مدیریت تطبیقی سیلاب

مطالعه موردی: آبگیری زودهنگام سد کرخه در سال ۱۳۷۷

کامران امامی[۱]، سعید پورشهیدی [۲]

[۱]. دکتری عمران – مهندسان مشاور کُریت کارآ

[۲]. کارشناس ارشد سازه‌های آبی – مهندسان مشاور کُریت کارآ

kkemami@gmail.com

چکیده

تا سال ۱۹۲۷ سیاست رسته مهندسی ارتش آمریکا برای کنترل سیلاب "فقط سیل‌بند" بود. پس از سیلاب بزرگ ۱۹۲۷ استفاده از سدها نیز در دستور کار قرار گرفت. در دهه ۱۹۶۰ در دیدگاه حاکم بر کنترل سیلاب، محوریت با روش‌های سازه‌ای بود و روش‌های غیرسازه‌ای به عنوان مکمل‌های کم هزینه سازه‌ها مطرح می‌گردیدند. در نیم قرن اخیر بر اساس تجارب جهانی این دیدگاه دچار تغییرات شدیدی شده است:

- *ارائه فلسفه جدید ایمنی سدها در سوئیس (۱۹۸۵)*
- *ارائه کتاب راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب توسط کمیته بین‌المللی آبیاری زهکشی (۱۹۹۹)*
- *ارائه بولتن کاهش ریسک سدها به وسیله روش‌های غیرسازه‌ای توسط کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ (۲۰۰۱)*
- *برگزاری سمپوزیم روش‌های غیرسازه‌ای برای معضلات آب توسط یونسکو (۲۰۰۱)*
- *ارائه کتاب راهنمای مدیریت تطبیقی برای برنامه‌ریزی منابع آب توسط رسته‌ی مهندسی ارتش آمریکا (۲۰۰٤)*
- *تشکیل کارگروه مدیریت تطبیقی سیلاب توسط کمیته بین‌المللی آبیاری زهکشی (۲۰۱۷)*

این مقاله به ارائه راهبردهای مطرح شده در کتاب راهنمای مدیریت تطبیقی برای برنامه‌ریزی منابع آب که حاصل یک قرن تجربه‌ی رسته مهندسی ارتش آمریکا است، می‌پردازد و آبگیری زودهنگام سد کرخه در سال ۱۳۷۸به عنوان مطالعه موردی ارائه می‌شود. هم‌افزایی روش‌های مختلف غیرسازه‌ای مانند پیش‌بینی‌های هیدرولوژیکی، خصوصیات فصلی، پیش‌بینی‌های اقلیمی، مدیریت شرایط اضطراری و نظارت پیوسته حوزه، آبگیری سد کرخه را در شرایطی که عملیات اجرایی هنوز تمام نشده بود را امکان‌پذیر کرد وحجم ذخیره سد خسارات خشکسالی سال بعد را به نحو قابل‌ملاحظه‌ای کاهش داد.

کلمات کلیدی: مدیریت تطبیقی، منابع آب، عدم قطعیت، روش‌های غیرسازه‌ای.

Adaptive Management for Water Resources Planning
Case Study: Early Impoundment of Karkheh Dam

Kamran Emami [1], Saeed Pourshahidi [2]
[1] Ph.D of Civil engineering, Kuritkara Consulting Engineers
[2] M.Sc of Hydraulic Structures, Kuritkara Consulting Engineers

Abstract

Till 1927, the main flood policy of U.S. Army Corps of Engineers was "levees only". After the great flood of 1927, flood management by the reservoirs was also included. The concept of non-structural measures was some 50 years ago first used in the context of flood control, as a means to reduce the ever increasing damages, without unduly expanding the costly infrastructure. In that sense, NSM were perceived rather as complementary additions to the essentially structural solutions to flood control, in order to reduce costs and enhance efficiency. This concept has been changed in the last few decades by introduction of new approaches:

- *Development of the new Swiss Safety concept for dams in 1985.*
- *Publication of "Manual on non-structural approaches to flood management" by ICID in 1999.*
- *Publication of ICOLD Bulletin on ICOLD, "Non-structural risk reduction measures; Benefits and costs for Dams in 2001*
- *UNESCO (IHP-V) Workshop on "Non-structural measures for water management problems" in 2001,*
- *Publication of U.S. Army Corps of Engineers manual on "Adaptive Management for Water Resources Project Planning" in 2004.*

Now in early years of 21st century, it has become obvious, that the approach to water resources management is increasingly non-structural: structural, engineering solutions appear as indispensable complements to the essentially non-structural, integrated water resources management, of which flood damage reduction is but an integral part. This paper presents the strategies of Adaptive Water Resources management and the early impoundment of Karkheh dam is presented as a case study illustrating the synergy and effectiveness of different strategies of adaptive management. The application of adaptive management facilitated impoundment of the Karkheh reservoir with incomplete structures (embankment, spillway,…). The water stored in that winter in the reservoir proved to be very valuable during the subsequent drought in spring and summer.

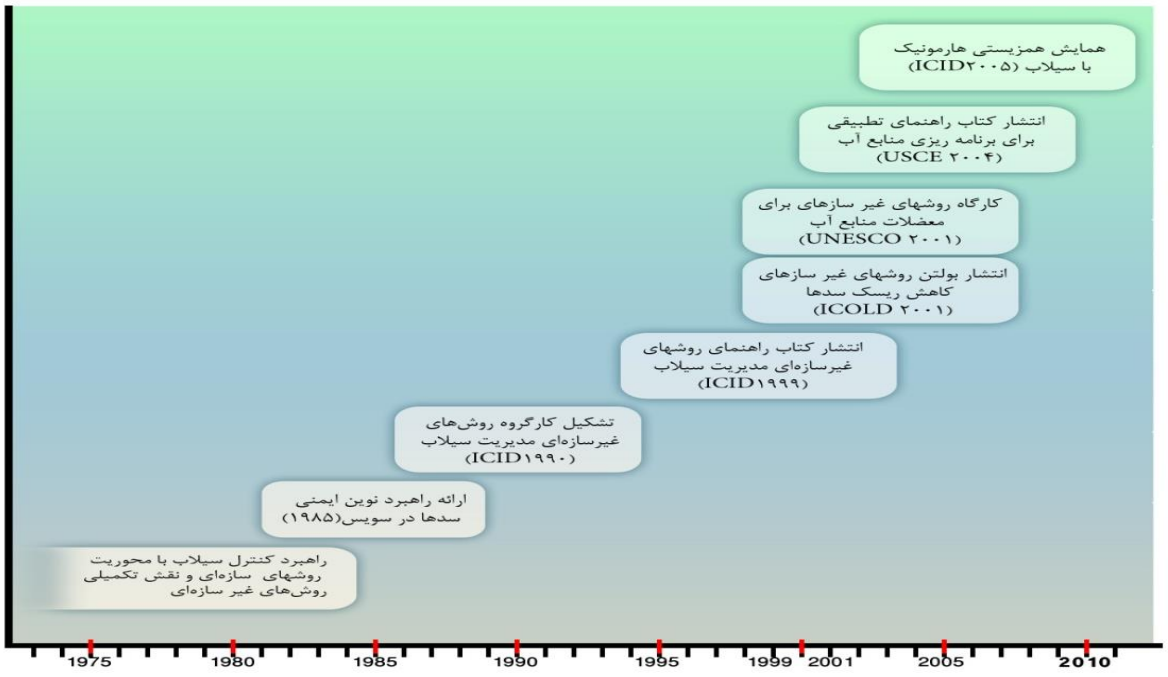
Key Words:
Adaptive Management , Uncertainties, Water Resources, Non-structural approaches

مقدمه

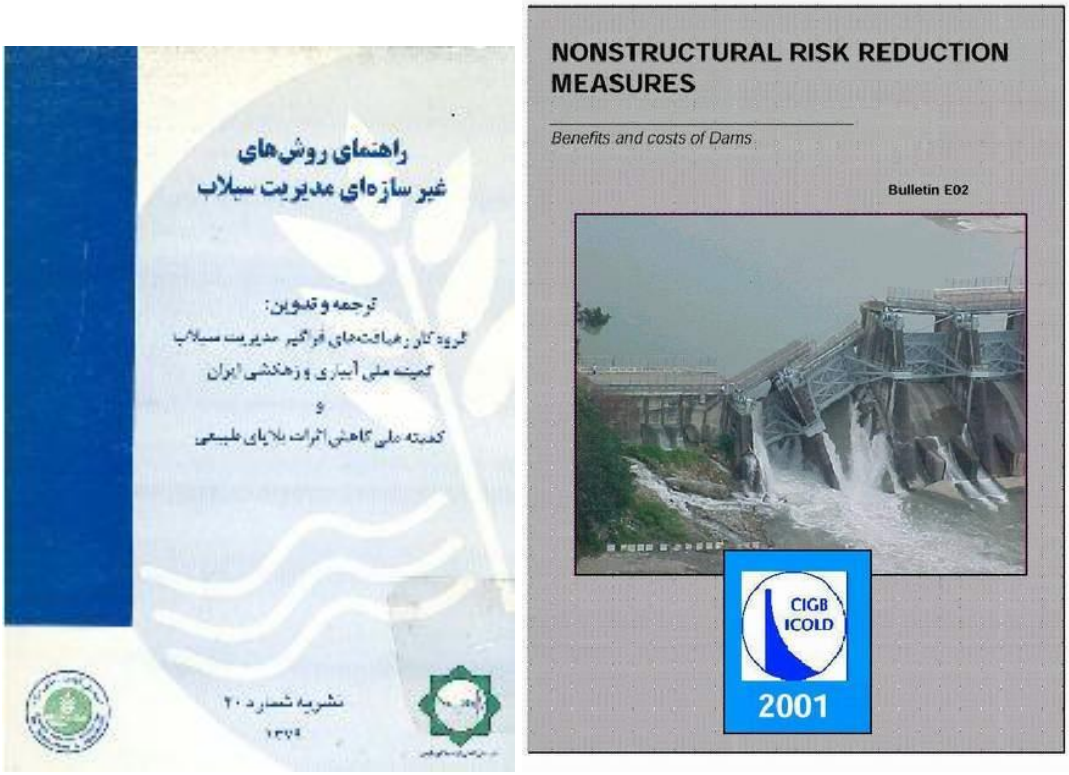
در اوایل قرن نوزدهم میلادی کنگره آمریکا از رسته مهندسی ارتش درخواست کرد تا ساماندهی آبراهه‌های این کشور را بر عهده بگیرد. از همان ابتدا، این سازمان برنامه‌ای را آغاز کرد که شکل طبیعی بستر تمام رودخانه‌ها و مناطق ساحلی در سراسر کشور را تغییر می‌داد. رسته مهندسی ارتش آمریکا در این راستا سازه‌هایی برای مدیریت سیلاب و حفاظت از سواحل و بنادر احداث کرد. غالباً نقدهایی در مورد روش‌های تحلیل و نحوه تصمیم‌گیری آنها وجود داشت، اما فعالیت‌های مهندسی و طراحی این سازمان تحت نظارت‌های بسیار، همیشه در کیفیت خوبی قرار می‌گرفت.

در دهه ۱۹۶۰ در دیدگاه حاکم بر کنترل سیلاب، محوریت با روش‌های سازه‌ای بود و روش‌های غیرسازه‌ای به عنوان مکمل‌های کم هزینه سازه‌ها مطرح می‌گردیدند. در نیم قرن اخیر بر اساس تجارب جهانی این دیدگاه دچار تغییرات شدیدی شده است:

- *ارائه فلسفه جدید ایمنی سدها در سوئیس (۱۹۸۵)* [5]
- *ارائه کتاب راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب توسط کمیته بین‌المللی آبیاری زهکشی (۱۹۹۹)* [9]
- *ارائه بولتن کاهش ریسک سدها به وسیله روش‌های غیرسازه‌ای توسط کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ (۲۰۰۱)* [11]
- *برگزاری سمپوزیم روش‌های غیرسازه‌ای برای معضلات آب توسط یونسکو (۲۰۰۱)*[19]



تکامل روش‌های غیرسازه‌ای در مهندسی آب



کتاب راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب توسط کمیته بین‌المللی آبیاری زهکشی (۱۹۹۹) و بولتن کاهش ریسک سدها به وسیله روش‌های غیرسازه‌ای توسط کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ (۲۰۰۱)

هم‌اکنون در ابتدای قرن بیست و یکم، تمامی برنامه‌های اداره مهندسی ارتش آمریکا تحت بررسی دقیق قرار گرفته است. احیا و ترمیم محیط زیست، مأموریت جدیدی است که برای این سازمان به طور گسترده‌ای تعریف شده است. در این چارچوب در سال ۲۰۰٤ این سازمان کتاب راهنمای مدیریت تطبیقی برای برنامه‌ریزی منابع آب را منتشر نمود. در شرایط موجود، مدیریت تطبیقی مفهومی است که به مدیران این امکان را می‌دهد که با افزایش دانش خود، توانایی مقابله و حتی استفاده مطلوب از اتفاقات غیر قابل پیش‌بینی را فراهم سازند.

ADAPTIVE MANAGEMENT FOR WATER RESOURCES PROJECT PLANNING

Panel on Adaptive Management for Resource Stewardship

Committee to Assess the U.S. Army Corps of Engineers Methods of Analysis and Peer Review for Water Resources Project Planning

Water Science and Technology Board

Ocean Studies Board

Division on Earth and Life Studies

NATIONAL RESEARCH COUNCIL
OF THE NATIONAL ACADEMIES

THE NATIONAL ACADEMIES PRESS
Washington, D.C.
www.nap.edu

Copyright © National Academy of Sciences. All rights reserved.

مدیریت تطبیقی برای برنامه‌ریزی منابع آب (۲۰۰٤)

مدیریت تطبیقی

مفهوم «مدیریت تطبیقی» با توجه به پتانسیل بالا در مقابله با تهدیدها و چالش‌های غیر قابل پیش‌بینی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. مدیریت تطبیقی، انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری‌ها را افزایش می‌دهد، تصمیماتی که مقابله با عدم قطعیت‌ها در فعالیت‌های مدیریتی را موجب شوند. مدیریت تطبیقی یک روش آزمون و خطا نیست، اما بر مسئله آموزش و یادگیری حین اجرا تأکید می‌کند. برای این مدیریت نهایت و سرانجامی وجود ندارد و وسیله‌ای برای تصمیم‌گیری‌های مؤثرتر و منفعت‌طلبی بیشتر است. روش مناسب در بکارگیری مدیریت تطبیقی اینست که بدانیم چگونه می‌توان در جهت بهبود شرایط زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی همچنین افزایش علم و دانش و کاهش تنش در میان ذی‌ربطان از آن استفاده بهینه کنیم [20].

اساس مدیریت تطبیقی بر رشته‌های مختلفی استوار است. اما ظهور اولیه آن در دهه ۱۹۷۰، بر دیدگاه مدیریت منابع طبیعی بود. این روش بعنوان راهی برای مقابله با عدم قطعیت و به منظور کاهش آن همچنین برای مدیریت استراتژیکی که توانایی مواجهه با عدم قطعیت را داشته باشد ارایه گردید.

دیدگاه‌ها و تعاریف مختلفی درباره مدیریت تطبیقی وجود دارد. اما عناصری که برای آن در تئوری و عمل تعریف شده‌اند عبارتند از: مدیریت اهداف که به طور مرتب ویرایش و بازبینی می‌شود، مدل یا مدل‌هایی از یک سیستم که مدیریت می‌شوند، یک سری اختیارات و انتخابات مدیریتی، پایش و ارزیابی نتایج فعالیت‌های مدیریتی، مکانیزمی جهت دخالت آموزه‌ها در تصمیم‌گیری‌های آینده و ساختاری جهت مشارکت و یادگیری ذی‌ربطان [20].

مؤلفه‌های مدیریت تطبیقی

- **ارزیابی و اجرا**

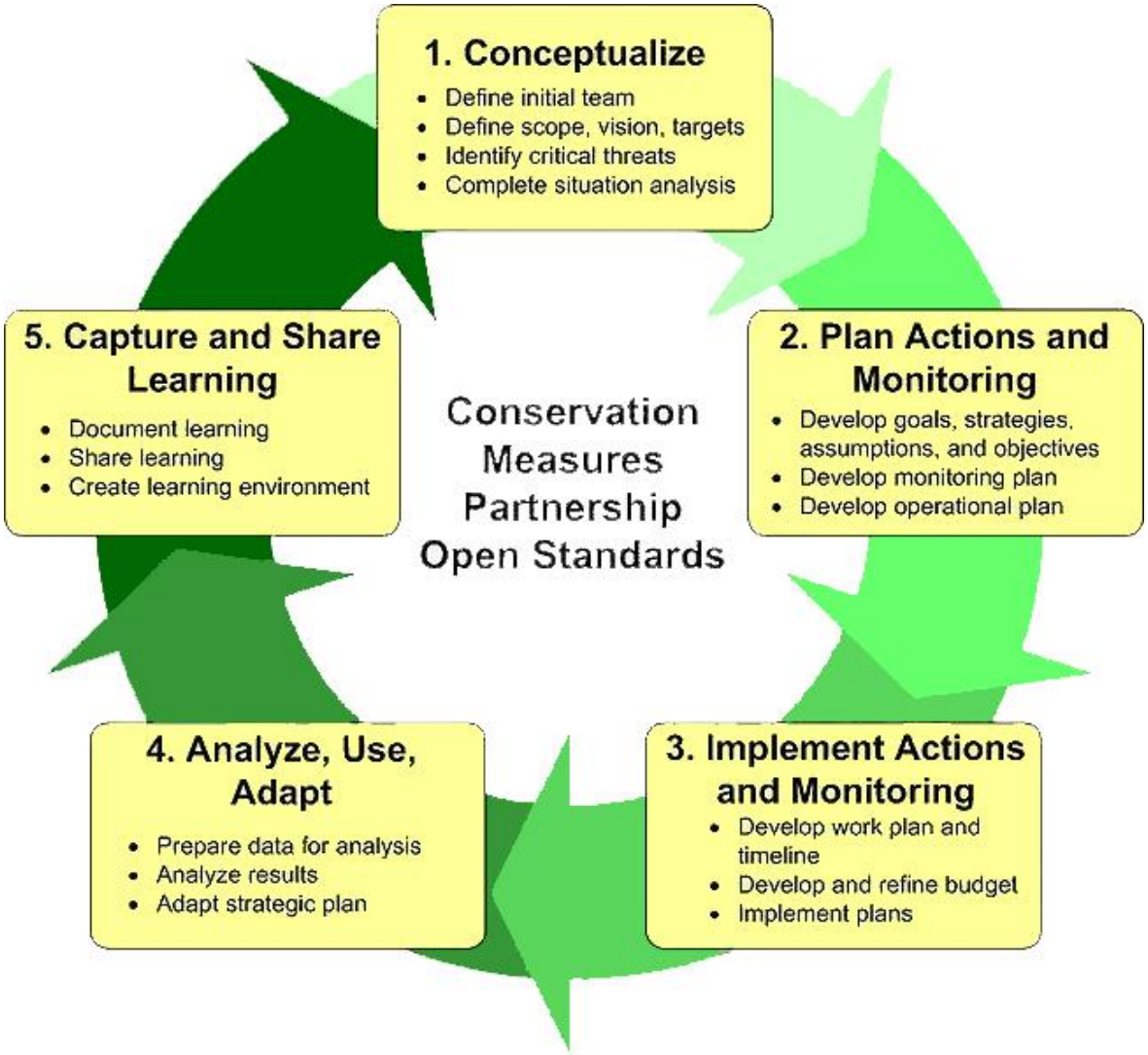
ایجاد یک برنامه و طرح کلی از عملیات اجرایی که ضروریات امروزی را برطرف سازد و بتواند با تغییرات آینده خود را مطابقت دهد، نیازمند پایش محتاطانه و با دقت اثرات و نتایج پروژه، انعطاف‌پذیری در ایجاد تغییرات، تعامل بیشتر با سایر سازمان‌ها و مردم و تأکید فزاینده بر همکاری در میان ذی‌ربطان است. پایش و ارزیابی نتایج یک پروژه، قاعده و مبنای مدیریت تطبیقی است. ارزیابی‌های بعد از مرحله ساخت، پایش‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و سایر متغیرهای مرتبط را شامل می‌شود.

- **همکاری ذی‌ربطان**

پروژه‌های بزرگ و چند منظوره ممکن است ذی‌ربطان زیادی داشته باشند که توقعات مختلف و گاه متضادی داشته باشند. اختلاف در میان ذی‌ربطان امری طبیعی و اجتناب‌ناپذیر در اکثر پروژه‌های مدیریت منابع است. هدف مدیریت تطبیقی، حذف و از بین بردن این اختلافات نیست، بلکه می‌خواهد روشی برای بحث و اظهار نظر در مورد این اختلافات ارائه دهد. مدیریت تطبیقی قصد ندارد تمامی مسائل و مشکلات را حل کند یا از تمامی مشاجرات و مناظره‌ها جلوگیری کند. اگر ذی‌ربطان تمایل به گفتگو دارند، مدیریت تطبیقی بستری برای گفتگو میان ذی‌ربطان و همچنین میان ذی‌ربطان و دانشمندان بوجود می‌آورد.

- **مشاوران و کارشناسان مستقل**

نتایج مدل‌ها و تحقیقات زیست‌محیطی و اقتصادی، همیشه توافق کامل دانشمندان را بهمراه ندارد. این ابهامات می‌تواند در چرخه مدیریت تطبیقی، یادگیری و اقدامات جدید ایجاد مشکل کند. مشاوران و کارشناسان مستقل می‌توانند نارسایی‌ها در مدل‌سازی، پایش و ارزیابی را اعلام کنند.



چرخه مدیریت تطبیقی

تئوری‌ها، محدوده کار و مهارت‌ها در مدیریت تطبیقی

پیشرفت‌های گذشته مدیریت تطبیقی بعنوان مدیریت منابع طبیعی به دهه ۱۹۷۰ و تحقیقاتی که توسط مؤسسه بین‌المللی تحلیل سیستم‌ها (IIASA) در اتریش انجام شد، باز می‌گردد. اگرچه مفاهیم قدیم مدیریت تطبیقی برای احیای اکوسیستم به اواخر دهه ۱۹۷۰ مربوط است، در دهه ۱۹۹۰ این مفاهیم تکامل یافته‌اند. در این مقطع زمانی، سیاستگذاران منابع طبیعی استفاده از مدیریت تطبیقی را پذیرفتند.

هدف‌گذاری مدیریت تطبیقی ایجاد خط‌مشی‌هایی است که به سازمان‌ها، مدیران و سایر ذی‌ربطان کمک می‌کند تا در برابر اتفاقات غیرقابل پیش‌بینی واکنش نشان دهند و یا حتی از آن بهره‌برداری مناسب نیز بکنند. بجای جستجو برای پیش‌بینی دقیق شرایط آتی، مدیریت تطبیقی موارد نامطمئن در پیش‌بینی آینده را سازماندهی می‌کند و توجه را به یک سری اتفاقات متحمل در آینده جلب می‌کند. خط‌مشی‌های مدیریتی به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که انعطاف‌پذیر باشند. در مدیریت تطبیقی، مقصود افزایش توانایی واکنش‌های بهنگام در مواجهه با اطلاعات جدید و اهداف و تمایلات متغیر

ذی‌ربطان است. این روش، ذی‌ربطان را تشویق می‌کند که مناظرات و مشاجرات را به یکدیگر نزدیک سازند و این بحث‌ها تحت یک الگوی خاص به‌گونه‌ای که عدم قطعیت‌ها بررسی شده و بهتر درک شوند، ارائه گردند.

مدیریت انعطاف‌پذیر در مهندسی سیستم‌ها

مهارت‌های طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های بزرگ و پیچیده مهندسی، از راه‌ها و روش‌های بنیادی تکامل یافته‌اند. اما قواعد سنتی در کسب مهارت غالباً در زمان حال و با توجه به دانش امروزی ناکافی می‌باشند. در دوره‌های طولانی، تکامل از سادگی به پیچیدگی است. اکثر سرمایه‌گذاری‌های عمده عمرانی به طور سنتی طراحی شده‌اند و بصورت سرمایه‌گذاری‌های منفرد برای یک هدف خاص و مجزا، براساس پیش‌بینی جداگانه از حوادث آینده و با تمرکز بر روی ساخت انجام گرفته‌اند. در جدول ۱ مهارت‌های استاندار شده برای یک نسل قبل و راه‌های تکامل این مهارت‌ها به‌طور خلاصه ارائه شده است [20].

جدول۱ : تکامل روندهای طراحی پروژه‌های آبی در اولین دهه قرن ۲۱ میلادی

عنصر طراحی	طراحی سنتی	طراحی تطبیقی
مقیاس	پروژه	سیستم پروژه‌ها
هدف	تک منظوره	چند منظوره گاهی با اهداف متضاد
ابزار	سازه‌ای	غیرسازه‌ای
تمرکز	ساخت و ساز	مدیریت دراز مدت
شناسایی ریسک	کم	گسترده

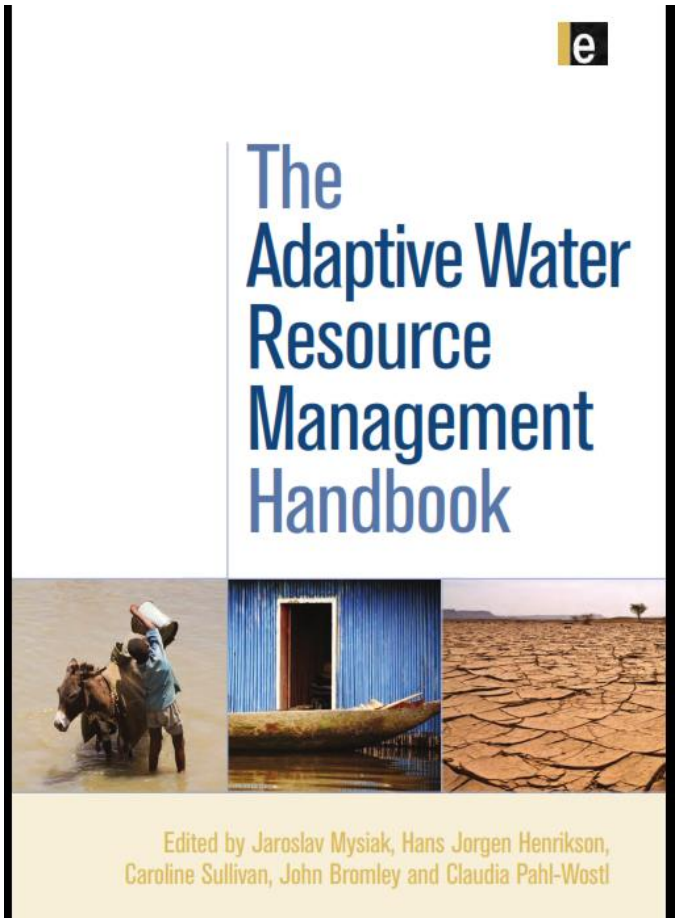
نمود مهم از مفاهیم تکامل یافته در مهارت‌های مهندسی اینست که مسیر عدم قطعیت شناسایی می‌گردد. امروزه، بطور گسترده‌ای به این نتیجه رسیده‌اند که در بسیاری از موارد، نتایج سرمایه‌گذاری‌های مهندسی عمران را نمی‌توان به‌طور دقیق پیش‌بینی کرد. پیشگامان مهندسی و سایر پروژه‌ها، مسئول مدیریت عدم قطعیت در پروژه‌ها هستند. از طرف دیگر، باید از فرصت‌های جدید برای پیشرفت در عملکرد سیستم‌های منابع آب در میان پیشرفت‌های مهندسی، علوم بیوفیزیک و علوم اجتماعی استفاده کرد و اگر هدف بهره‌برداری از فرصت‌های نو یا بیمه در مقابل نتایج بد باشد، می‌بایست قابلیت واکنش مناسب در شرایط جدید که شامل وقایع غیرقابل پیش‌بینی است، بوجود آید. انعطاف‌پذیری در طول عمر پروژه برای توسعه مؤثر و عملکرد مناسب سیستم‌های مهندسی ضروری است.

مفاهیم و مهارت‌های مدیریت تطبیقی ابداع، تفکر در زمان حال برای رفع تقاضاهای متضاد و تطابق با تمایلات و اولویت‌های اجتماعی را ارائه می‌دهد. مدیریت تطبیقی یک سری مهارت‌های مفید و همراه با جزئیات علمی و یادگیری (بطور مثال گسترش مدل‌های متناوب اکولوژیکی و مهندسی، جستجوی سناریوهای شرکا) و پروسه اجرایی (مانند ملاقات با ذی‌ربطان) را شامل می‌شود. تمرکز اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی در کمک برای مشارکت در تحقیقات علمی با تصمیمات مدیریتی و مباحثه و آموزشی ذی‌ربطان بسیار مهم است.

محورهای اصلی مدیریت تطبیقی منابع آب عبارتند از [۳]:

- پذیرش عدم قطعیت‌های جدی در پارامترهای کلیدی پروژه‌های منابع آب
- لزوم تطبیق‌پذیری با تغییرات و تبدیل تهدیدها به فرصت‌ها
- نهادینه‌شدن انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری
- پایش دقیق، فراگیر و ارزیابی پیوسته

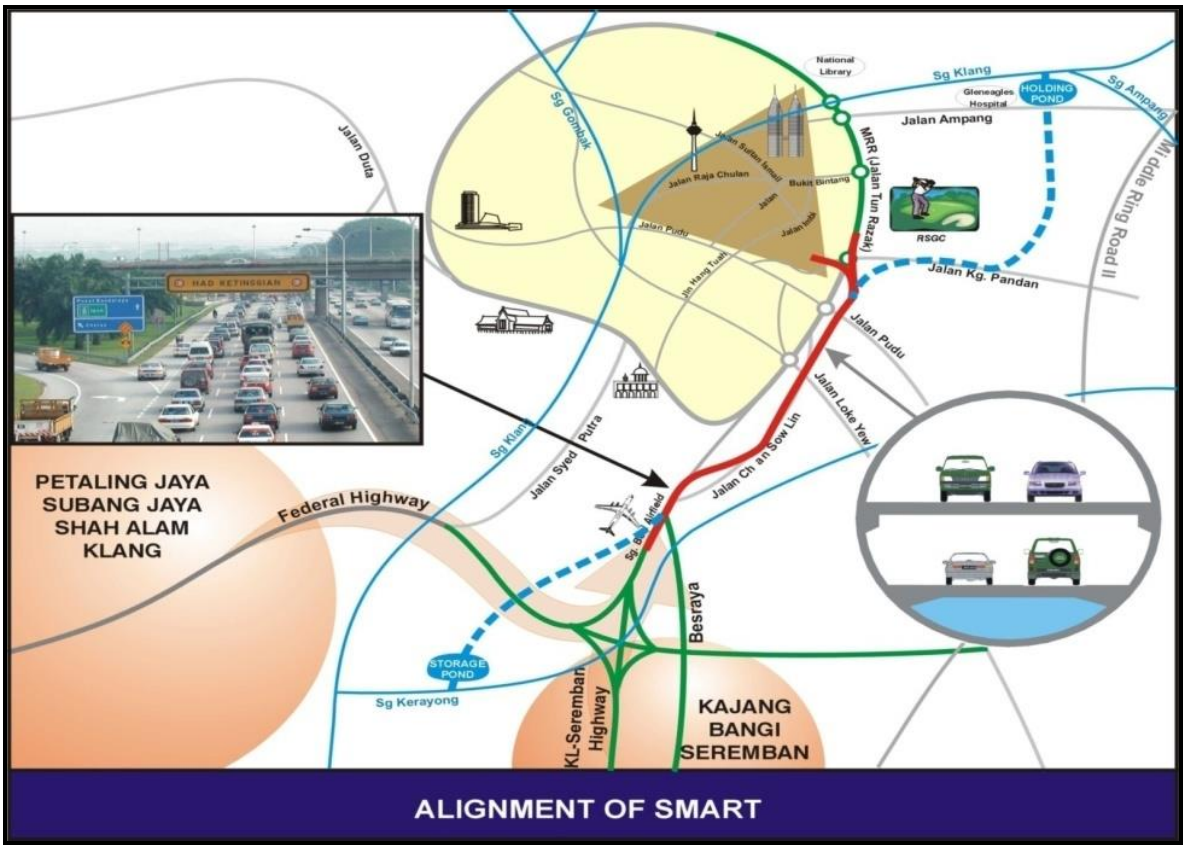
- یادگیری و اصلاح پیوسته
- استفاده از دانش جدید
- اجتناب از اشتباهات غیرقابل اصلاح
- عدم تکیه بر دیدگاه نیوتونی (قطعیت)
- تطبیق و همزیستی با محیط زیست
- افزایش قابلیت انجام واکنش به‌موقع
- به‌روز کردن اهداف



هندبوک مدیریت تطبیقی منابع آب (۲۰۱۰)

ارزیابی فواید مدیریت تطبیقی

بسیاری از منافع مدیریت تطبیقی بصورت افزایش دانش از واکنش محیط‌زیست به اقدامات مدیریتی شکل گرفته‌اند. این توسعه علمی، عدم قطعیت را کاهش می‌دهد و در نتیجه تصمیمات مدیریتی را بهبود می‌دهد. منافع تصمیمات مدیریتی در آینده مشخص می‌شوند. اندازه‌گیری و تبدیل این منافع به معیار استاندارد در تحلیل‌های اقتصادی یعنی ریال، مشکل است. ماهیت نامحسوس این منافع در مقابل هزینه‌هایی از قبیل برنامه‌های پایش اکوسیستم، کارشناسان و پشتیبانی‌های صنعتی در مدیریت تطبیقی قرار می‌گیرند.



تونل اسمارت مالزی مصداق کارآیی و اثربخشی مدیریت تطبیقی سیلاب

مطالعه موردی: آبگیری زود هنگام سد کرخه

آبگیری زود هنگام سدکرخه در بهمن ماه ۱۳۷۸ نمونه‌ای بارزی از منافع مدیریت تطبیقی منابع آب در مهندسی سد محسوب می‌شود. نکته مهم این است که ۵ سال قبل از ارائه‌ی کتاب راهنمای مدیریت تطبیقی برای برنامه‌ریزی منابع آب توسط رسته‌ی مهندسی ارتش آمریکا، اصول مدیریت تطبیقی با موفقیت در اولین آبگیری این سد به کار گرفته شد. این سد با حجم مخزن ۵/۵ میلیارد متر مکعب، بزرگترین سد ایران از نقطه نظر حجم بدنه سد و حجم مخزن محسوب می‌شود. بعلت پیچیدگی شرایط لازم برای انسداد نهایی کالورت‌ها و اصرار کارفرما برای آبگیری زود هنگام به منظور استحصال هر چه سریعتر منافع پروژه، شروع آبگیری این سد در سال آبی ۷۹- ۱۳۷۸ با مشکلات مهمی مواجه بود. در این راستا با توجه به محدودیت‌های موجود، استفاده از روش‌های غیرسازه‌ای از جمله پیش‌بینی‌های هیدرولوژیکی ضروری تشخیص داده شد و مطالعات لازم از بهمن ماه ۱۳۷۷ آغاز گردید [۱]. این مطالعات از قسمت‌های مختلفی بشرح زیر تشکیل گردیده بود:

- **پیش بینی های هیدرولوژیکی**

در این راستا مدل شبکه عصبی مصنوعی بر اساس آمار ماهانه بارندگی و آورد رودخانه ایجاد گردید. مشابه دیگر مدل های هیدرولوژیکی رودخانه های ایران، نتایج این مدل از اواخر بهمن ماه قابل اتکا است.

- **خصوصیات فصلی**

استفاده از خصوصیات فصلی رودخانه کرخه نقش بسیار مهمی در عملی شدن اولین آبگیری سد کرخه در زمستان ۱۳۷۸ ایفا نمود.

- **پیش بینی های اقلیمی**

با توجه به تراز سد در حال احداث و در سرویس نبودن سرریز در پاییز ۱۳۷۸، پیش بینی آورد رودخانه در پاییز ۱۳۷۸ در رابطه با ایمنی سد مورد نیاز بود. در این راستا همانطوریکه قبلا اشاره شد، پیش بینی های هیدرولوژیکی قبل از اسفند ماه فاقد کارآیی لازم هستند و ناچار استفاده از پیش بینی های اقلیمی بوسیله (ENSO) در دستور کار قرار گرفت. به منظور بررسی ایمنی خاکریز در آبان و آذر ۱۳۷۸، پیش بینی آورد رودخانه و پتانسیل سیلاب در این ماه‌ها می‌تواند نقش بسیار مهمی را ایفا نماید. در این راستا و به منظور پیش‌بینی آورد رودخانه کرخه در آبان و آذر ۱۳۷۸ انجام موارد زیر در دستور کار قرار گرفت:

۱. مطالعه همبستگی آورد رودخانه کرخه با ENSO
۲. بررسی نتایج مدل‌های پیش بینی SST برای پاییز و زمستان ۱۳۷۸
۳. ایجاد مدل شبکه عصبی بر اساس پارامترهای ENSO
٤. بررسی نتایج مدل‌های دینامیکی

- **مطالعه همبستگی آورد رودخانه کرخه با ENSO**

برای اولین بار در تاریخ بشر، دانشمندان در تابستان ۱۹۹۷، با استفاده از پیش‌بینی‌های اقلیمی از شش ماه قبل سیلاب های بزرگی را در کالیفرنیا و فلوریدا بدرستی پیش‌بینی نمودند. در عمل بیشترین بارندگی مشاهده‌ای در طول دوره آماری (۱۲۰ سال) بوقوع پیوست وپیش‌بینی فوق و اقدامات پیشگیرانه موجب کاهش زیان‌ها و خسارات به میزان چند میلیارد دلار گردید [17]. با وجودی که مطالعات آبگیری سد کرخه کمتر از ۲ سال بعد از پیش‌بینی دانشمندان آمریکایی انجام شد، از این روش برای پیش بینی بلندمدت آورد رودخانه کرخه استفاده شد.

محور اصلی پیش بینی های اقلیمی، دمای سطح اقیاتوس آرام (SST) است. اقلیم فصل بعد وابسته به عوامل متعددی است که مهمترین آنها SST است که بر این اساس پدیده های ال نینو و لانینا تعریف می شوند. بطور کلی آورد رودخانه کرخه همبستگی بسیار خوبی با ENSO بخصوص در حالتی که پدیده ال نینو یا لانینا قوی باشد، نشان می‌دهد .

در تمامی سال‌های لانینای قوی هم در آبان و هم در آذر آورد ماهانه کمتر از متوسط دراز مدت بوده است. در ۱۰ سالی که ال نینوی ضعیف حاکم بوده است، در ۸ سال دبی آبان یا آذر یا هر دو بزرگتر از متوسط بوده و در ۷ سالی که لانینای ضعیف حاکم بوده است در ۵ سال. دبی آبان و آذر کمتر از متوسط بوده است. بدین ترتیب مشاهده می شود که در لانینا و ال نینوی ضعیف همبستگی و آورد کرخه ضعیف‌تر می‌شود با این وجود همبستگی آورد کرخه با ENSO های قوی و ضعیف به ترتیب ۱۰۰ درصد و ۷۷ درصد است و در مجموع در ۸۷ درصد موارد همبستگی مشاهده می‌شود. نتیجه این بررسی آن است که وقوع پدیده ال نینو جزء لازم برای پاییز سیلابی رودخانه کرخه است.

جدول ۲: همبستگی آورد کرخه در آبان و آذر با پدیده های ال نینو و لانینا در ٤٥ سال گذشته

پدیده حاکم	تعداد سال‌ها	آورد متوسط رودخانه کرخه در آبان و آذر
ال نینوی قوی	۷	در ۷ سال آورد بالای متوسط در آبان یا آذر یا هردو
لانینای قوی	٦	در ٦ سال آورد زیر متوسط در آبان و آذر
ال نینوی ضعیف	۱۰	در ۸ سال آورد بالای متوسط در آبان یا آذر یا هردو
لانینای ضعیف	۷	در ۵ سال آورد زیر متوسط در آبان و آذر

- **نتایج مدل شبکه عصبی براساس پارامترهای ENSO**

در سالهای اخیر مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی (ANN) بعنوان یکی از کارآترین روش‌ها برای بررسی پدیده‌های پیچیده طبیعی شناخته شده‌اند و به منظور پیش‌بینی آورد رودخانه کرخه در آبان و آذر ۱۳۷۸ یک مدل شبکه عصبی با استفاده از پارامترهای ENSO ایجاد گردید. تعداد لایه های پنهان و گره‌های لازم برای مدل بهینه با سعی و خطا بدست آمدند و آزمایش‌های متعددی برای بررسی کارآیی مدل در پیش‌بینی آوردهای مشاهده‌ای صورت گرفت. این مدل در اکثر موارد زیر متوسط یا بالای متوسط بودن آورد رودخانه کرخه را در آبان و آذر به دقت پیش‌بینی می‌نماید. با استفاده از پیش بینی‌هایی که از SST به وسیله مدل‌های مختلف انجام گرفته است، نتایج مدل شبکه عصبی آموزش دیده برای گستره نسبتا وسیعی از شرایط محتمل در پاییز ۱۳۷۸ بوضوح نشان دهنده آورد کمتر از میانگین در پاییز ۱۳۷۸ است و از این رو پیش‌بینی گردید که سیلاب‌های نادر بزرگتر از ۱۰۰ سال در پاییز ۱۳۷۸ محتمل نمی‌باشند. همچنین نتایج مدل نشان دهندهٔ همبستگی بالایی بین سال‌های ال نینو با پر آبی پاییز در رودخانه کرخه است.

نتیجه گیری

خلاصه عملکرد پیش بینی‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی در سال‌های آبی ۷۸-۱۳۷۷ و ۷۹-۱۳۷۸ در جدول ۳ آورده شده است. همانطوریکه از جدول مشخص است این مدل‌ها کارآیی خوبی از خود نشان داده‌اند و با وجودیکه خطاهایی در نتایج به چشم می‌خورد، این نتایج اتخاذ تصمیمات لازم در رابطه با آبگیری زود هنگام سد کرخه بدون آنکه سرریز در سرویس باشد و مدیریت بهینه مخزن را بعد از آبگیری امکان‌پذیر نمود، زیرا با توجه به انعطاف پذیری مدیریت مخزن، حصول موارد فوق نیاز به پیش‌بینی‌های دقیق ندارد. با توجه به نتایج این مطالعه، بنظر می‌رسد که مدیریت تطبیقی منابع آب از پتانسیل‌های بالایی برای تضمین توسعه پایدار منابع آب برخوردار بوده و افرایش منافع و ایمنی و همچنین کاهش ابعاد سازه‌های مدیریت منابع آب و در نتیجه کاهش اثرات زیست محیطی را به‌دست دهد.

جدول ۳: خلاصه عملکرد پیش بینی های هیدرولوژیکی و اقلیمی در مطالعات آبگیری سد کرخه

۲۵ اسفند ۱۳۷۷	پیش بینی هیدرولوژیکی: آورد زیر متوسط در فروردین و نامحتمل بودن وقوع سیلاب ۵۰ ساله و عدم نیاز به خاکریز حفاظتی تونل‌ها (تطبیق با مشاهدات)
۲۰ تیر ۱۳۷۸	پیش بینی اقلیمی: ادامه پدیده لانینا در پاییز ۱۳۷۸ و کاهش پتانسیل سیلاب‌های پاییزه (تطبیق با مشاهدات)
۱۵ مهر ۱۳۷۸	پیش بینی اقلیمی: ادامه پدیده لانینا در پاییز ۱۳۷۸، آورد زیر متوسط در آبان و آذر و نامحتمل بودن سیلاب‌های بزرگ پاییزه (تطبیق با مشاهدات)
۱۵ آذر ۱۳۷۸	پیش بینی اقلیمی: پایان پدیده لانینا در بهار ۱۳۷۹، آورد متوسط در زمستان ۱۳۷۸ (ادامه لانینا در بهار ۱۳۷۹ و آورد زیر متوسط در زمستان ۱۳۷۸)
۱۵بهمن ۱۳۷۸	پیش بینی هیدرولوژیکی – اقلیمی: آورد متوسط سالانه ۳۰ درصد زیر نرمال در محدوده ٤٠ درصد زیر نرمال تا نرمال (مشاهده ای ٤٥ درصد زیر نرمال)
۲۵ اسفند ۱۳۷۸	پیش بینی هیدرولوژیکی – اقلیمی: آورد متوسط سالانه ٤٠ درصد زیر نرمال در محدوده ٤٨ درصد تا ۳۲ درصد زیر نرمال (مشاهده ای ٤٥ درصد زیر نرمال)

مراجع‌ها

[۱] امامی، کامران. «کاهش ریسک سدها بوسیله روش های غیر سازه ای»، چهارمین همایش سدسازی، تهران، ۱۳۷۹.

[۲] امامی، کامران. « تراز اولیه مخزن در روند سیلاب های طراحی رودخانه های برفی»، اولین کنفرانس منابع آب ایران، تهران. ۱۳۸۳.

[۳] امامی، کامران. «طراحی تطبیقی سازه‌های هیدرولیکی»، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی، تهران، ۱۳۸٦.

[٤]امامی، کامران، «افزایش ایمنی و منافع سدها با استفاده از پیش بینی های دراز مدت آورد»، سومین کنفرانس منابع آب، تبریز، ۱۳۸۷.

[5] Biedermann R. "*Safety concept for dams: Development of the Swiss concept since 1980*", wasser energie luft, 89 Jahrgang, Heft 3-4, Baden, Switzerland, pp. 55-63, (1997).

[6] Emami, K. "*Holistic Design of Adaptive Hydraulic Structures* ", Proceeding of Question 53 in the 19th ICID Congress in Beijing, China, (2005).

[7] Emami,K., " *Holistic design of adaptive hydraulic structures* " , Ph.D. Dissertation, Sharif University of Technology, Tehran, Iran, (1998).

[8] Emami,K., *" Fuseshell : An innovation in dam safety* " , proceeding of the international symposiom on new trends and Guidelines on Dam safety, Barcelona, Spain, 17-19 June 1998, P 1437-1443.

[9] ICID, Working Group on Non-structural approaches to flood management , "*Manual on non-structural approaches to flood management*", (1999).

[10] ICOLD "*Role of Dams in Flood Mitigation - A review*", Bulletin 131. (2006).

[11] ICOLD, "*Non-structural risk reduction measures; Benefits and costs for Dams*", Bulletin E02**.** (2001)

[12] ICOLD *"Automated dam monitoring systems - Guidelines and case histories"*,Bulletin 118. (2003)

[13] Johansen, P. M., S. G. Vick, C. Rikardsen,"*Risk analysis of three Norwegian rockfill dams*, International Center for Hydropower, Hydropower 97. Trondheim, (1997).

[14] Kreuzer, H. *"The use of risk analysis to support dam safety decisions and management*" , Proc. 20th ICOLD congress, Vol.1 , Q76, General report, (2000).

[15] Martinsen, J. G., "*Dam failure warning systems*", Hydropower and Dams, May, Volume 2, Issue Three, p 38, (1995).

[16] Nebdal S.V., K. Molkersrod, and E. Toebelaa, , "*Emergency Action Planning for Major Accidents within River Basins in Norway*", ICOLD 19th Congress, Florence, Q 75, R 21, (1996).

[17] Obasi, G.O.P., "*Climate change and freshwater managemen*t" Hyropower and Dams, Issue four, P33-38, (1997).

[18] Polglase, L., "*Meadowbank dam early evacuation plan – Interim non-structural solution to low spill capacity*", Proc. 20th ICOLD congress, Vol.1 , Q76, P303-312. (2000).

[19] Simonovic, S. P., "*Non-structural measures for water management problems*", Proceedings of the International Workshop, London, Ontario, Canada, 18 – 20 October 2001, IHP-V, Technical Documents in Hydrology, No. 56, UNESCO, Paris. (2002).

[20] U.S. Army Corps of Engineers, Panel on Adaptive Management for Resource Stewardship; "*Adaptive Management for Water Resources Project Planning*"; (2004).