

ناپایداری میان گذر (بزرگراه شهید کلانتری) در اثر رسوبگذاری طبیعی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

دانشیار دانشکده عمران، دانشگاه تبریز
مریی مرکز آموزش عالی فنی تبریز

محمدعلی کی نژاد
ولی‌اله مدرسی

چکیده

پروژه میان گذر بزرگراه شهید کلانتری و ضرورت احداث آن به جهت اثرات عمده اقتصادی و اجتماعی آن در منطقه، پژوهشگران مختلف را به کاوش جلب کرده است. حجم زیاد رسوبات وارده و محدود بودن حجم دریاچه ارومیه موضوع این پژوهش بوده و پس از برآورد رسوبات وارده به دریاچه و تفکیک آن به نسبت تقسیم حوضه آبریز دریاچه به دو بخش معلوم گردید که حجم نامتقارن رسوبات وارده به دریاچه شمالی و جنوبی، عامل تعیین کننده‌ای در طراحی آبگذر و پایداری بدنه میان گذر می‌باشد. در صورت تفکیک کامل دو دریاچه شمالی و جنوبی از هم، افزایش ارتفاع سطح لجن دریاچه جنوبی بطور متوسط سالانه حدوداً ۴ الی ۵ سانتیمتر بیشتر از افزایش ارتفاع سطح لجن دریاچه شمالی می‌باشد که این انباشتگی نامتقارن رسوبات طرفین بزرگراه موجب وارد شدن تنشهای نامتقارن بین دو طرف جاده خواهد گردید. حال که بدنه بزرگراه بصورت شناور در لجن دریاچه مستقر می‌باشد با گذشت زمان انباشتگی رسوبات دریاچه‌ای افزایش یافته و پایداری میان گذر را تهدید خواهد نمود.
کلمات کلیدی: حوضه آبریز، میان گذر، بار جامد بستر، بار رسوبی، بار معلق.

Instability of the Causeway of Shahid Kalantari Highway Due to the Natural Sedimentation of Watershed of Urmia Lake

M. A. Kaynejad Civil Eng. Faculty Tabriz University
V. Modarresy Technical higher education center

Abstract

The construction of the causeway of Shahid Kalantari Highway has attracted various researchers due to its social and economical impact on the region. In the present paper, the limitation of capacity of Urmia Lake and vast amount of entering sediments have been considered. After estimation of the amount of entering sediments of the lake and determination of the portions of the southern and northern parts of the lake, it is found that inequality of these portions has significant effect on the design of the causeway and the stability of the highway. Also, it is recognized that in the case of complete separation of the southern and northern parts from each other, the increase in the height of sedimentation in southern part will be approximately 40mm up to 50mm more than that of the northern part in each year. Therefore, this phenomenon will result in non-symmetrical stresses between two sides of the highway which will be increased by passing time. Therefore, the stability of the causeway will be damaged.

Key words: Watershed, Causeway, Solid bed load, Sediment load, Suspended load.

۱- مقدمه

جنوبی مورد بررسی قرار داد که موقعیت میان گذر در عکس شماره (۱) و وضعیت طبیعی آن مطابق عکسهای الف و ب می‌باشند. باتوجه به تأثیر فراوان میان گذر در رفتار هیدرولوژیکی توصیه می‌گردد که در مطالعات هیدرولوژیکی دریاچه ارومیه منظور شود.



عکس ۱- تصویر ماهواره لندست ۲ از دریاچه ارومیه را قبل از احداث جاده نشان می‌دهد که در آن محل احداث میان گذر (بزرگراه شهید کلانتری) با مربعی سفید نشان داده شده است.

۲- روش مطالعه

این مطالعه با بهره‌گیری از تقسیم‌بندی حوضه آبریز دریاچه ارومیه به دو حوضه (حوضه آبریز دریاچه شمالی و حوضه آبریز دریاچه جنوبی) انجام و تحلیل جریانهای سطحی [۵۶ و ۹] و رسوبات حمل شده آنها به دریاچه بر مبنای آن می‌باشد. با بررسی داده‌های مقدار رسوب اندازه‌گیری شده رودخانه‌ها با مدل‌های موجود [۸] و تجزیه و تحلیل رقوم انتقالی آنها به دریاچه به تفکیک دو حوضه فوق‌الذکر حجم‌های مورد نیاز این تحلیل، حاصل گردیده و با تبدیل حجم رسوب انباشته شده به ارتفاع و مقایسه روند رشد متوسط آن در طول زمان، فی‌مابین دو طرف بدنه میان گذر، اختلاف روند افزایش ارتفاع

حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمالغرب ایران یکی از حوضه‌های بسته می‌باشد که نسبت به تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز ایران، حوضه آبریز شماره (۳) بوده و موقعیت آن مطابق نقشه شماره (۱) مشخص می‌گردد [۴ و ۱]. از نظر تقسیمات زیر حوضه‌ها در داخل حوضه آبریز، مطابق نقشه شماره (۲) حدود تقسیمات زیرحوضه‌های آبریز دریاچه ارومیه تعیین می‌شود که از مجموع حوضه‌های رودخانه‌ای تشکیل شده که قبلاً در مورد آنها مطالعاتی توسط سازمان آب منطقه آذربایجانشرقی، دانشگاه تبریز و جهاد سازندگی انجام گرفته و در مطالعات حاضر حوضه دریاچه ارومیه به صورت ۵ یکپارچه مورد مطالعه قرار می‌گیرد.



نقشه ۱- موقعیت حوضه ۳ نسبت به سایر حوضه‌ها [۴ و ۱]



نقشه ۲- حدود تقسیمات زیر حوضه‌های آبریز

دریاچه ارومیه [۴ و ۱]

بررسی وضعیت به وجود آمده دریاچه تحت تأثیر احداث میان‌گذر آن را می‌توان در دو قسمت دریاچه شمالی و دریاچه

ارتباط با میان گذر، به مطالعه عمیق نیاز دارد برای بررسی رسوب دریاچه ارومیه در ارتباط با میان گذر، موقعیت میان گذر را در دریاچه مشخص نموده و مساحت‌های دو دریاچه (مساحت دریاچه شمالی ۲/۳۵٪ مساحت کل دریاچه و مساحت دریاچه جنوبی ۸/۶۴٪ مساحت کل دریاچه) [۱۰] و همین‌طور رودخانه‌ها و جریانهای سطحی را بر حسب آبریزشان نسبت به دو دریاچه تفکیک کرده و مقدار ورودیهای مربوط به هر کدام برآورد می‌گردد.

بین دو طرف به دست آمده و نتایج این تحلیل که توسط داده‌های تصویری ماهواره‌ای مورد تأیید قرار گرفته، ارزیابی می‌شود و در ادامه تأثیر آن بر پایداری بزرگراه با توجه به وضعیت سازه‌ای آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳- برآورد حجم رسوبات ورودی به دریاچه

احداث میان گذر و تقسیم حوضه آبریز دریاچه به دو قسمت مسئله مهم و جدیدی بوده و قابل بررسی می‌باشد؛ به ویژه نقش مؤثر میان گذر در طرح آبگذر و همین‌طور موضوع رسوب در



عکس الف - حالت طبیعی میان گذر و ارتباط آن با ساحل شرقی



عکس ب - حالت طبیعی میان گذر و ارتباط با ساحل غربی

این ارتباط وجود ندارد و یا این که بار حمل شده در حالت جریان سیلابی خیلی بیشتر از بار حمل شده در جریانهای عادی می باشد، برای تقریب بهتر با داده‌هایی که در دسترس می باشند می توانیم حداکثر سیلابهای متوسط را در نظر بگیریم تا یک هماهنگی در نتایج ایجاد گردد. از آنجائی که از مجموع جریانهای سالانه رودخانه قسمتی به دریاچه می ریزند و بقیه در دشتهای با مصارف کشاورزی و ... به تحلیل می روند، بنا به این روش تحلیل مقدار رسوب حداکثر سیلابهای متوسط ماههای فروردین و اردیبهشت و خرداد با مدل‌های ریاضی برآورد رسوب بر طبق بار حمل شده سالانه سازگاری دارد و مناسبترین روش تحلیل می باشد.

جهت برآورد رسوب جریانهای سطحی که به دریاچه می ریزند، جریان‌هایی در نظر گرفته می شوند که رسوبات خود را مستقیماً به دریاچه حمل می کنند و رسوب رودخانه‌ها در فصول تابستان و پائیز که تمامی آبشان به مصرف آبیاری و کشاورزی می رسد و یا در زمستان که به خاطر یخبندان فرسایش کمتری دارند، زیاد مطرح نیستند و برعکس رسوبات و فرسایشی که در بهار انجام می گیرد بسیار مهم است. با بررسی مقدار رسوب اندازه گیری شده در رودخانه مشخص می شود که ۹۰٪ کل رسوب سالانه در سه ماه فصل بهار رخ می دهد. [۸] بنابراین استدلال، اگر مقدار رسوب سیلابهای همین سه ماه را برآورد بکنیم، جواب قابل قبول به دست می آید. جدول (۱) به علت این که داده‌های رسوبی به صورت متوسط ماهانه و سالانه هستند و آمار مستمری نیز در

جدول ۱- متوسط بار رسوبی ماهانه و سالانه، متوسط دبی ماهانه و سالانه در ایستگاه رسوب سنجی

ایستگاههای میرآباد و بند رودخانه شهر چای ارومیه [۳]

ایستگاه	میرآباد		بند ارومیه	
	متوسط بار رسوبی ماهانه به تن	متوسط دبی به مترمکعب در ثانیه	متوسط بار رسوبی ماهانه به تن	متوسط دبی به مترمکعب در ثانیه
مهر	۱۲۱/۹۸	۰/۹۵	۱۰۸/۶۳	۰/۶۷
آبان	۲۰۴/۵۶	۱/۳۵	۱۹۰/۳۲	۱/۳۱
آذر	۲۲۸/۲۱	۱/۵۵	۱۹۶/۹۱	۱/۲۶
دی	۲۳۴/۹۱	۱/۶	۱۸۲/۷۳	۱/۲۲
بهمن	۲۲۵/۴۹	۱/۵۷	۲۶۴/۳۶	۱/۳۷
اسفند	۳۸۸/۱۳	۲/۱۱	۱۰۱۵/۰۱	۲/۷۳
فروردین	۷۵۲۹/۰۱	۸/۰۲	۱۰۳۱۰/۲۹	۹/۲۴
اردیبهشت	۱۲۳۳۰/۱۳	۱۷/۴۹	۱۸۸۴/۰۹	۱۴/۱
خرداد	۲۱۴۲۴/۵۲	۲۰/۱۲	۲۵۳۹۹/۳۵	۱۵/۳۶
تیر	۶۳۱۰/۱۱۸	۷/۶۳	۵۱۴۲/۹۲	۶۱۰۵
مرداد	۸۹۸/۹۳	۲/۳	۶۸۹/۳۷	۱/۶۱
شهریور	۱۴۰/۸۳	۰/۹۶	۱۵۲/۷۹	۰/۶۹
مجموع سالیانه	۵۰۰۳۷/۵۸	۱۷۴/۸۷ *	۶۲۵۲۸/۷۷	۱۴۷/۹۷ *
متوسط سالیانه	—	۵/۵۵	—	۴/۶۹
حداکثر دبی	۵۲۴۰	۸۹/۱۶	۱۶۰۰۰	۸۷/۶

* این مقادیر بر حسب میلیون مترمکعب در سال می باشد.

مجموع رسوب و بار حمل شده به دریاچه جنوبی، در طول سه ماه بطور میانگین :

$$\sum Q_{s1} = 319478497.8 \text{ Ton}$$

حجم رسوب حمل شده به دریاچه جنوبی با :

$$\gamma = 1.5 \text{ Ton/m}^3 \Rightarrow$$

$$V_s = \frac{\sum Q_{s1}}{1.5} = 212985665.2 \text{ m}^3$$

مجموع رسوب و بار حمل شده به دریاچه شمالی در طول سه ماه بطور میانگین :

$$\sum Q_{s2} = 394632226 \text{ Ton}$$

حجم رسوب حمل شده به دریاچه شمالی با :

$$\gamma = 1.5 \text{ Ton/m}^3 \Rightarrow$$

$$V_{s2} = \frac{\sum Q_{s2}}{1.5} = 26308817 \text{ m}^3$$

در این روش، سیلاب جریانهای عادی فصلهای دیگر در نظر گرفته نمی‌شود و سیلاب میان حوضه‌ها و دشتهای تأثیر داده نمی‌شوند و به عوض آن در جریان سیلابها مد بالا در نظر گرفته می‌شود که موجب تعدیل تقریبهای فوق شده یک هماهنگی در نتایج هم ایجاد می‌گردد. برای نیل به منظور فوق با داده‌های موجود و مدل‌های ریاضی که در دسترس هستند و با اطمینان از این‌که کل رسوب سیلابهای ماههای فصل بهار به دریاچه می‌ریزند سیلابهای متوسط سه ماه فصل بهار را با استفاده از آمار سیلابهای متوسط سالهای آماری ۴۴ - ۴۳ الی ۷۶ - ۷۵ به دست آورده [۹] و با مدل‌های موجود [۸] مقدار رسوب حمل شده را به تفکیک دریاچه شمالی و جنوبی برآورد نموده و نتایج حاصله در جداول (۲) و (۳) نشان داده شده است.

جدول ۲- برآورد رسوب و بار حمل شده به دریاچه جنوبی توسط رودخانه‌هایی که به دریاچه جنوبی می‌ریزند. *

ردیف	نام رودخانه	تعداد آمار سالانه	میانگین حداکثر دبی‌های متوسط Qm m ³ /sec	دبی ماهانه / ماه m ³	مقدار رسوب ماهانه Qs / ماه Ton	مدل ریاضی بکار برده شده
۱	آچی چای	۳۰	۱۴۴/۴۸	۳۷۴۴۹۲۱۶۰	۴۷۳۲۹۴۶۱	$Q_s = 9888Q_r^{1.41}$
۲	آذرشهر چای	۲۰	۲۶/۴۸	۶۸۶۳۶۱۶۰	۱۷۳۶۷۳/۳۳	$Q_s = 173.311Q_r^{1.503249} **$
۳	قلعه چای	۲۷	۳۴/۵	۸۹۴۲۴۰۰۰	۲۵۸۴۹۸	$Q_s = 173.311Q_r^{1.503249} **$
۴	کوبی چای	۱۳	۱۵/۷	۴۰۶۹۴۴۰۰	۷۹۱۵۳	$Q_s = 173.311Q_r^{1.503249} **$
۵	مردوق چای	۲۵	۲۹/۸۶	۲۳۲۱۹۱۳۶۰	۲۰۸۰۴۶/۶	$Q_s = 101Q_r^{1.77}$
۶	صوفی چای	۲۹	۳۵/۹۸	۹۳۲۶۶۰۱۶۰	۸۳۹۴۹۲	$Q_s = -6474.1916 + 3057.889Q_r$
۷	لیلان چای	۲۷	۲۳/۱۸	۶۰۰۸۲۵۶۰	۱۷۷۲۵۱	$Q_s = 87Q_r^{1.79}$
۸	زرینه رود	۲۳	۴۵۹/۶۳	۱۱۹۱۳۶۰۹۶۰	۲۷۹۰۲۰۹۸	$Q_s = 89Q_r^{1.79}$
۹	سیمنه رود	۲۳	۱۷۵/۷۵	۴۵۵۵۴۴۰۰۰	۴۹۹۲۱۶۰	$Q_s = 54.3Q_r^{1.80}$
۱۰	مه‌باد چای	۱۲	۱۲۲/۶۳	۳۱۷۹۰۸۸۰۰	۲۶۲۲۰۴۹	$Q_s = 4.63Q_r^{1.0}$
۱۱	گادار چای	۲۳	۱۱۶/۸	۳۰۲۷۴۵۶۰۰	۱۵۸۷۵۹۵	از جدول (۱) مجموع رسوب سه ماه اندازه‌گیری
۱۲	باراندوز چای	۲۹	۶۳/۱۵	۱۶۳۶۸۴۸۰۰	۲۰۳۰۵۱۴۲	
۱۳	شهر چای	۲۹	۵۲/۷۹	۵۴۵۴۹/۷۳ تن در سه ماه		

* جدول توسط مؤلفین تنظیم و محاسبه شده است.

** در این مدل ریاضی Q_r مجموع جریان سالانه و در بقیه Q_r مجموع جریان ماهانه بر حسب میلیون مترمکعب می‌باشد.

جدول ۳ - برآورد رسوب و بار حمل شده به دریاچه شمالی توسط رودخانه‌های که به دریاچه شمالی می‌ریزد.

ردیف	نام رودخانه	تعداد آمار سالانه	میانگین حداکثر دبی‌های متوسط Q_m m^3/sec	دبی ماهانه $m^3 / ماه$	مقدار رسوب ماهانه Q_s ماه / Ton	مدل ریاضی بکار برده شده
۱	روضه چای	۲۰	۹/۰۶	۲۳۴۸۳۵۲۰	۱۱۷۴۱/۷۶	همانند شهرچای
۲	نازلو چای	۲۷	۸۳/۱۳	۲۱۵۴۷۲۹۶۰	۱۲۲۶۵۲۵۲	محاسبه می‌شود
۳	زولا چای	۲۴	۲۳/۶۹	۶۱۴۰۴۴۸۰	۶۷۱۹۵۳	$Q_s = 0.32Q^{1.23}$
۴	دریان چای	۲۳	۵/۶	۱۴۵۱۵۲۰۰	۸۴۹۸۶	$Q_s = 1863Q^{1.41}$
۵	سرخ چای	۲۸	۲۴/۷۵	۶۴۱۲۵۰۰	۱۲۸۳۰۴	غلظت $5.855Kg / m^3$ غلظت $2Kg / m^3$

تشکیل دلتا در محل ورودیها به دریاچه، اختلاف ارتفاع رسوب افزایش یافته و نیاز به بررسی و تجزیه و تحلیل دقیق دارد. از این رو پیشنهاد می‌شود که جهت مشخص شدن رفتار هیدرودینامیکی رسوبات انباشته شده و سرعت پیشرفت آن در طول زمان و جابجائی توده رسوبات و لجن دریاچه‌ای از مدل‌های فیزیکی و کامپیوتری استفاده گردد، زیرا در برآورد رسوبات حمل شده به دریاچه مواد جامد معلق رودخانه اندازه‌گیری می‌شوند، نه مواد جامد بستر؛ بار جامد بستر حمل شده موجب تشکیل مخروط افکنه‌ها در محل ورودی رودخانه در دریاچه می‌گردد.

مواد جامد معلق به علت عدم ته‌نشینی در ابتدای ورود به دریاچه در اثر جریانات اغتشاشی به وسط دریاچه حمل گردیده و روی لجن‌های لزج ته‌نشین می‌گردد. البته ته‌نشینی این مواد معلق به مرور زمان انجام می‌گیرد.

در محاسبه رسوب رودخانه‌ها مقدار بار معلق در نمونه‌برداریها منظور بوده است و رسوبات محاسبه شده نیز همین قسمت را در نظر می‌گیرد، پس استنباط می‌گردد که بار معلق حمل شده و ته‌نشینی آن روی لایه ضخیم لجن دریاچه‌ای رفتار مشخصی را تبیین می‌نماید که موجب می‌گردد لجن دریاچه‌ای به صورت تقریباً یکنواخت و با شیب ملایم در بستر دریاچه پخش گردد.

مواد رسوبی درشت دانه که همان بار جامد بستری حمل شده در محل ورودی سیلاب و پس از آرام شدن جریانهای ورودی، ته‌نشینی بار معلق و انباشتگی آن روی لجن لزج موجب جابجائی توده‌های لجن لزج دریاچه می‌گردد با گذشت زمان طولانی انتقال کامل به قسمتهای مرکزی را انجام می‌دهد. بنابراین اثر مواد رسوبی در طراحی میان گذر و آبگذر بزرگراه شهید کلاتری و در پایداری بدنه جاده حائز اهمیت می‌باشد.

حال با در نظر گرفتن سطوح دریاچه جنوبی برابر با ۰.۶۴۱۸ و دریاچه شمالی برابر با ۰.۳۵۱۲ سطح کل دریاچه داریم:

$$A_T = 5497.5 \quad Km^2$$

سطح دریاچه جنوبی:

$$A_S = 5497.5 \times 64.8\% = 3562.38 Km^2 = 3562.38 \times 10^6 \quad m^2$$

سطح دریاچه شمالی:

$$A_N = 5497.5 \times 35.2\% = 1935.12 Km^2 = 1935.12 \times 10^6 \quad m^2$$

$$h_s = \frac{V_s}{A_s} = \frac{212985665.2 m^3}{3562.38 \times 10^6 m^2} = 0.05978 m =$$

$$59.787 mm \cong 60 mm = 6 cm$$

$$h_N = \frac{V_N}{A_N} = \frac{26308817 m^3}{1935.12 \times 10^6 m^2} =$$

$$13.595 \times 10^{-1} m = 13.5 mm$$

h_s : ارتفاع رسوب دریاچه جنوبی

h_N : ارتفاع رسوب دریاچه شمالی

که با تبدیل حجم ورودی رسوب به ازای ارتفاع از حجم دریاچه، اختلاف افزایش ارتفاع متوسط سطح رسوب دو طرف بزرگراه بطور سالانه برابر است با:

$$59.787 - 13.5 = 46.3 mm = 4.63 cm$$

این اختلاف افزایش ارتفاع سالانه سطح رسوب در دراز مدت، پایداری بدنه میان گذر را که به‌طور غوطه‌ور و معلق در لجن دریاچه‌ای مستقر شده است و تکیه گاه ثابت و استواری ندارد، تهدید می‌کند شکل (۱)، انباشتگی رسوبات دریاچه‌ای می‌تواند موجب رانش جانبی بدنه حاده بشود که در طول زمان رو به افزایش می‌باشد و به علت پخش غیریکنواخت رسوبات و

هم‌چنان که در عکس (۱) (قبل از احداث میان گذر) رنگ سبز آبی تصویر نتیجه تأثیر پراکنش همگون مواد معلق در دریاچه است، در عکس (۳) انباشتگی بیشتر و افزایش ارتفاع لجن در ضلع جنوبی بدنه میان گذر را شاهد هستیم [۱۶].

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحلیل ۵ ~ ۴ سانتی‌متر اختلاف افزایش ارتفاع سالانه سطح رسوب در دو طرف بدنه بزرگراه و مشاهده عینی آن از داده‌های تصویری ماهواره‌ای می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جاده خاکی و پایه‌های پل روگذر در دراز مدت ناپایدار می‌باشند.

نظر به اهمیت پایداری میان‌گذر در طول زمان، باید آبگذر یا آبگذرها در مسیر جاده طوری طراحی شود که اختلاف فشار بین دو طرف بدنه ناشی از انباشتگی رسوبات لزج دریاچه در طول کلی جاده موجب رانش افقی بدنه جاده نگردد. لذا موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- مقیاس سنجش افزایش ارتفاع رسوب بستر دریاچه در نقاط مختلف دریاچه‌های شمالی و جنوبی نصب و اندازه‌گیری مرتب انجام گیرد.

۲- مطالعات هیدرولوژی براساس منطق تحلیل‌های دریاچه انجام گیرد و آن‌هم به تفکیک دریاچه شمالی و دریاچه جنوبی انجام گیرد.

۳- عمق‌یابی یا باتیمتری جهت تعیین حجم و ظرفیت مخزن دریاچه انجام گیرد و پروفیل حجم و ظرفیت مخزن و عمق دریاچه مشخص شود.

۴- برای مطالعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک در کنار جاده ایجاد گردد.

۵- برای مطالعات هیدرولوژی ایستگاه هیدرومتری و هیدروگرافی در محل آبگذر فعلی و یا آبگذری که احداث خواهد شد، ایجاد شود.

مراجع

- [۱] آخرین نشریات وزارت نیرو در رابطه با مساحت حوضه‌های منطقه ایران.
- [۲] امور مطالعات منابع آب آذربایجان شرقی، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان، آمار ایستگاه‌های هیدرولوژی آذربایجان شرقی.

۴- بررسی داده‌های تصویری ماهواره‌ای

با بررسی مشاهدات واقعی از داده‌های تصویری ماهواره‌ای، عدم تقارن انباشتگی رسوبات بین دو طرف میان گذر خصوصا در عکس (۲) بطور واضح محسوس است.



عکس ۲- تصویر ماهواره اسپات ۱، از میان گذر و نحوه پراکنش مواد معلق در دو سوی آن [۱۶]



عکس ۳- تصویر ماهواره اسپات ۱ از میان گذر و طبقه‌بندی نظارت نشده نحوه پراکنش مواد معلق و غلظت نسبی آنها [۱۶]

- [۳] در مطالعات منابع آب آذربایجان غربی - سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان - آمار ایستگاه‌های هیدرومتری آذربایجان غربی.
- [۴] مهندسین مشاور جاماب - مطالعات حوضه آبریز دریاچه ارومیه (سال ۱۳۶۲).
- [۵] مدرسی - ولی... پایان‌نامه کارشناسی ارشد - بررسی رفتار هیدرودینامیکی دریاچه ارومیه در ارتباط با بزرگراه شهید کلانتری (بهمن ۱۳۷۰) - دانشکده فنی - دانشگاه تبریز.
- [۶] سازمان آب ارومیه - آب‌های سطحی.
- [۷] واحد تحقیقاتی کمیته امور آب جهادسازندگی آذربایجان شرقی - گزارش عمومی اولیه مطالعات مقدماتی هیدرولوژی و هواشناسی.
- [۸] واحد تحقیقاتی کمیته امور آب جهاد سازندگی آذربایجان شرقی - مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه - مجموعه اول - رسوب.
- [۹] واحد تحقیقاتی کمیته امور آب جهاد سازندگی آذربایجان شرقی - مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی حوضه آبریز دریاچه ارومیه - مجموعه اول ، مجموعه دوم و مجموعه سوم سیلاب.
- [۱۰] امور مطالعات منابع آب آذربایجان غربی ، سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان ، گزارش اندازه‌گیری دریاچه ارومیه در محور بزرگراه شهید موسی کلانتری (اردیبهشت سال ۱۳۶۱) .
- [۱۱] تحقیقات مهندسی جهاد سازندگی تبریز - گزارش بزرگراه شهید کلانتری (مهرماه سال ۱۳۶۸) .
- [۱۲] موحد دانش ، علی اصغر . مقدمه‌ای بر هیدرولوژی (ترجمه) چاپ اول (سال ۱۳۶۶) .
- [۱۳] علیزاده ، امین . اصول هیدرولوژی کاربردی - انتشارات آستان قدس رضوی (اسفند ۱۳۶۷) .
- [۱۴] کمیته امور آب جهاد سازندگی آذربایجان شرقی - گزارش سیلاب حوضه آبریز دریاچه ارومیه (سال ۱۳۶۲)
- [۱۵] امور مطالعات منابع آب آذربایجان ، قسمت مطالعات منابع آب آذربایجان غربی - دریاچه ارومیه (سال ۱۳۶۳) .
- [16] Geocarto International (3) 1991, Study of highway construction effects on sedimentation process in lake urromie (N.W.Iran) on the basis of satellites data (Farrokh Barzegar , Iraj Sadighian)