2020, Vol.6, No.3, Pages 1 to 10
Journal of Water and Sustainable Development

سال ششم، شماره ۳، ۱۳۹۸، صفحات ۱ تا ۱۰
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Conceptual

نوع مقاله: مفهومی

Ethics in Engineering Profession

N. Sheikh Rezazadeh Nikou[1], K. Davary[2], B.Gahraman[3], A.N. Ziaei[4*], Sh. Safavi[5]

1, 2, 3, 4- PhD Student, Professor, Professor & Associate Professor, Water Science and Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 5-Research Fellow, Hydraulic Structures Department, Water Research Institute, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: an-ziaei@um.ac.ir)

Received: 31-03-2018
Accepted: 05-11-2018

اخلاق در حرفه مهندسی

ندا شیخ رضازاده نیکو[1]، کامران داوری[2]، بیژن قهرمان[3]، علی‌نقی ضیائی[4*]، شهداد صفوی[5]

۱، ۲، ۳ و ٤- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، استاد و دانشیار، گروه علوم مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد. ۵- کارشناسی ارشد عمران آب، موسسه تحقیقات آب تهران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: an-ziaei@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۱٤

Abstract

Human achievements have led to large advancements in technology which along with the beneficial and valuable effects have also had catastrophic social consequences due to the lack of proper use and management. Therefore, ethics are considered as one of the critical components in the growth of science and culture. Engineers have a high social status with privileges that come with it. In return, it is expected from them to be responsible in their profession and carry out their duties as well as satisfying expectations of the public, protection of the environment, preventing the occurrence of catastrophes, and acting as role models for the next generation which incorporates both macro and micro dimensions of ethics. Training ethics in different educational levels (primary, secondary, and high school) facilitates the compliance at university level, which then increases the students' flexibility in learning ethical problems in the engineering profession. The participation of students and engineers in compiling ethical instructions increases their effectiveness, and enables each generation to solve their social and professional problems. In this paper, some case studies such as the collapse of the Quebec bridge, the Chernobyl disaster, the Fukushima catastrophe, the gradual drying of Lake Urmia, groundwater table drop, land subsidence, and unsustainable development of modern irrigation are investigated. The engineering mistakes, the decisions taken, and how the crisis was managed based on the ethical aspects of each of the aforementioned test cases are investigated for their carelessness, negligence, ignorance, and deliberate mistakes.

Keywords: Microethics, Macroethics, Training, Participation.

چکیده

دستاوردهای انسان گام‌های بزرگ در پیشرفت تکنولوژی بوده که در کنار اثرات مفید و ارزشمند، با کاربرد نادرست و مدیریت غیراصولی، تبعات اجتماعی ناگواری در جوامع داشته و اخلاق به‌عنوان یکی از مولفه‌های مهم در رشد علم و فرهنگ مطرح بوده است. مهندسان با حفظ جایگاه اجتماعی و مزایای آن، نسبت به حرفه خود مسئول بوده و تعهداتی در قبال وظایف خود دارند تا ضمن برآورده کردن سطح انتظارات مردم، حفظ محیط‌زیست و اجتناب از رخداد حوادث ناگوار، الگویی برای نسل‌های آتی باشند که شامل هر دو بعد اخلاق خُرد و کلان است. آموزش اخلاق در مقاطع مختلف تحصیلی (دبستان، راهنمایی و دبیرستان) منجر به تسهیل رعایت آن در مقاطع دانشگاهی شده و باعث انعطاف‌پذیری بیشتر دانشجوها نسبت به آموزش مسائل اخلاقی در حرفه مهندسی می‌شود. مشارکت دانشجویان و مهندسان در بررسی مشکلات موجود در حرفه و تدوین آیین‌نامه‌های اخلاقی، تاثیرپذیری آن را افزایش داده، به‌این‌ترتیب هر نسلی در خصوص مسائل و مشکلات جامعه و حرفه خود تصمیم‌گیری می‌کند. در این مقاله، تعدادی از مطالعات موردی شامل سقوط پل کبک، رویداد چرنوبیل، فاجعه فوکوشیما، محو شدن تدریجی دریاچه ارومیه، افت آب‌زیرزمینی و فرونشست زمین و توسعه ناپایدار آبیاری مدرن ارائه می‌شود که به بیان خطاهای مهندسی، تصمیم‌گیری‌ها در هر پیامد و نحوه برخورد با بحران از منظر اخلاق پرداخته می‌شود و میزان سهل‌انگاری، غفلت، ناآگاهی، خطاهای عمدی و بی‌اخلاقی در هر یک بررسی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اخلاق خُرد، اخلاق کلان، آموزش، مشارکت.

DOI: 10.22067/jwsd.v6i3.71839

مقدمه

همواره رشد فرهنگ، ادب، علم و تکنولوژی در راستای ایجاد جوامعی با تمدن پویا بوده است و لزوم رعایت اخلاق در کلیه حوزه‌های علمی، فرهنگی، اجتماعی و ... منجر به رشد و بالندگی بیشتر جوامع شده است. "واژه اخلاق[1] به معنای خلق و خوی است و دانش بررسی و ارزش‌گذاری بر رفتارهای انسانی علم اخلاق نامیده می‌شود" (فرهود، ۱۳۸۶). اخلاق، متمایز کننده خوبی در برابر بدی، راستی در برابر ناراستی، پرهیزگاری در برابر گناه و عدالت در برابر جرم می‌باشد. رفتار انسان زمانی اخلاقی است که الف) برای خود بهترین باشد، ب) اهداف خوبی را دنبال کند، ج) کار را به بهترین شکل انجام دهد و د) کارهای او در حیطه قانون باشد. باتوجه‌به معانی تعریف شده هر انسانی باید از مسئولیت خود در قبال خانواده، دوست، شهروند، حرفه، محیط‌زیست و ... آگاه باشد. "هرچند زمینه ژنتیکی در انتقال صفات موثر است اما عوامل اجتماعی (خانواده، مدرسه، رسانه، ...) عامل بروز و شکوفایی هر ویژگی اخلاقی در محیط است" (فرهود، ۱۳۸۶). آموزش، تمرین و تکرار رفتارهای اخلاقی منجر به نهادینه شدن آن در جامعه و انتقال آن به نسل‌های آینده خواهد شد. نمونه‌هایی از اخلاق اجتماعی شامل احترام به حقوق همدیگر و دوری از خشونت در برخورد با یکدیگر است. نگاهی به سبک زندگی مردم در کشورهای توسعه یافته همچون آموزگاری می‌آموزد محیط زندگی انسان بسیاری از رفتارهای اجتماعی او را شکل می‌دهد. به‌عنوان نمونه در کشور روسیه، با وجود اینترنت بی‌سیم رایگان در مترو، بیشتر مردم در طول مسیر مطالعه می‌کنند و تنها در صورت لزوم از تکنولوژی موجود استفاده می‌کنند. درحالی‌که کشور ایران با تمدن و فرهنگ غنی، آمار ناامیدکننده‌ای در کتابخوانی دارد. واردات کتاب‌های مقوایی دکوری از چین، ورشکستگی ناشران داخلی به‌دلیل کاهش خرید کتاب و کتاب‌خانه‌های خلوت نشان از عقب‌نشینی مرزهای علم و فرهنگ در کشور دارد. باتوجه‌به اهمیت اخلاق در اجتماع و لزوم آموزش و کاربرد آن در زندگی فردی و اجتماعی، به‌طور مسلم محیط‌های آموزشی سهم عمده‌ای در ارتقا اخلاق اجتماعی افراد دارند و تهیه آیین‌نامه‌ها و اصول اخلاقی برای اخلاق حرفه‌ای منجر به اثربخشی بیشتر مباحث اخلاقی خواهد شد و نتایج ارزشمند آن ایجاد پیوستگی و سازگاری کلیه حوزه‌ها خواهد بود. اخلاق حرفه‌ای دربرگیرنده اصول، وظایف و استانداردهای رفتار فردی و سازمانی مورد انتظار از افراد حرفه‌ای در مشاغل گوناگون است. افراد شاغل در موقعیت‌های حرفه‌ای از مهارت‌ها و دانش خود برای انجام کار بهره می‌گیرند. این افراد قادر به قضاوت، اعمال مهارت‌ها، دانش و تصمیم‌گیری بر اساس دانش خود در صورت لزوم می باشند در شرایطی که عموم جامعه به دلیل نداشتن این دانش و مهارت قادر به این کار نیستند چگونگی استفاده از این دانش و مهارت در هنگام ارائه خدمات به جامعه یک مسئله اخلاقی و موضوع اخلاق حرفه‌ای است (ترجمه دایرةالمعارف فلسفه راتلج، ۱۳۸۲). یکی از قدیمی‌ترین نمونه‌های اخلاق حرفه‌ای سوگندنامه بقراط است که امروزه پزشکان برای تعهد به آن سوگند یاد می‌کنند. اخلاق مهندسی[2] زیرشاخه‌ای از اخلاق حرفه‌ای است. در اخلاق مهندسی با ارائه کدهای اخلاقی به مهندسان، در تصمیم‌گیری اخلاقی در حرفه مهندسی کمک می‌شود و در ادامه ضمن ارائه اهمیت این موضوع، از دیدگاه اخلاق خرد و کلان بررسی می‌شود.

اخلاق مهندسی

مهندسی شامل طراحی، ساخت و در راستای منافع جامعه بوده و به‌عنوان یکی از مهمترین حرفه‌ها در مبحث اخلاق مطرح است. اخلاق مهندسی مجموعه‌ای از تصمیمات، سیاست‌ها و ارزش‌هاست که در امور مهندسی از نگاه اخلاقی پسندیده بوده و به‌صورت گسترده‌ای توسط کارشناسان و متخصصان مهندسی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است و برای هر رشته، آیین‌نامه‌هایی تدوین شده است. در این راستا می‌توان به آیین‌نامه اخلاقی سازمان مهندسین برق آمریکا (AIEE، ۱۹۰۶)، آیین‌نامه اخلاقی سازمان مهندسین مکانیک آمریکا (ASME، ۱۹۸۴)، آیین‌نامه اخلاقی سازمان مهندسین شیمی آمریکا (AIChE، ۱۹۱۵)، آیین‌نامه اخلاقی سازمان مهندسین عمران آمریکا (ASCE، ۱۹۱۵)، آیین‌نامه اخلاقی انجمن ملی مهندسین حرفه‌ای (NSPE، ۱۹۴۷)، آیین‌نامه اخلاقی موسسه مهندسان برق و الکترونیک (IEEE، ۱۸۸۴) اشاره نمود. با حفظ مفاهیم اخلاقی مشترک (اجتناب از دروغگویی، تقلب، دزدی و ...)، علت شکل‌گیری آیین‌نامه‌های مختلف در هررشته، اختلاف در اخلاق حرفه‌ای در تامین تقاضا با استانداردهای بالاتر می‌باشد (Davis، ۱۹۹۳ و ۲۰۰۶).

اهمیت موضوع اخلاق مهندسی شامل موارد زیر می‌باشد:

الف) ارتباط مستقیم با رشد علم و تکنولوژی،

ب) اجتناب از رخداد حوادث فاجعه‌بار

پ) عدم سوءاستفاده از مشتریان و عموم و برآورده کردن سطح انتظارات مردم

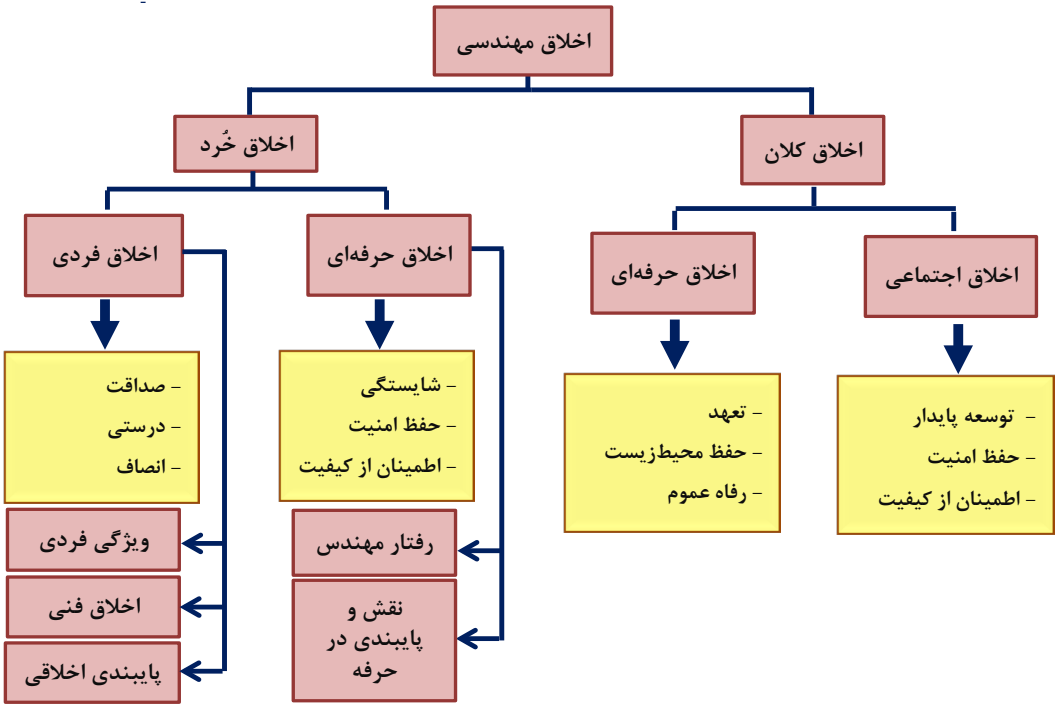
ت) توجه به تناسب و یکپارچگی محیط‌های انسانی و طبیعی

در پژوهش صورت گرفته توسط جودکی و اجل لوئیان (۱۳۹۵) بر روی "اخلاق مهندسی در پروژه‌های عمرانی"، به این نتیجه دست یافتند که در ۴۴٪ گروه نمونه، کارگاه‌های عمرانی فاقد گفتمان اخلاقی هستند و در ۸۷٪ رابطه و نفوذ را عامل مؤثر در استخدام می‌دانستند. در ۷۹٪ گروه نمونه از مفاد آیین‌نامه‌های اخلاق مهندسی آگاهی نداشتند و ۷۸٪ از افراد، آموزش ناکافی را علت این مساله می‌دانستند. در نهایت ۵۳٪ گروه نمونه، بی‌اخلاقی

در کارگاه‌ها را با بی‌اخلاقی در جامعه مرتبط می‌دانستند. ایشان دریافتند سطوح پایین آگاهی از آیین‌نامه‌های اخلاق مهندسی ناشی از آموزش ناکافی در دانشگاه می‌باشد. تعارضات بسیاری میان تاثیرگذاری آموزش اخلاق مهندسی بر دانشجویان و مهندسان وجود دارد. برخی بر این باور هستند که باید اخلاق حرفه‌ای در دانشگاه‌ها آموزش داده شود (Self و Ellison، ۱۹۹۸؛ Sindelar و همکاران، ۲۰۰۳؛ Buckeridge، ۲۰۱۱)، و برخی بر این باور هستند که اخلاق آموختنی نیست (Steneck، ۱۹۹۹؛ Bauer و Adams، ۲۰۰۵) درحالی‌که Abaté (۲۰۱۱) اجبار در آموزش اخلاق را رد می‌کند و Lynch (۱۹۹۷) بر این باور است که تکیه بر آموزش‌های تئوریکی تاثیر کمتری داشته و باید مسائل کاربردی حرفه نیز مطرح شود. همچنین لازم است دانشجویان در خصوص مباحث اخلاقی مرتبط با زمینه رشته خود، مشارکت و تمرین داده شوند (Florman، ۱۹۹۶؛ Cruz و همکاران، ۲۰۰۴؛ Loui، ۲۰۰۵؛ Hoke، ۲۰۱۲؛ Stappenbelt، ۲۰۱۳؛ Lee و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین، ۱- لازم است امور اخلاقی در هر اجتماعی مورد توجه قرار گیرد، ۲- باید آموزش اخلاق در مهندسی تخصصی باشد برای اینکه مثال‌های خاصی در هر رشته مطرح است، ۳- لازم است امور اخلاقی مورد توجه قرار داده شود و ۴- آموزش در عین آن که موثر است اجتماع هم حائز اهمیت بوده و اجبار پاسخگو نیست.

اخلاق خُرد و اخلاق کلان در مهندسی

اخلاق مهندسی برمبنای اخلاق خُرد[۳] و کلان[۴] (McLean، ۱۹۹۳؛ Roddis، ۱۹۹۳؛ Vanderburg، ۱۹۹۵؛ Herkert، ۲۰۰۳) مطالعه می‌شود (شکل ۱). در دیدگاه خُرد، اخلاق فردی و حرفه‌ای مطرح بوده و تصمیمات شخصی در زندگی شخصی و حرفه‌ای را شامل می‌شود. در اخلاق فردی لازم است شخص علاوه‌بر اینکه دارای ویژگی‌هایی مانند حجب، راستگویی، مسوولیت‌پذیری، شایستگی در تخصص و ... باشد، اخلاق فنی (مانند دخالت به‌جا در تصمیم‌گیری‌ها و نظرات کارشناسانه درست) و پایبند اخلاقی (مانند تصمیمات عاقلانه در مواقع اضطراری، درخواست کمک و همفکری در صورت لزوم) را رعایت نماید. مهندسان در اخلاق حرفه‌ای ضمن برخورد مناسب با مدیر، کارمندان، مشتریان و همکاران لازم است وظیفه خود را به بهترین شکل انجام دهند و نسبت به حرفه خود مسئولیت‌پذیر باشند. غالبا، پایبندی فردی و حرفه‌ای در قالب آیین‌نامه‌هایی تدوین و در اختیار مهندسان قرار می‌گیرد (مانند آیین‌نامه اخلاقی NSPE (۱۹۴۷)). در دیدگاه کلان، مسئولیت‌پذیری دسته‌جمعی و اجتماعی در حرفه مهندسی و تصمیم‌گیری اجتماعی در خصوص تکنولوژی در سطح وسیع‌تری مطرح بوده و به‌صورت اخلاق حرفه‌ای کلان و اخلاق اجتماعی کلان مطرح است و از کدها و آیین‌نامه‌های حرفه‌ای متمایز می‌باشد. نمونه‌هایی از اخلاق حرفه‌ای کلان شامل برداشت آب زیرزمینی با رویکرد توسعه پایدار و یا در اخلاق اجتماعی اجتناب از ایجاد سلاح‌های سایبری و مسائل اخلاقی مرتبط با علم نانو است. در شکل (۱) نمونه‌هایی از اهمیت اخلاق مهندسی در جوامع ارائه شده است.

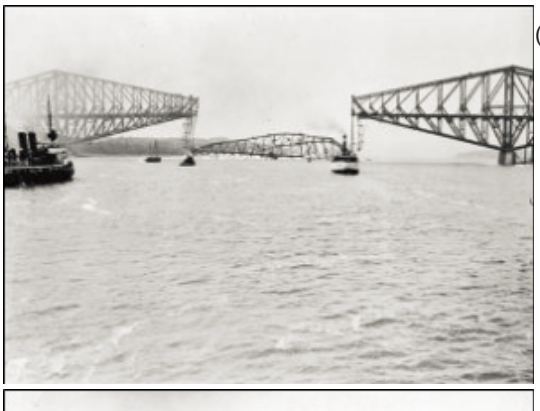


شکل ۱- دیاگرام بررسی اخلاق مهندسی

• حادثه پل کبک در کانادا

در سال ۱۹۰۷، پل آهنی (شکل ۲ الف) در حال ساخت بر روی رودخانه کبک در کانادا به داخل دریاچه واژگون شد. از ۸۶ کارگری که روی پل کار می‌کردند، تنها یازده نفر زنده ماندند. برخی زیر فولاد تابیده له شده بودند، برخی در اثر سقوط کشته شده و برخی تا پیش از رسیدن قایق‌های نجات، غرق شدند. دو سال طول کشید تا آوار را از رودخانه پاک کنند. تئودور کوپر، مهندس عمران آمریکایی، به دلیل اشتباهات مهلک در محاسبات و طراحی پل به‌عنوان مقصر اصلی این حادثه شناخته شد. در سال ۱۹۱۶، دولت کانادا در اثر سهل‌انگاری کارفرمای پیشین و ریزش پل، مدیریت و اجرای پل را به دست گرفت و پل را با بازوهای کنسولی سنگین‌تر مجددا طراحی کرد؛ اما هنگام بلند کردن، دهانه میانی سقوط کرد و ۱۳ نفر کشته شدند (شکل ۲-ب). بعدازاین، پل کبک به زیارتگاه مهندسانی تبدیل شد تا یادآور قدرت تخریبی خطاها و سهل‌انگاری‌های انسانی باشد. مهندس‌های کانادایی در مراسم فارغ‌التحصیلی حلقه‌هایی آهنی دریافت می‌کنند که نماد تعهد و اخلاق در این حرفه است. این حلقه‌ها یادآور مرگ ۸۸ کارگر در حادثه سقوط پل نیز هست (Pearson و Delatte، ۲۰۰۶).

(الف)



(ب)

شکل ۲- الف) واژگونی پل آهنی در سال ۱۹۰۷ و
ب) سقوط دهنه میانی پل در سال ۱۹۱۶

• حادثه اتمی چرنوبیل

حادثه چرنوبیل حادثه هسته‌ای فاجعه‌باری بود که در ۲۶ آوریل ۱۹۸۶ در نیروگاه چرنوبیل در اوکراین رخ داد. انفجار و آتش‌سوزی در رآکتور شماره ۴ نیروگاه چرنوبیل باعث پخش مواد رادیواکتیو در بخش بزرگی از غرب شوروی و اروپا (اوکراین، جمهوری روسیه سفید و فدراسیون روسیه، کشورهای فنلاند، سوئد، نروژ، لهستان، انگلستان و برخی کشورهای دیگر) شد. حادثه زمانی آغاز شد که نیروگاه چرنوبیل دستور کاهش میزان قدرت رآکتور، برای تست را دریافت نمود و نیروگاه شروع به کاهش قدرت رآکتور شماره ۴ تا ۳۰ درصد نمود. دو اشتباه، واقعه مهلک چرنوبیل را رقم زد: نخستین اشتباه زمانی بود که کنترل‌کننده رآکتور به اشتباه و بر اثر عدم تنظیم درست، میله‌های جذب نوترون نیروی رآکتور را تا یک درصد کاهش داد و رآکتور بیش از پیش افت قدرت پیدا کرد. دومین اشتباه این بود که تقریباً تمامی میله‌های کنترل را از داخل رآکتور بیرون کشیدند. در این زمان و با وجود نبود میله‌های کنترل‌کننده قدرت در داخل منطقه فعال، نیروی رآکتور به ۷ درصد افزایش پیدا کرد. یک انفجار اولیه، پوشش ۱۰۰۰ تنی بالای رآکتور را بلند و راه را برای خروج مقدار زیادی بخار آب باز کرد و این مقدمه‌ای بود بر انفجار دوم ناشی از هیدروژن که ممکن است حاصل ترکیب بخار آب لوله‌های پاره شده و زیرکونیوم یا حتی گرافیت هسته رآکتور بوده باشد. انفجار دوم سقف رآکتور را جدا کرد و ۲۵ درصد از تأسیسات هسته رآکتور را از بین برد. در اثر فاجعه چرنوبیل نزدیک به ۵ میلیون نفر آسیب دیدند و حدود ۵ هزار مرکز مسکونی در روسیه سفید، اوکراین و فدراسیون روسیه با ذرات رادیو اکتیو آلوده شدند. از میان آن‌ها، ۲۲۱۸ شهر و روستا با جمعیت حدود ۴/۲ میلیون نفر در محدوده اوکراین قرار داشتند. عوامل اصلی فاجعه انجام آزمایش بدون فراهم بودن شرایط، سطح ناکافی ایمنی در رآکتور، اشتباهات پرسنل و عدم آگاهی پرسنل از ایراد در دکمه ایمنی کلیه رآکتورهای هسته‌ای روسیه (به دلیل عدم اعلام آن از سوی مقامات روسی جهت صرفه‌جویی در هزینه‌ها) و فشار آن به هنگام مشاهده شرایط اضطراری در زمان آزمایش بود. با وجود گذشت سال‌ها از این حادثه، هنوز آثاری از مواد رادیواکتیو و جهش‌های ژنتیکی در مردم منطقه مشاهده می‌شود. مقیاس این فاجعه بسیار بیشتر از آن بود که مقامات دولتی آن را اعلام می‌کردند. از ششصد هزار نفری که در معرض تشعشعات رادیواکتیو قرار گرفتند، حدود بیست هزار نفر کشته شده و دویست هزار نفر هم رسماً از کار افتاده اعلام شده‌اند و کسانی هم که زنده ماندند از بیماری‌ها و سرطان‌های مربوط به تشعشعات اتمی رنج می‌برند (UNSCEAR، a و b ۲۰۰۸). در خصوص علت رخداد فاجعه چرنوبیل چند مورد حائز اهمیت است نخست، غفلت مسئولین در خصوص بازسازی نیروگاه و دستور اجرای آزمایشات با آگاهی

از مشکلات موجود در نیروگاه (که به نظر نویسندگان این مقاله به نوعی بی‌اخلاقی قلمداد می‌شود)، دوم، سهل‌انگاری مهندسین به هنگام انجام آزمایش‌ها، سومین خطا، به دلیل بی‌اخلاقی مسئولین در عدم اطلاع‌رسانی به مردم پیرامون فاجعه رخ داده می‌باشد، پس از بروز فاجعه روزها زندگی در آن محدوده با روال عادی در جریان بوده، اگرچه انفجار در رآکتور و پرتاب کلاهک با صدای مهیبی همراه بوده، مردم ساکن در مناطق نزدیک به حادثه از این موضوع آگاه نبودند. غفلت و ناآگاهی مردم ساکن در مناطق نزدیک به حادثه نسبت به عمق فاجعه رخ داده مشهود بوده است.

شکل ۳- انفجار رآکتور ۴ نیروگاه چرنوبیل در سال ۱۹۸۶

• زلزله و سونامی ژاپن

در سال ۲۰۱۱، زلزله ۹ ریشتری (از نظر علم زلزله‌شناسی در رده زلزله‌های بزرگ) رخ داد و به‌دنبال آن سونامی در ژاپن منجر به کشته و مفقود شدن بیش از ۱۸۰۰۰ نفر شد. نیروگاه "دائیچی "در فوکوشیما در پی وقوع زمین‌لرزه و سونامی دچار نقص فنی در سیستم خنک‌کننده شد. در زمان وقوع زلزله، رآکتور ۴، خالی از سوخت بود و رآکتورهای ۵ و ۶ خاموش و کاملاً سرد بودند. سایر رآکتورها، با وقوع زلزله به‌طور خودکار خاموش شدند و ژنراتورهای اضطراری برای فعال نمودن پمپ‌های آب و خنک کردن رآکتورها روشن شدند. محوطه نیروگاه با موج‌شکنی،که برای مقابله با امواج سونامی تا ارتفاع ۵/۷ متری کفایت می‌کرد، محافظت می‌شد؛ ولی در برابر امواج ۱۴متری که ۱۵ دقیقه بعد از زلزله آغاز شدند، بی‌استفاده بودند. در نتیجه محوطه نیروگاه کاملاً در آب غرق شد و ژنراتورها که در ارتفاعی پایین‌تر از سطح دریا قرار داشتند و تابلوهای برق در طبقه پایین رآکتورها واقع شده بودند، همگی به زیر آب رفتند. ارتباط با شبکه برق قطع و در نتیجه با از کار افتادن پمپ‌ها، کار خنک کردن رآکتورها متوقف شد. سپس دمای رآکتورها از حد مجاز بالاتر رفت. این در حالی بود که سیل و زلزله امکان کمک‌رسانی را تقریباً غیرممکن کرده بود. از این سانحه به‌عنوان بزرگ‌ترین فاجعه هسته‌ای پس از رویداد "چرنوبیل" یاد می‌شود. ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری نیروگاه، تخلیه و مردم ساکن در منطقه به محل دیگری انتقال داده شدند. مهندسان روزها در مقابل تشعشعات هسته‌ای تلاش در خنک‌سازی مجدد راکتورها داشتند. پس از این حادثه فاجعه‌بار، در گام اول دولت سیاست‌هایی را در جهت بازسازی، ساخت و اسکان بازماندگان اتخاذ نمود (شکل ۴). سپس، پاک‌سازی مناطق آلوده به رادیواکتیو (مناطق نزدیک به نیروگاه هسته‌ای) را در اولویت کار خود قرار داد. گام‌های بعدی دولت، بررسی زلزله و سونامی به‌عنوان درسی برای مقابله با فاجعه، کنترل و کاهش آن بود. در طول سال‌های بازسازی، دولت گروهی را بر نظارت روند پیشرفت کار و پاسخگویی به سوالات مردم تعیین نمود تا مانع از ایجاد مسائل روانی پس از حادثه شود (Inokuma و Nagayama، ۲۰۱۳). چنین زمین‌لرزه‌ای با بزرگی ۹ ریشتر در شمال شرق ژاپن از سوی زلزله‌شناسان غیرقابل انتظار بود و این زمین‌لرزه هشدار مهمی برای زلزله‌شناسان در سراسر جهان است تا در روش‌های قدیمی و برآوردهای معمول با استفاده از داده‌های موجود برای تخمین بزرگترین زمین‌لرزه محتمل، تجدیدنظر کنند. چنین فاجعه‌ای ناشی از سهل‌انگاری و عدم تخمین رخداد هم‌زمان زلزله و سونامی بوده و تبعات بسیاری برای مردم و مسئولین داشته است اما نکته اخلاقی مساله، تلاش‌های دولت و مردم در کنترل فاجعه، بازسازی، نظارت، پاسخگویی به مردم و انتشار علت رخداد فاجعه ضمن اجتناب از اثرات روانی موضوع و تلاش در افزایش آگاهی مردم از چنین رخدادهایی بوده است.

شکل ۴- عکس‌های بالاپس از رخداد زلزله و سونامی در فوکوشیما و عکس‌های پایین پس از انجام پاک‌سازی و بازسازی خرابی‌ها

• خشک شدن تدریجی دریاچه ارومیه

دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران، دومین دریاچه بزرگ آب شور دنیا بوده که آب ۱۷ رودخانه دائمی و ۱۲ رودخانه فصلی به آن می‌ریزد(Shadkam و همکاران، ۲۰۱۶) در سال‌های اخیر، ساخت ۴۴ سد، حفر چاه‌های غیر مجاز در اطراف دریاچه و برداشت‌های بی‌رویه جهت توسعه کشاورزی در منطقه (برهم خوردن تعادل دینامیکی آب شور و شیرین) و توسعه ناپایدار در حوضه دریاچه و همچنین ساخت پل میان گذر روی دریاچه با بیش از ۷۰ درصد خاکریزی (استفاده از سنگ معدنی آندزیت کوه زنبیل)، منجر به افت شدید سطح آب از سال ۱۹۹۵ تاکنون شده است (Ghalibafan و Moussavi، ۲۰۱۴؛ Perry و همکاران، ۲۰۱۷) (شکل ۵). تغییر در اقلیم و اکوسیستم منطقه با ساخت سدها و پل بر روی دریاچه، مشکلات جدی در کشاورزی، محیط‌زیست، اقتصاد و تهدید سلامت و سکونت مردم پیش‌رو خواهد بود که مشابه فاجعه‌ای است که در دریاچه آرال در اوراسیا رخ داد (Whish-Wilson، ۲۰۰۲؛ Micklin، ۲۰۰۷؛ UNEP، ۲۰۱۲؛ و همکاران، ۲۰۱۳؛ Fathian و همکاران، ۲۰۱۴؛ O'Reilly و همکاران، ۲۰۱۵؛ Shadkam و همکاران، ۲۰۱۶). در این سال‌ها کمیته‌های مدیریت بحران تشکیل و راهکارهایی در جهت نجات دریاچه و منطقه آذربایجان شده است که نیازمند مدیریت یکپارچه و طولانی‌مدت در اجرای آن و تعهد و دلسوزی مهندسان، کارفرمایان، نهادهای دولتی و غیردولتی و سازمان‌های حمایت از محیط‌زیست است. علت بروز این مساله موارد ذیل می‌باشد:

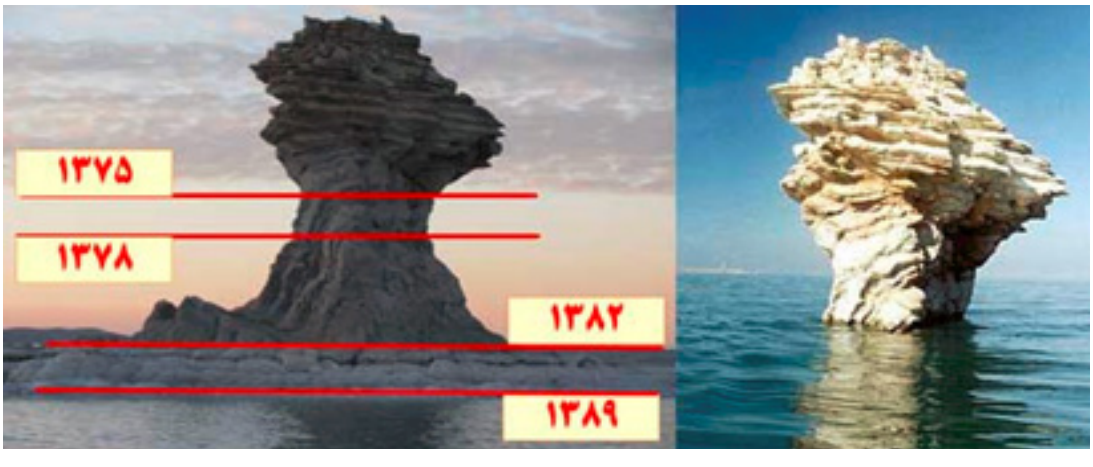
نخست: غفلت و ناآگاهی مدیران و متخصصان آب در سال‌های کاهش تدریجی افت آب.

دوم: عدم رعایت انصاف و مسئولیت‌پذیری نسبت به توسعه پایدار و ادامه حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق و توسعه آبیاری تحت‌فشار و کشت محصولاتی با نیاز آبی بالا بدون توجه به اقلیم منطقه و نیاز زیستی مردم در سال‌های کاهش سطح دریاچه.

سوم: ناآگاهی، بی توجهی و عدم دلسوزی مردم نسبت به آب و خاک سرزمین خود.

چهارم: عدم مدیریت مناسب بحران پس از تشکیل کمیته‌های بحران، چنانچه تلاش در تامین آب موردنیاز از منابع مختلف برای احیای دریاچه چندان موفق نبود و این ناشی از عدم کاهش برداشت پایدار آب بود.

پنجم: عدم پیگیری بحران کنونی بنابر مشکلات اقتصادی و سیاسی جامعه که غفلت‌زدگی مردم و دولت را به‌همراه داشته است.



شکل ۵- کاهش سطح آب دریاچه ارومیه در سال‌های مختلف

• افت شدید آب زیرزمینی کشور

میانگین درازمدت بارش سالانه ایران ۲۵۰میلی‌متر (حدود یک سوم میانگین جهانی) است، در برخی مناطق کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر بوده و ۷۵٪ بارش در ۲۵٪ مناطق کشور صورت می‌گیرد. ۶۵٪ مناطق ایران خشک، ۲۰٪ نیمه‌خشک و سایر نقاط دارای آب‌وهوای معتدل و نیمه‌معتدل است. باتوجه‌به اقلیم منطقه، ایران به‌عنوان یکی از بزرگترین مصرف‌کننده‌های آب‌زیرزمینی در جهان شناخته شده است (Gleeson و همکاران، ۲۰۱۲؛ Döll و همکاران، ۲۰۱۴). دولت با تعیین سوبسیدانس مصرف آب و انرژی، سعی در کاهش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی داشته ولی هیچ محدودیتی برای کشاورزان در برداشت آب تعیین نشده است. کشاورزان با افت آب در چاه اقدام به حفر عمیق‌تر چاه کرده و پمپ‌های بزرگتری برای برداشت آب نصب می‌کنند (Foltz، ۲۰۰۲). در برخی از مناطق کشور، وضعیت آب‌های زیرزمینی بسیار بحرانی گزارش شده است (Hojjati و Boustani، ۲۰۱۰؛ Bagheri و Hosseini، ۲۰۱۱؛ Izady و همکاران ، ۲۰۱۲) درنتیجه، افت شدید آب زیرزمینی منجر به از بین رفتن نظام قنات (برداشت پایدار) شده است.

کاهش شدید سطح آب زیرزمینی، منجر به فرونشست زمین در برخی از دشت‌های کشور شده است. با فرونشست سالانه ۳۶ سانتی‌متر، دشت تهران دارای بیشترین فرونشست‌ها در جهان است (Mousavi و همکاران، ۲۰۰۱؛ Motagh و همکاران، ۲۰۰۷؛ Dehghani و همکاران، ۲۰۱۳). افزایش شدید جمعیت از سال ۱۳۶۰، کشاورزی نامناسب، عدم مدیریت و تلاش در افزایش سرعت پیشرفت کشور از جمله عوامل تشدید بحران آب در کشور است. خشکسالی، تغییر اقلیم و تحریم‌ها عوامل مهمی در به‌وجود آمدن بحران بوده اما مساله اصلی عدم مدیریت صحیح می‌باشد که روزبه‌روز معضلات بیشتری را به‌وجود آورده است (Maddani، ۲۰۱۴). به‌علاوه، در نظر گرفتن هم‌زمان ارزش‌های اخلاقی، کارایی، انصاف و حفاظت و پایداری می‌توانست پایه و اساسی قوی برای مجموعه‌ای از اصول اخلاقی فراهم آورد تا بتواند به‌صورت قاعده‌مند و نظام‌مندی مدیریت آب را هدایت و رهبری کرد. در خصوص پیداش و ادامه بحران، کلیه متخصصان آب، مدیران و مردم و کسانی که می‌توانستند کاری انجام دهند اما غفلت، کوتاهی و چشم‌پوشی کرده‌اند، مقصر اصلب هستند. البته کسانی که سکان هدایت را برعهده داشته‌اند (وزارت نیرو و مدیران) بیشترین سهم از این خطا را دارند و مسئولیت‌ناپذیری و بی‌اخلاقی، بحران کنونی را رقم زده‌اند.

• آبیاری تحت‌فشار

رقابت بر سر آب و مصرف ناپایدار آب یکی از مسائل مهم در جهان و به‌ویژه در کشورهایی با آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک بوده است. راه‌حل آن کاهش مصرف آب، استفاده مجدد از فاضلاب و افزایش بهره‌وری از آب می‌باشد. در نگاه کوتاه‌مدت، آبیاری تحت‌فشار (آبیاری مدرن) با افزایش راندمان مصرف آب، روشی مناسب در مقابله با کم‌آبی است. تا مدت‌ها سازمان‌هایی مانند فائو با حمایت از کشورهای در حال توسعه و سرمایه‌گذاری در توسعه آبیاری تحت‌فشار تلاش در کاهش مصرف آب را داشته‌اند، درحالی‌که طبق مطالعات انجام شده توسط FAO (Perry و همکاران، ۲۰۱۷)، آبیاری تحت‌فشار عامل مهمی در خشک شدن رودها، دریاچه‌ها، آبخوان‌ها و تالاب‌ها بوده است. در آبیاری سطحی بخشی قابل ملاحظه‌ای از آب به‌صورت نفوذ عمقی وارد آبخوان و یا رودخانه می‌شود، درحالی‌که در آبیاری مدرن (بدون نفوذ عمقی آب به آبخوان و راندمان بالای آبیاری) کشاورز بدون توجه به کم‌آبی با دسترسی به آب بیشتر، زمین‌های زیر کشت را افزایش می‌دهد و یا اینکه دولت از این مقدار آب در صنعت و سایر بخش‌ها استفاده می‌نماید. مشکل زمانی بُروز پیدا می‌کند که یا دریاچه‌ای خشک شده باشد و یا آبخوان در وضعیت بحرانی باشد. طبق مطالعات انجام شده توسط فائو مهمترین فاکتور در برداشت پایدار تعیین میزان برداشت آب[5] با لحاظ بیلان آبی (منابع، مصارف، جریان‌های برگشتی، تغییر در میزان ذخیره و ...) بوده که لازم است در مدیریت منابع آبی با رویکرد توسعه پایدار لحاظ شود (Perry و همکاران، ۲۰۱۷). تا زمانی‌که مسائل و مشکلات آبیاری تحت‌فشار نمایان نبود، مسئولیتی متوجه کسی نبود اما پس از مشخص شدن خسارات این روش آبیاری به منابع آبی، ادامه و چشم‌پوشی از مضرات آن بی‌اخلاقی تلقی می‌شود..

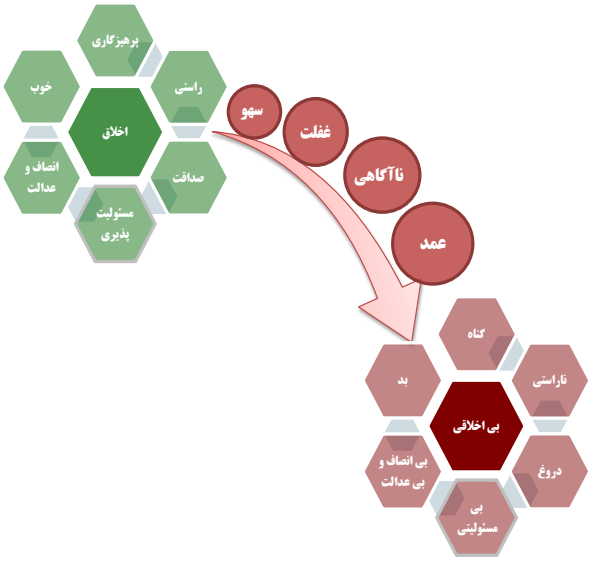
جایگاه اخلاق در مهندسی

حرفه و تخصص مهندسی حرفه‌ای ارزشمند و با جایگاه بالا است که می‌تواند با تصمیم‌گیری‌ها و اقدامات سازنده گام بزرگی در ارتقا جامعه داشته باشد، و با تامین رفاه شهروندان، حفظ محیط‌زیست، ایجاد اعتماد در جامعه پیشرفت‌های بزرگی را به ارمغان بیاورد. اما نکته مهم مسئولیت و تعهد مهندسان نسبت به عواقب کارهایی هست که انجام می‌دهند. درواقع، پیکره جامعه پویا عبارت است از حضور فعال مهندسان شایسته و با تعهد که همواره برای حل مشکلات تلاش می‌کنند و ضمن پذیرش مسئولیت خود در قبال خطاها و سهل‌انگاری‌ها، می‌آموزند که با انتشار آن در قالب "درس‌هایی در مقابل خطاها" مانع از بروز مجدد آن گشته و راه را برای مهندسان، دانشجویان و نسل‌های آتی هموارتر می‌سازند.

نتیجه‌گیری

در شکل (۶) ملاحظه می‌شود مرز بین اخلاق و بی‌اخلاقی شامل سهو، غفلت، ناآگاهی و عمد می‌باشد که مراتب افول از اخلاق می‌باشد. به‌عنوان‌مثال، کاربرد تکنولوژی آبیاری تحت‌فشار، تئوری‌های فلاسفه، رفتارهای عرف و آداب و رسوم که تا زمانی اخلاقی تلقی می‌شد و بعدها نادرستی آن اثبات شد، مثال‌هایی از خطاهای سهوی و کاملا غیرعمد می‌باشد. این خطاها به دلیل کوتاهی و یا بی‌اخلاقی نبوده اما همچنان شخص خاطی، خطاکار بوده و لازم است نسبت به رفع مشکل به‌وجود آمده و یا رفتار درست اقدام نماید. در خصوص مسائل آبی کشور می‌توان غفلت‌زدگی مدیران و مسئولان را عنوان نمود که ناآگاهی مردم و متخصصان و یا حتی چشم‌پوشی از روی عمد به مشکلات و بحران‌های کشور دامن زده است. این موارد مثال‌هایی از رفتارهای نادرستی می‌باشد که با نادیده گرفتن و استمرار، خود زمینه پیدایش بی‌اخلاقی را فراهم می‌آورند. بنابراین، باتوجه‌به مطالعات انجام

شده در زمینه اخلاق، برای نهادینه کردن رفتارهای اخلاقی در هر نسلی لازم است آموزش‌های اخلاقی در هر مقطعی با مباحث مختلف مطرح و تکرار شود تا این ویژگی‌ها به نسل‌های آتی انتقال یابند. آموزش اخلاق مهندسی در دانشگاه‌ها همراه با مشارکت دانشجویان، علاوه‌بر ارتقاء شخصیت اخلاقی دانشجویان منجر به افزایش حس مسئولیت، افزایش تعهد نسبت به تخصص و حرفه، افزایش درک مهندس نسبت به مشکلات موجود و تلاش در جهت رفع آن و یا عدم تکرار خطا و ارائه راه‌حل‌های بهتر خواهد شد. یک مهندس در نگاه اول شهروندی است که با کسب تخصص در حرفه خود، در ایجاد رفاه برای هم‌وطنان، حفظ محیط‌زیست و ایجاد جامعه‌ای پویا برای نسل‌های آتی تلاش می‌نماید.



شکل ۶- فلوچارت مرز بین اخلاق و بی‌اخلاقی

باتوجه‌به اینکه اخلاق مهندسی در حوزه رعایت مسائل اخلاقی و انسانی در ساخت‌وسازها و طرح‌های مهندسی می‌باشد، بایدراهکارهایی ارائه شود که در آن ضمن نظارت بر مهندسان در طراحی و اجرای طرح‌ها و رعایت کلیه موارد علمی و فنی، نتایج طرح‌ها و ساخت‌وسازها در حین بهره‌برداری و استفاده پایش شده و نتایج کار کلیه شرکت‌ها و اشخاص فنی و مهندسی شفاف بوده و آن‌ها پاسخگو باشند، به‌این‌ترتیب همواره رعایت و لحاظ اخلاق در کارهای مهندسی سرلوحه و جز جدایی ناپذیر کار مهندسان و متخصصان شود.

پیشنهادات

در پی مطالعات انجام شده توسط پژوهشگران این مقاله، پیشنهادهایی در خصوص رعایت مسائل اخلاقی در جامعه طرح شده است که شامل موارد ذیل می‌باشد:

۱-تدوین آیین‌نامه اخلاقی در هر رشته با اولویت استفاده از آموزه‌های فرهنگی کشور (به‌عنوان نمونه منشور کوروش، شاهنامه، ...).

۲- ایجاد آیین‌نامه‌های پویا در هر حوزه مورد بررسی؛ زیرا هر نسلی باید در مورد سرنوشتش تصمیم‌گیری نماید. همچنین، برخی مسائل رفتاری به مرور زمان تغییر کرده و به شکل دیگری مطرح می‌شود.

۳- استفاده از تجربیات پژوهشگران و اساتید مدرس اخلاق در زمینه مهندسی و فنی.

۴- راستگویی در مقابل مردم و انتشار خطاها و اشتباهات در رویدادها با عنوان "درس‌هایی که از مخاطرات" می‌آموزیم.

۵- آموزش اخلاق همراه با مشارکت دانش‌آموزان و دانشجویان.

پی‌نوشت

1- Ethics
2- Engineering ethics
3- Microethics
4- Macroethics
5- Water accounting

منابع

جودکی، و. و اجل لوئیان، ر. ۱۳۹۵. اخلاق مهندسی در پروژه‌های عمرانی. فصلنامه اخلاق در علوم و فنّاوری، ۱۱(۳): ۲۹-۳۸.

صدرآرا، ر. ۱۳۸۲. ترجمه دایرةالمعارف فلسفه راتلج. کتاب ماه کلیات، ۱-۲: ۱-۱۴۴.

فرهود، د. ۱۳۸۶. مروری بر تاریخچه اخلاق همراه با گردآوری زمینه‌های گوناگون اخلاق. فصلنامه اخلاق در علوم و فناوری، ۲(۱):۱-۶.

Abaté C. 2011. Should Engineering Ethics Be Taught? Science and Engineering Ethics, 17(3): 583-596.

American Institute of Chemical Engineers (AIChE). 1915. Code of Ethics. Available at: https://www.aiche.org/about/code-ethics

American Institute of Electrical Engineering (AIEE). 1906. Code of Ethics. Available at: https://ewh.ieee.org/cmte/pa/Status/Ethics.html

American Society of Civil Engineering (ASCE). 1915.

Eicker A. 2014. Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites. Journal of Water Resources Research, 50: 5698-5720.

Fathian F., Morid S. and Kahya E. 2015. Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran. Theoretical and Applied Climatology, 119(3-4): 443-464.

Florman S.C. 1996. The Introspective Engineer, New York: St. Martin's Griffin.

Foltz R. 2002. Iran's Water Crisis: Cultural, Political, and Ethical Dimensions. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 15(4): 357-380.

Ghalibafan M.B. and Moussavi Z. 2014. Development and Enviroment in Urmia Lake of Iran. European Journal of Sustainable Development, 3(3): 219-226.

Gleeson T., Wada Y., F.P. Bierkens M. and P.H. van Beek L. 2012. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. Journal of Nature, 488: 197-200.

Herkert J.R. 2003. Professional societies, microethics, and macroethics: Product liability as an ethical issue in engineering design. International Journal of Engineering Education, 19(1): 163-167.

Hojjati M.H. and Boustani F. 2010. An assessment of groundwater crisis in Iran, case study: Fars province World Academy of Science. Eng. Technol., 4: 427–431.

Hoke T. 2012. A Question of Ethics: The Importance of Understanding Engineering Ethics. Civil Engineering Magazine Archive, 82(5): 40-41.

https://www.rep.routledge.com/articles/thematic/professional-ethics/v-1.

Inokuma A. and Nagayama D. 2013. The 2011 Great East Japan earthquake, tsunami and nuclear disaster. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering, 166(CE4): 170-177.

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). 1884. Code of Ethics. Available at: https://www.ieee.org/about/corporate/governance/p7-8.html

Izady A., Davary K., Alizadeh A., Ghahraman B., Sadeghi M. and Moghaddamnia A. 2012. Application of Code of Ethics. Available at: https://www.asce.org/code-of-ethics/

American Society of Mechanical Engineering (ASME). 1984. Code of Ethics. Available at: https://community.asme.org/colorado_section/w/wiki/8080.code-of-ethics.aspx

Bagheri A. and Hosseini S.A. 2011. A system dynamics approach to assess water resources development scheme in the Mashhad plain, Iran, versus sustainability. Proceedings of the 4th International Perspective on Water Resources & the Environment (IPWE), January 2011, Singapore.Bauer C. and Adams V.D. 2005. Who Wants to Be An Ethical Engineer? 35th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Indianapolis, USA.

Buckeridge J. 2011. Do engineers still move mountains? A "new world" appraisal in light of ethics, engineering, economics and the environment. Australasian Association for Engineering Education Conference 2011: Developing engineers for social justice: Community involvement, ethics & sustainability 5-7 December 2011, Fremantle, Western Australia.7-12.

Cruz J.A., Frey W.J. and Sanchez H.D. 2004. Ethics bowl in engineering ethics at the university of Puerto-Rico –Mayaguez, Teaching ethics, 4(2): 15-31.

Davis M. 1993. Ethics across the curriculum: Teaching professional responsibility in technical courses. Teaching Philosophy, 16: 205–235.

Davis M. 2006. Teaching ethics across the engineering curriculum. In Online Ethics Center for Engineering, National Academy of Engineering. http://www.onlineethics.org/CMS/edu/instructessays/curriculum.aspx.

Dehghani M., Valadan Zoej M.J., Hooper A., Hanssen R.F., Entezam I. and Saatchi S. 2013. Hybrid conventional and persistent scatterer SAR interferometry for land subsidence monitoring in the Tehran Basin, Iran. ISPRS J Photogramm Remote Sens, 79: 157–170.

Delju A., Ceylan A., Piguet E. and Rebetez M. 2013. Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin, Iran. Theor. Appl. Climatol., 111(1–2): 285–296.

Döll P., Müller Schmied H., Schuh C., Portmann, F. T.and

resources management in the Near East and North Africa. Food and AGgriculture Organization of the United Nations Cairo.

Roddis W.M.K. 1993. Structural failures and engineering ethics, J. Structural Engineering, 119: 1539-1555.

Self D.J. and Ellison E.M. 1998. Teaching engineering ethics: assessment of its influence on moral reasoning skills. Journal of Engineering Education, 87(1): 29-34.

Shadkam S., Ludwiga F., Vliet M.T.H., Pastor A. and Kabat P. 2016. Preserving the world second largest hypersaline lake under future irrigation and climate change. Science of the Total Environment, 559: 317-325.

Sindelar M., Shuman L. and Wolfe H. 2003. Assessing engineering students' abilities to resolve ethical dilemmas. 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference at Westminster, CO, USA, 25-31.

Stappenbelt B. 2013. Ethics in engineering: student perception identity development. Journal of Technology and Science Education, 3(1): 3.

Steneck N. 1999. Designing Teaching and Assessment Tools for an Integrated Engineering Ethics Curriculum. 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference at San Juan, Puerto Rico, USA, USA, 2: 12-17.

UNEP. 2012. The drying of Iran's Lake Urmia and its environmental consequences. Tech. rep. United Nations Environment Programme (UNEP) Global Environmental Alert Service (GEAS).

UNSCEAR. 2008 a. Possible genetic effects from the Chernobyl accident. 2,. 1-219. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.

UNSCEAR. 2008 b. Health effects due to radiation from the Chernobyl accident. Draft report A/AC.82/R.673,. 1-220. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.

Vanderburg H. 1995. Preventive engineering: strategy for dealing with negative social and environmental implications of technology, J. Professional Issues in Engineering Education and Practice, 121: 155-160.

Whish-Wilson P. 2002. The Aral Sea environmental health crisis. J. Rural Remote Environ. Health, 1(2): 29–34.

"panel-data" modeling to predict groundwater levels in the Neishaboor Plain, Iran. Hydrogeol Journal, 20: 435–447.

Lee E.A., Grohman M., Gans N.R., Tacca M. and Brown M.J. 2017. The Roles of Implicit Understanding of Engineering Ethics in Student Teams' Discussion. Science and Engineering Ethics, 23(6):1755–1774.

Loui M. C. 2005. Ethics and the Development of Professional Identities of Engineering Students. Journal of Engineering Education, 94(4): 383-390.

Lynch W. 1997. Teaching Engineering Ethics in the United States. IEEE Technology and Society Magazine, 16(4): 27-36.

Maddani K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. Journal of Environmental Studies and Sciences, 4(4): 315–328.

Mclean G. F. 1993. Integrating ethics and design, IEEE Technology and Society, 12(3):19-30.

Micklin P. 2007. The Aral Sea disaster. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 35: 47–72.

Motagh M., Djamour Y.,Walter T.R.,Wetzel H.U., Zschau J. and Arabi S. 2007. Land subsidence in Mashhad Valley, northeast Iran: results from InSAR, levelling and GPS. Geophys J Int, 168: 518–526.

Mousavi S.M., Shamsai A., Naggar M.H.E. and Khamehchian M. 2001. A GPS based monitoring program of land subsidence due to groundwater withdrawal in Iran. Can J Civ Eng., 28: 452–464.

National Society of Professional Engineering (NSPE). 1947. https://www.nspe.org/resources/ethics/code-ethics.

O'Reilly C.M., Sharma S., Gray D.K., Hampton S.E., Read J.S., Rowley R.J., Schneider P., Lenters J.D., McIntyre P.B. and Kraemer B.M. 2015. Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe. Geophys. Res. Lett., 42(10):773–10,781.

Pearson C. and Delatte N. 2006. Collapse of the Quebec Bridge, 1907. ASCE J. of Journal of Performance of Constructed Facilities, 20(1): 84-91.

Perry C., Steduto P. and Karajeh F. 2017. Does improved irrigation technology SAVE WATER? Discussion paper on irrigation and sustainable water