود شوری (ds/m) ۱۰ و در پایین‌ترین مقدار برابر (ds/m) ۸/۹ است. در این مقدار کم از Flr، مقدار شوری خاک تغییرات زیادی نمی‌کند و کمک قابل ملاحظه‌ای در کاهش شوری در قسمت ریشه خاک نمی‌کند.

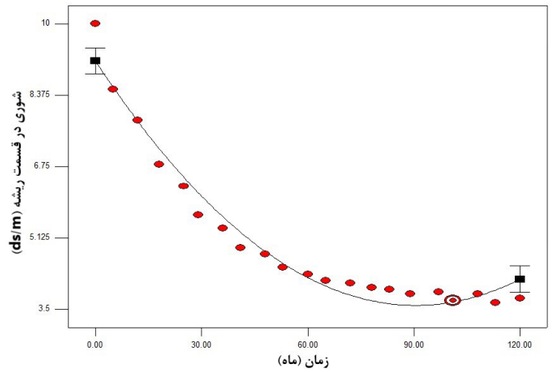
۳-۲-۲- Flr = ۰/۵

در حد میانی، مقدار راندمان شست‌وشو، پس از گذشت زمان تنها ۵ ماه، شوری به میزان (ds/m) ۱/۵ کاهش می‌یابد که این مقدار نسبت به کل کاهش شوری در حالت Flr = ۰/۲ بیشتر است. با توجه به شکل ۴، مقادیر برداشت شده از شوری خاک تا نزدیکی ماه ۳۰ام با یکدیگر اختلاف زیادی دارند و مقدار نمک خاک در قسمت ریشه طی این ماه‌ها در هر بار برداشت، کاهش قابل ملاحظه‌ای را به همراه دارند. از اواخر ماه ۳۵ام یا اوایل ماه ۳۶ام، اختلاف بین اعداد به‌دست آمده کم می‌شود و یا به عبارتی، مقادیر شوری به‌دست آمده به هم نزدیک می‌شوند. از اواسط ماه ۶۵ ام تا اتمام کل ماه‌ها، هر چند مقادیر شوری‌های به‌دست آمده حدود (ds/m) ۰/٤ با هم اختلاف دارند و این مقدار بیشتر از حالت روند ثابت در Flr = ۰/۲ است، اما به طور تقریبی نوسانات مقدار شوری در حالت کلی به حد



شکل ۳- تغییرات شوری در راندمان شست‌وشو Flr = ۰/۲ طی زمان ۱۲۰ ماه (۱۰ سال)

ثابتی می‌رسد. می‌توان این گونه تحلیل کرد که میزان راندمان شست‌وشوی خاک در مقدار ۰/۵ پس از ماه ۶۵ام به حداکثر خود می‌رسد و تغییرات ثابتی را پیش می‌برد و با توجه به جنس آبرفتی رسی خاک و ماندگاری املاح به سبب نفوذپذیری کم آب در این جنس خاک، حداکثر توان شست‌وشو در Flr = ۰/۵ نسبت به کاهش شوری در قسمت ریشه خاک بین این مقادیر تغییر ثابتی دارد.



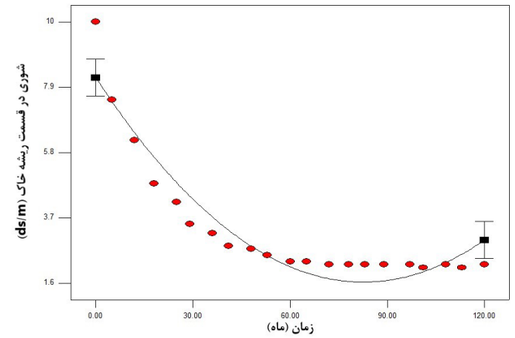
شکل ۴- تغییرات شوری در راندمان شست‌وشو Flr =۰/۵ طی زمان ۱۲۰ ماه (۱۰ سال)

۳-۲-۳- Flr = ۰/۸

با توجه به شکل ۵، این بار مقدار شوری در برداشت اولیه یعنی پس از گذر ۵ ماه به مقدار (ds/m) ۲/۵ کاهش پیدا می‌کند. همان‌گونه که قابل ملاحظه است، همانند راندمان شست‌وشوی ۰/۵ در برداشت‌های اولیه، میزان تغییرات شوری بسیار زیاد و حتی بیشتر از مقدار راندمان شست‌وشوی میانی یعنی Flr = ۰/۵ است. میزان تغییرات زیاد و همچنین نامنظم بین شوری‌های به‌دست آمده بر خلاف راندمان‌های شست‌وشوی ۰/۲ و ۰/۵ زودتر متوقف می‌شود، به گونه‌ای که حدودا از ماه ۵۳ام با مقدار شوری به‌دست آمده برابر (ds/m) ۲/۵، تغییرات نامنظم ماه‌های ابتدایی و اختلاف‌های شدید بین خروجی‌ها خاتمه پیدا می‌کند. از ماه ۶۰ام مقدار نوسانات موجود در شوری خاک‌ها بین بازه (ds/m) ۰/۲ و سپس (ds/m) ۰/۱ به طور ثابت است.

۴- نتیجه گیری

نتایج کلی حاصل از این پژوهش نشان داد که بافت خاک منطقه مورد مطالعه و پتانسیل آبگریزی آن به میزان زیادی بر شوری در قسمت ریشه خاک تاثیر دارد. رساندن آب آبیاری با شوری کمتر و کاهش مقدار نمک‌های موجود در آن، در صورت دارا بودن توجیه اقتصادی در پروژه‌ها، تاثیر بسیار خوبی در رابطه با کم کردن شوری خاک خواهد داشت و در دراز مدت از افزایش نمک موجود در قسمت ریشه خاک جلوگیری خواهد کرد. کاهش نمک موجود در آب آبیاری باعث افزایش راندمان آن آب می‌شود و یا به بیانی دیگر به صرفه‌جویی آب کمک می‌کند که این امر در بحث مقابله با بحران کم‌آبی بسیار موثر است. هر قدر بازده شست‌وشو در قسمت ریشه خاک بیشتر باشد، شوری خاک را بهتر می‌توان کنترل کرد و بیشتر باعث کاهش آن شد. هر چه بافت خاک منطقه مورد مطالعه



شکل ۵- تغییرات شوری در راندمان شست‌وشو Flr =۰/۸ طی زمان ۱۲۰ ماه (۱۰ سال)

دارای نفوذپذیری بیشتری باشد، این امر سبب افزایش نفوذ آب و شست‌وشو بیشتر خاک می‌شود. از طرفی افزایش Flr نمی‌تواند بدون هزینه باشد و اگر بافت خاک از نفوذپذیری خوبی برخوردار باشد، با به‌کارگیری مقدار کمتری از Flr، به دلیل بیشتر بودن پتانسیل خاک برای ورود آب و شست‌وشو، می‌توان مقدار شوری در قسمت ریشه خاک را کاهش داد. در حالتی که مقدار Flr افزایش می‌یابد، با توجه به نمودار شماره ۳، مقادیر شوری به صورت پیوسته‌تر و نزدیک‌تر به هم کاهش می‌یابند. مقدار Flr = ۰/۸ میزان مناسب و نزدیک به واقعیت نسبت به شوری‌های به دست آمده است.

حال اگر خاک منطقه مورد مطالعه بافتی چون رسی یا آبرفتی رسی با نفوذپذیری کم نباشد و در عوض خاکی با کمی نفوذپذیری بیشتر بررسی می‌شد، به دلیل نگه‌داری کمتر املاح و نمک‌های حاصل از منابع آلوده‌کننده خاک، امکان کاهش مقادیر شوری‌های به‌دست آمده در هر کدام از مقدار Flr بیشتر می‌شد و از این رو مقدار Flr جایگزین در ورودی نرم‌افزار با توجه به مقادیر واقعی شوری‌های حاصل در طول سال، کاهش پیدا می‌کرد.

۵ منابع

۱. نیشابوری، م؛ فاخری فرد، ا؛ فرسادی زاده، د؛ صادقیان، ن و خیری، ج؛ (۱۳۸۸).ضرایب مدلهای نفوذ فیلیپ، کاستیاکف و کاستیاکف اصلاح شده بر مبنای جرم مخصوص ظاهری و رطوبت اولیه خاک. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۱۹ ، شماره ۲، صفحه ۵۷-۶۰ .

۲. بیرامی،ح؛ نیشابوری،م؛ ناظمی،ا؛ عباسی،ف؛ (۱۳۹۴)، تأثیر آبگریزی خاک بر مشخصات نفوذ در دو خاک لوم رسی و لوم شنی، نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲۵،شماره۲، صفحه ۱۸۱-۱۹۲.

3. Nijland, H. J., & El Guindi, S. (1983). Crop yields, watertable depth, and soil salinity in the Nile Delta, Egypt. Annual report.../ International Institute for Land Reclamation and Improvement, 29-19.

4. Smedema, L. K. (2000). Global drainage needs and challenges the role of drainage in today's world. In Role of drainage and challenges in 21st century. Vol. I. Proceedings of the Eighth ICID International Drainage Workshop, New Delhi, India, 31 January4- February 2000. (pp. 18-1). International Commission on Irrigation and Drainage.

5. Oikonomou, A., Katsiapi, M., Karayanni, H., Moustaka-Gouni, M., & Kormas, K. A. (2012). Plankton microorganisms coinciding With two consecutive mass fish kills in a newly reconstructed lake. The Scientific World Journal, 2012.

6. Yuan-xiu, G. U. A. N., Gao-huan, L., & Jin-feng, W. (2001). Saline-alkali land in the Yellow River Delta: amelioration zonation based on GIS. Journal of GeograpHical Sciences, 320-313 ,(3)11.

7. Bureau of Reclamation, US Department of the Interior (2005). University Press of the Pacific, Drainage Manual: A Guide to Integrating Plant, Soil, and Water Relationships for Drainage of Irrigated Lands, A @water resources technical publication, 9781410220486 ,1410220486

8. Lesaffre, B., & Zimmer, D. (1987). Field evaluation of a subsurface drainage simulation model predicting peak flows (No. 110946-89. CIMMYT.).

9. Zimmer, D., Lorre, E., & Lesaffre, B. (1995). Parameter sensitivity and field evaluation of SIDRA model. Irrigation and drainage systems, 296-279 ,(3)9.

10. Bahçeci, I., Dinç, N., Tarı, A. F., Ağar, A. İ., & Sönmez, B. (2006). Water and salt balance studies, using SaltMod, to improve subsurface drainage design in the Konya–Çumra Plain, Turkey. Agricultural water management, 271-261 ,(3)85.

11. Bastiaanssen, W., Soliman, K. E. D. M., Mirabile, C., Korani, M., & Gawad, S. A. (1996). Data management related to the application of two crop-water-environment-models in Argentina and Egypt.

12. Madyaka, M. (2008, February). Spatial Modelling and Prediction of Soil Salinization Using SaltMod in a GIS Environment. ITC.

13. Bahceci, I., & Nacar, A. S. (2007). Estimation of root zone salinity, using SaltMod, in the arid region of Turkey. Irrigation and drainage 614-601 ,(5)56.

14. Bahceci, I., Çakir, R., Nacar, A. S., & Bahceci, P. (2008). Estimating the effect of controlled drainage on soil salinity and irrigation efficiency in the Harran Plain using SaltMod. Turkish journal of agriculture and forestry, 109-101 ,(2)32.

15. Oosterbaan, R. J., & Abu Senna, M. (1990). Using SaltMod to predict drainage for salinity control. Towards integration of irrigation and drainage management. In Proceedings of the Jubilee Symposium at the Occasion of the 40th Anniversary of ILRI, Wageningen, The Netherlands (pp. 49-43).

16. Bahceci, I., Çakir, R., Nacar, A. S., & Bahceci, P. (2008). Estimating the effect of controlled drainage on soil salinity and irrigation efficiency in the Harran Plain using SaltMod. Turkish journal of agriculture and forestry, 109-101 ,(2)32.

17. WAPCOS. 1999. Study of water logging in five canal commands. Report. Volume VI. Nagarjunasagar right canal command area. Water and Power Consultancy Service Limited, New Delhi, India. pp. 78–75

18. Srinivasulu, A., Rao, C. S., Lakshmi, G. V., Satyanarayana, T. V., & Boonstra, J. (2004). Model studies on salt and water balances at Konanki pilot area, Andhra Pradesh, India. Irrigation and Drainage Systems, 17-1 ,(1)18.

19. Yao, R. J., Yang, J. S., Zhang, T. J., Hong, L. Z., Wang, M. W., Yu, S. P., & Wang, X. P. (2014). Studies on soil water and salt balances and scenarios simulation using SaltMod in a coastal reclaimed farming area of eastern China. Agricultural water management, 123-115 ,131.

20. Shao, X. H., Hou, M. M., Chen, L. H., Chang, T. T., & Wang, W. N. (2012). Evaluation of subsurface drainage design based on projection pursuit. Energy Procedia, 752-747 ,16.

21. Nozari, H., & Azadi, S. (2017). Experimental evaluation of artificial neural network for predicting drainage water and groundwater salinity at various drain depths and spacing. Neural Computing and Applications, 10-1.

22. Nazari B, liaghat A, Parsinejad M, Naseri AA (2008) Optimization of installing depth of subsurface drainage With economic and environmental considerations. Fifth Engineering Workshop of Drainage and Environmental, National Committee of Irrigation and Drainage of Iran, Iran (In farsi)

23. Shakyba M, Liyaghat A, Mirzaee F (2013) The effect of the depth of the water table and discharge of drainage water on the depth and quality of groundwater mixing the output of the in vitro model. J Irrig Drain 132–122:(2)7 (In Farsi)

24. Tiwari, P., & Goel, A. (2017). An overview of impact of subsurface drainage project studies on salinity management in developing countries. Applied Water Science, 580-569 ,(2)7.

25. DOerr, S. H., Shakesby, R. A., & Walsh, R. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorpHological significance. Earth-Science Reviews, 65-33 ,(4-1)51.

26. Valiantzas, J. D. (2010). New linearized two-parameter infiltration equation for direct determination of conductivity and sorptivity. Journal of hydrology, 13-1 ,(2-1)384.

27. Bouma, J. (1983). Use of soil survey data to select measurement techniques for hydraulic conductivity.

28. Wallis, M. G., Horne, D. J., & McAuliffe, K. W. (1990). A study of water repellency and its amelioration in a yellow-brown sand: 1. Severity of water repellency and the effects of wetting and abrasion. New Zealand Journal of Agricultural Research, 144-139 ,(1)33.

29. Wang, Z., Wu, L., & Wu, Q. J. (2000). Water-entry value as an alternative indicator of soil water-repellency and wettability. Journal of Hydrology, 83-76 ,231.

30. Bachmann, J., Deurer, M., & Arye, G. (2007). Modeling water movement in heterogeneous water-repellent soil: 1. Development of a contact angle–dependent water-retention model. VaDOse Zone Journal, 445-436 ,(3)6.

31. Dekker, L. W., & Jungerius, P. D. (1990). Water repellency in the dunes With special reference to the Netherlands. Catena, Supplement, (183-173 ,(18.

32. Oosterbaan, R. J., & Abu Senna, M. (1989). Using Saltmod to predict drainage and salinity in the Nile Delta. Annual Report, 74-63.

جایزه پژوهشی والتر_هوبر از انجمن مهندسان عمران آمریکا (۲۰۲۱) به یک پژوهشگر ایرانی تعلق گرفت

دکتر "شیده دشتی"، دانشیار مهندسی عمران در دانشگاه کلرادو-بولدر است. ایشان فارغ‌التحصیل دانشگاه‌های کالیفرنیا-برکلی (کارشناسی ارشد و دکترا) و کرنل (کارشناسی) است و در حوزه مهندسی خاک و زلزله پژوهش می‌کند.

جایزه هوبر با قدمتی بیش از ۷۰ سال، بالاترین نشان تحقیقاتی انجمن مهندسان عمران آمریکا در دوره میانی کار (**mid-career**) است.

این جایزه تاکنون ۵ بار نصیب ایرانی تباران شده است؛ اسامی سایر برندگان ایرانی والتر-هوبر:

۱۹۹۹: شهرام سرکانی
۲۰۱۷: کاوه مدنی
۲۰۱۸: مانی گلپرور فرد
۲۰۲۰: امیر آقاکوچک

دکتر دشتی اولین زن ایرانی‌ست که جایزه هوبر را دریافت می‌کند.

PALAR

Specialized scientific yearbook

Scan to Download
Previous Volumes

آدرس: تهران، بزرگراه جلال آل احمد، پل نصر، دانشگاه تربیت مدرس،
دانشکده فنی و مهندسی، بلوک ۶، طبقه دوم، دفتر انجمن علمی - دانشجویی
عمران و محیط زیست

تلفن: ۸۲۸۸۴۹۱۴
دورنگار: ۸۲۸۸۴۹۱۵
شماره تماس: ۰۹۳۵۲۹۸۱۵۱۱

Email: civil.eng@modares.ac.ir
Website: civil.modares.ac.ir
کانال ارتباطی: @TMU_CivilEngineering