

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
مؤسسه پژوهشی سوانح طبیعی

گزارش فنی بررسی اثر احداث ساختمان کلانتری چهار طبقه بر رفتار سیلاب رودخانه جعفرآباد تجریش

مؤسسه پژوهشی سوانح طبیعی

سال ۱۴۰۵

۱- مقدمه

با توجه به طرح احداث یک ساختمان چهارطبقه با کاربری کلانتری در محدوده پارک واقع در حاشیه رودخانه جعفرآباد در منطقه تجریش، بررسی اثر احتمالی این ساختمان بر مسیر عبور جریان سیلاب و میزان گسترش پهنه ابگرفتگی در محدوده مورد مطالعه ضروری است.

رودخانه جعفرآباد، با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه، شیب قابل توجه بستر و قرارگیری در محدوده شهری، در زمان وقوع بارش‌های شدید می‌تواند با جریان‌های سیلابی قابل توجه مواجه شود. همچنین در شرایط سیلابی شدید، علاوه بر جریان اب، امکان انتقال مصالح، سنگ، شاخه و تنه درختان و سایر مواد شناور وجود دارد که می‌تواند موجب کاهش ظرفیت موثر مقطع عبور جریان و افزایش احتمال انسداد موضعی در مقاطع بحرانی شود.



شکل ۱: موقعیت قرارگیری پروژه ساختمان کلانتری نسبت به رودخانه

همانطور در تصاویر فوق ملاحظه می‌شود ساختمان کلانتری به طور کامل حریم آزاد رودخانه را تا لبه دیوار بستر مرکب رودخانه تصرف می‌کند و به عنوان تنها مانع در کل مسیر این رودخانه سیلابی قرار می‌گیرد.

با توجه به این موضوع، در این مطالعه ابتدا با استفاده از مدل HEC-HMS، هیدروگراف سیلاب ناشی از بارش طراحی تهیه شده و سپس هیدروگراف حاصل به عنوان جریان ورودی به مدل هیدرولیکی HEC-RAS اعمال گردیده است. به منظور بررسی اثر احداث ساختمان پیشنهادی کلانتری، دو سناریوی اصلی در مدل هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفته است:

۱. سناریوی وضع موجود و بدون احداث کلانتری

۲. سناریوی پس از احداث ساختمان چهار طبقه کلانتری

هدف اصلی از این بررسی، ارزیابی تغییرات احتمالی زیر می باشد.

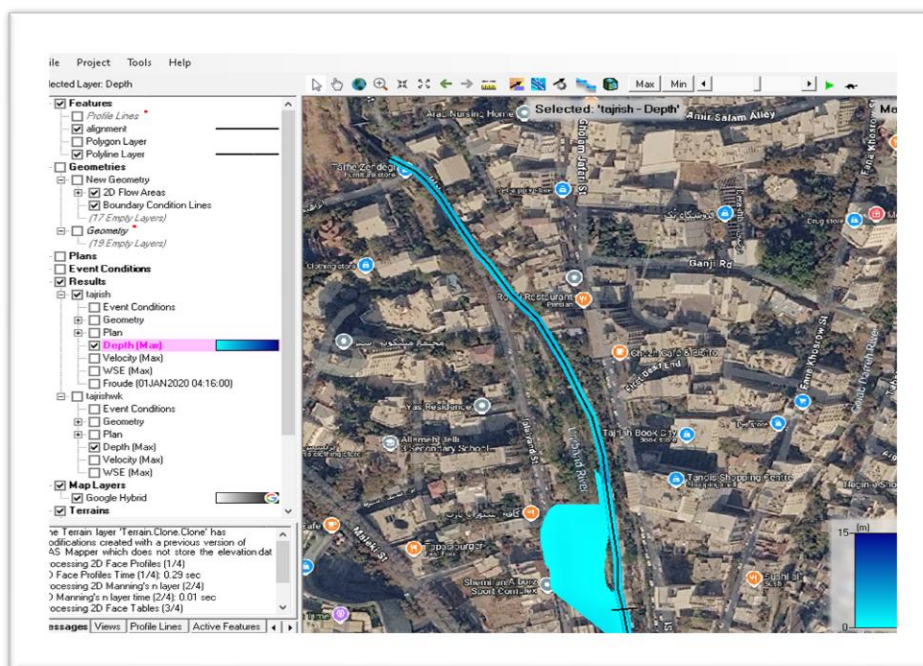
- مسیر حرکت جریان سیلاب؛
- پهنه گسترش آب؛
- عمق جریان؛
- سرعت جریان؛
- تراز سطح آب؛
- میزان درگیری ساختمان پیشنهادی با پهنه سیلابی؛
- و احتمال ایجاد اثرات هیدرولیکی ناشی از احداث ساختمان

۲- روش انجام مطالعات

مطالعات انجام شده در دو بخش اصلی شامل مدل سازی هیدرولوژیکی و مدل سازی هیدرولیکی انجام شده است.

فرایند کلی مدل سازی به صورت زیر بوده است:

بارش طراحی - مدل HEC-HMS - تولید هیدروگراف سیلاب - ورود هیدروگراف به HEC-RAS - شبیه سازی جریان سیلاب و در نهایت مقایسه دو سناریو



شکل ۲: نتایج مدل سازی

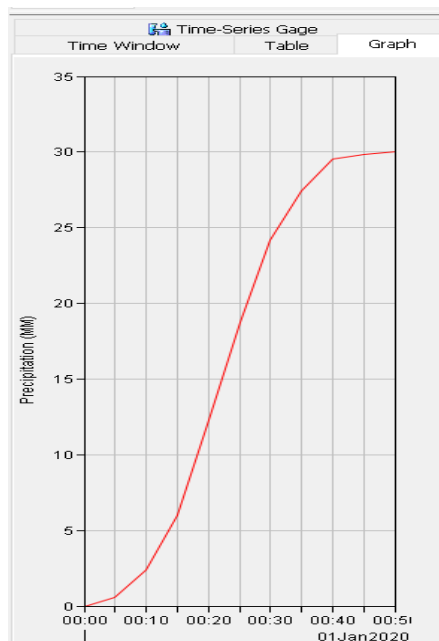
۳- مدل سازی هیدرولوژیکی با HEC-HMS

۳-۱- بارش طراحی

به منظور شبیه سازی سیلاب، یک رخداد بارش طراحی با الگوی مانسون مورد استفاده قرار گرفته است. مدت زمان بارش طراحی برابر با ۵۰ دقیقه در نظر گرفته شده است. با استفاده از بارش طراحی و پارامترهای حوضه ابریز، فرایند تبدیل بارش به رواناب در نرم افزار HEC-HMS انجام شده و هیدروگراف سیلاب خروجی از حوضه استخراج گردیده است.

جدول شماره ۱: مشخصات بارش طراحی

Time-Series Gage	
Time Window	Table
Time (ddMMMYYYY, ...)	Precipitation (MM)
01Jan2020, 00:00	0.00
01Jan2020, 00:05	0.60
01Jan2020, 00:10	2.40
01Jan2020, 00:15	6.00
01Jan2020, 00:20	12.30
01Jan2020, 00:25	18.75
01Jan2020, 00:30	24.15
01Jan2020, 00:35	27.45
01Jan2020, 00:40	29.55
01Jan2020, 00:45	29.85
01Jan2020, 00:50	30.00

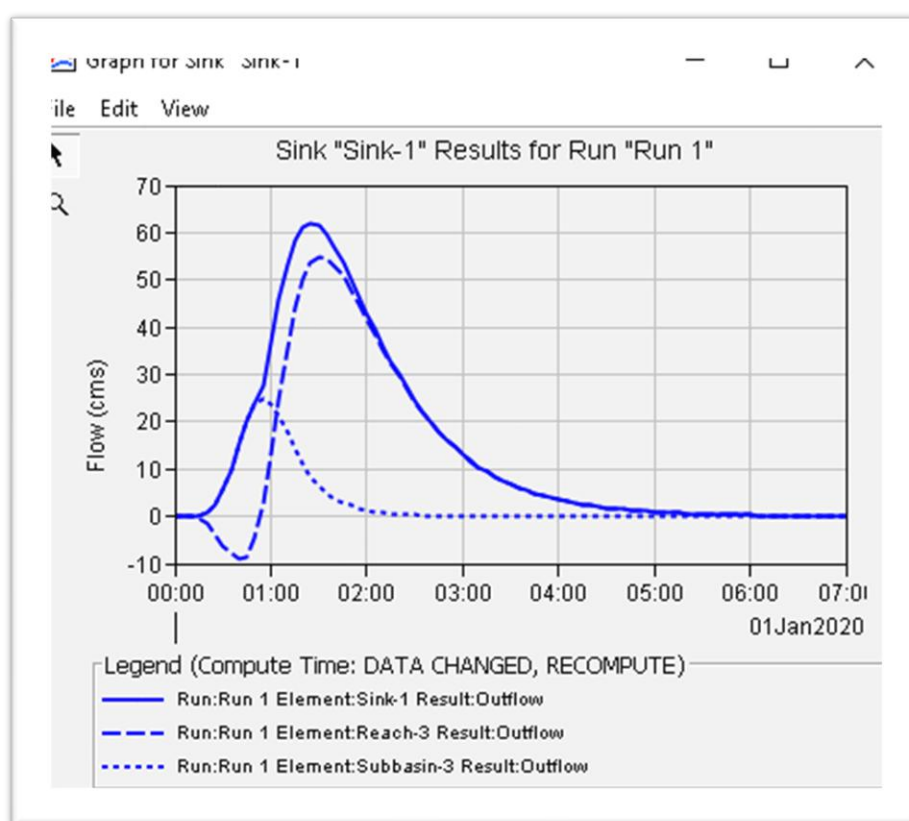


شکل ۳: نمودار بارش طراحی ۵۰ دقیقه ای با الگوی مانسون

۲-۳- هیدروگراف سیلاب طراحی

نتایج مدل سازی HEC-HMS نشان می دهد که در رخداد بارش طراحی مورد بررسی، دبی اوج هیدروگراف سیلاب در حدود

$Q_{peak} = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ به دست آمده است. این دبی به عنوان دبی ورودی سیلاب طراحی به مدل هیدرولیکی HEC-RAS منتقل شده است.



شکل ۴: نمودار هیدروگراف خروجی HEC-HMS

جدول ۲: مشخصات هیدروگراف سیلاب طراحی

پارامتر	مقدار
مدت بارش طراحی	۵۰ دقیقه
نوع توزیع بارش	مانسون
دبی اوج سیلاب	حدود $60 \text{ m}^3/\text{s}$

۴- انتقال هیدروگراف به مدل HEC-RAS

هیدروگراف حاصل از مدل HEC-HMS به عنوان ورودی جریان سیلاب طراحی وارد مدل هیدرولیکی HEC-RAS شده است. در این مدل، شرایط هندسی رودخانه، مقاطع عرضی، شیب بستر و شرایط پیرامونی محدوده مورد بررسی قرار گرفته و رفتار جریان سیلاب در شرایط مختلف شبیه سازی شده است. با توجه به احتمال وقوع سیلاب های همراه با حمل مواد جامد که ذیلا به برخی از آنها اشاره شده است ظرفیت عبور موثر مقطع رودخانه در مدل سازی محافظه کارانه در نظر گرفته شده است.

- سنگ و قلوه سنگ؛

- تنه و شاخه درختان؛

- نخاله و مصالح؛

- و سایر مواد شناور،

بر این اساس، در سناریوی مورد بررسی، حدود ۶۰ درصد از ظرفیت هندسی مقطع به عنوان ظرفیت موثر عبور جریان در نظر گرفته شده و فرض شده است که بخشی از مقطع به دلیل حضور مواد جامد، رسوبات، سنگ و احتمال انسداد موضعی، عملاً قابل استفاده کامل برای عبور جریان نیست. این فرض با هدف بررسی یک شرایط بحرانی تر و نزدیک تر به وضعیت احتمالی زمان وقوع سیلاب شدید انجام شده است.

۵- سناریوهای مدل سازی HEC-RAS

برای بررسی اثر احداث ساختمان کلانتری، دو سناریو در مدل HEC-RAS مورد بررسی قرار گرفته است.

سناریوی اول: شرایط موجود - بدون ساختمان کلانتری

در این سناریو، هندسه فعلی محدوده رودخانه و اراضی اطراف آن بدون لحاظ ساختمان پیشنهادی کلانتری در مدل اعمال شده است.

هدف از این سناریو، تعیین وضعیت پایه جریان سیلاب و مشخص کردن پهنه ابگرفتگی در شرایط فعلی است.

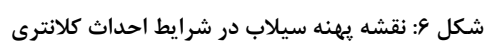
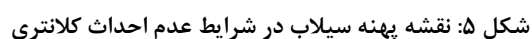
سناریوی دوم: شرایط پس از احداث کلانتری

در این سناریو، موقعیت و محدوده اشغال ساختمان پیشنهادی کلانتری در هندسه مدل وارد شده است. در این حالت، ساختمان به عنوان یک مانع در برابر جریان سیلاب در نظر گرفته شده و اثر آن بر موارد زیر بررسی شده است.

- مسیر جریان؛

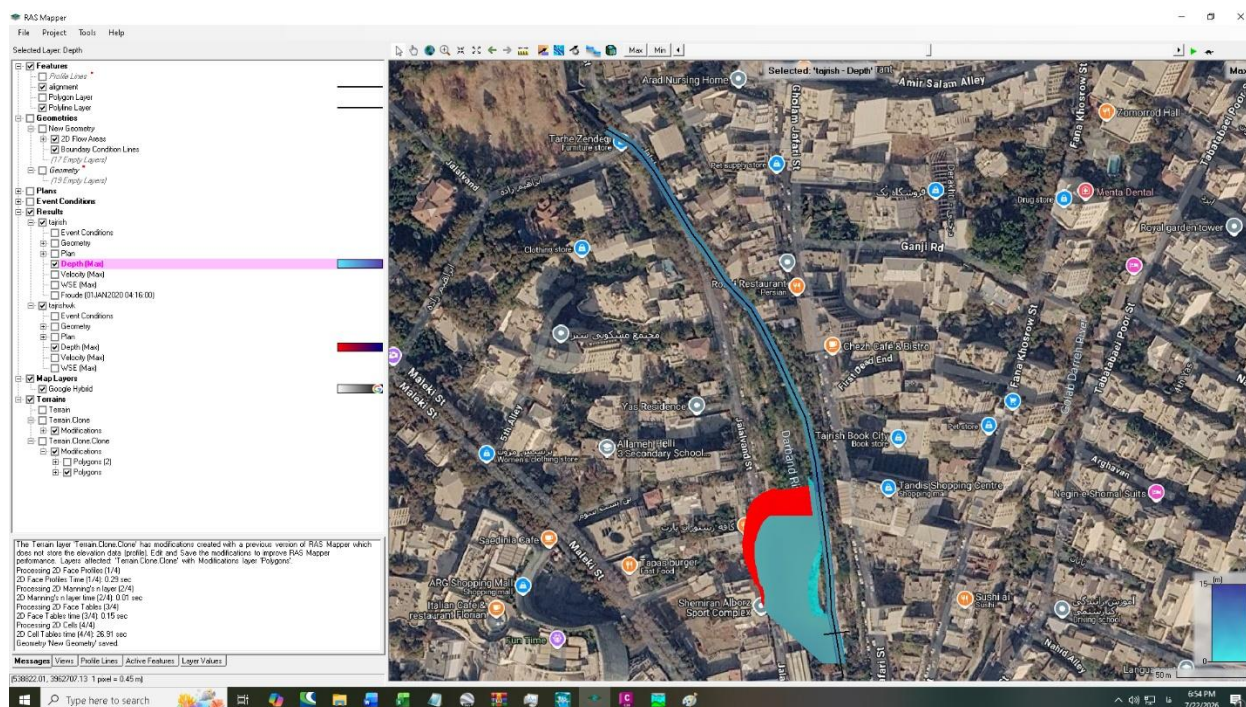
- عمق آب؛

- ## ۶- مقایسه نتایج پهنه ابگرفتگی





گزارش فنی بررسی اثر احداث ساختمان کلانتری چهار طبقه بر رفتار سیلاب رودخانه جعفرآباد تجریش



شکل ۷: نقشه مقایسه‌ای دو سناریو (پهنه قرمز قبل از احداث و پهنه آبی بعد از احداث)

۷- اهمیت حمل سنگ و درخت در سیلاب

یکی از محدودیت‌های مهم مدل‌سازی هیدرولیکی حاضر ان است که مدل HEC-RAS به‌تنهایی نمی‌تواند تمام اثرات پیچیده ناشی از انتقال حجم زیاد مواد جامد، سنگ‌های بزرگ و تنه درختان را به‌طور کامل بازنمایی کند. در شرایط واقعی سیلاب کوهستانی و شهری، جریان می‌تواند علاوه بر آب، حاوی مواد جامد و شناور باشد. ورود این مواد به مقطع رودخانه می‌تواند موجبات ذیل گردد.

۱. کاهش سطح مقطع موثر عبور جریان؛
۲. افزایش زبری موثر؛
۳. انسداد موضعی مسیر جریان؛
۴. ایجاد جریان‌های انحرافی؛
۵. افزایش تراز آب در بالادست؛
۶. افزایش سرعت در مسیرهای فرعی؛
۷. و ایجاد بار ضربه‌ای بر سازه‌ها

به همین دلیل، فرض در نظر گرفتن ۶۰ درصد ظرفیت موثر مقطع را می‌توان به عنوان یک رویکرد محافظه کارانه برای لحاظ نسبی این شرایط در مدل در نظر گرفت.

۸- نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از مدل سازی هیدرولوژیکی در HEC-HMS و مدل سازی هیدرولیکی در HEC-RAS، در رخداد بارش طراحی مورد بررسی، دبی اوج سیلاب در حدود ۶۰ مترمکعب بر ثانیه برآورد شده است. با توجه به احتمال حمل سنگ، تنه و شاخه درختان و سایر مواد جامد و شناور در زمان وقوع سیلاب، ظرفیت موثر مقطع عبور جریان در مدل به صورت محافظه کارانه حدود ۶۰ درصد ظرفیت هندسی در نظر گرفته شده است.

مقایسه نتایج مدل سازی در دو حالت بدون احداث و پس از احداث ساختمان پیشنهادی کلانتری نشان می‌دهد که تغییر قابل توجهی در الگوی کلی گسترش و پخش سیلاب در محدوده مورد مطالعه ایجاد نشده است. بر این اساس، در چارچوب فرضیات و شرایط هندسی لحاظ شده در مدل، احداث ساختمان پیشنهادی اثر قابل توجهی بر افزایش پهنه کلی ابگرفتگی نشان نمی‌دهد.

با این حال، با توجه به قرارگیری ساختمان در مجاورت رودخانه و احتمال وقوع سیلاب‌های همراه با حمل سنگ، تنه درخت و سایر مواد جامد، و برخورد مستقیم آنها با ساختمان کلانتری پیشنهاد می‌شود ساختمان کلانتری به نقطه ای در پایین دست و در امتداد ایستگاه تاکسی منتقل شود تا از ضربات سنگ و اجسام شناور سیلاب و بالتبع آن تخریب در امان باشد.

همانطور که در تصاویر هم ملاحظه شد بخش زیادی از انرژی سیلاب توسط ساختمان کلانتری جذب می‌شود و عملاً مانند یک سد ضربه گیر عمل می‌کند که این موضوع می‌تواند در سیلابهای آتی آسیب های جدی به این ساختمان وارد نماید.

بررسی دقیق تر شرایط نشان می‌دهد که ساختمان کلانتری در مقیاس موضعی می‌تواند به عنوان مانعی موثر در مسیر سیلاب عمل کرده و موجب تجمع و افزایش تراز آب در بالادست، تغییر مسیر و تمرکز جریان در اطراف خود شود. با توجه به فاصله حدود ۵ متری ساختمان از لبه کانال، احتمال حمل سنگ، تنه و شاخه درختان و سایر مواد شناور و همچنین کاهش ظرفیت موثر مقطع در شرایط سیلابی، احتمال برخورد مستقیم اجسام با ساختمان، انسداد موضعی و تشدید نیروهای هیدرودینامیکی و ضربه‌ای وجود دارد. در شرایط بحرانی، تجمع آب و مواد جامد در مجاورت ساختمان می‌تواند اثر سدکنندگی آن را تشدید نموده و در صورت آسیب جدی یا تخریب ناگهانی سازه، آزادسازی سریع آب تجمع یافته، پدیده‌ای مشابه شکست موضعی سد ایجاد کرده و موجب تشدید جریان در پایین دست شود.

از منظر حقوقی، با توجه به مجاورت مستقیم ساختمان پیشنهادی با کانال رودخانه، رعایت ضوابط قانونی مربوط به بستر

و حریم رودخانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا، حتی برای کانال‌های آبیاری و زهکشی، مطابق با مفاد ماده ۱۵ قانون توزیع عادلانه آب، حریمی به‌طول ۱۲ تا ۱۵ متر تعیین شده است حال آنکه در اینجا با یک رودخانه‌ی سیلابی مواجهیم که شرایط آن به‌مراتب پیچیده‌تر و حساستر از یک کانال معمولی است. از سوی دیگر، با عنایت به سیلابی بودن این رودخانه، هرگونه عدم رعایت حریم مذکور می‌تواند پیامدهای سوء و جبران‌ناپذیری به همراه داشته باشد.

شایان ذکر است که در استانداردهای نوین مدیریت سیلاب شهری و یافته‌های FEMA، اراضی حاشیه‌ی رودخانه‌های سیلابی - به‌ویژه در محدوده‌ی شهرها - به‌عنوان فضای سبز و پارک‌های سیلابی (Floodable Parks) طراحی می‌شوند. این فضاها علاوه بر کارکرد تفریحی و زیست‌محیطی، نقش مهم‌ترین فضای حایل و امن را ایفا می‌کنند تا در زمان وقوع سیلاب‌های مازاد بر ظرفیت کانال (overflow)، آب به‌صورت کنترل‌شده و با کمترین خسارت در این سطوح گسترش یابد، انرژی جریان مستهلک شود و از ورود سیلاب به بافت مسکونی و تأسیسات حساس شهری جلوگیری به عمل آید.

در پروژه‌ی حاضر، احداث یک ساختمان چهارطبقه با کاربری انتظامی درست در همین نوار امن و فضای حایل پیش‌بینی‌شده، عملاً این مجاری تنفسی سیلاب را مسدود کرده و ساختمان را به اولین مانع در مسیر سیلاب تبدیل می‌نماید. این امر نه‌تنها فضای امن برای عبور overflow را از بین می‌برد، بلکه با تبدیل ساختمان به یک سد ضربه‌گیر، موجب تغییر مسیر ناگهانی جریان، افزایش تراز آب در بالادست، تشدید نیروهای برشی و ضربه‌ای بر سازه و در نهایت، ایجاد یک بحران انسانی و سازه‌ای در زمان وقوع سیلاب خواهد شد. به‌عبارت دیگر، به‌جای آنکه فضای سبز حاشیه‌ی رودخانه نقش تسکین‌دهنده‌ی سیلاب را داشته باشد، ساختمان کلانتری به عامل تشدیدکننده‌ی بحران مبدل می‌شود.

همچنین از منظر اصول مدیریت ریسک سیلاب شهری، حفظ یک نوار باز و عاری از ساخت‌وسازهای حساس در مجاورت آبراهه‌ها و کانال‌ها، به‌عنوان فضای حایل، امکان گسترش کنترل‌شده جریان در شرایط سرریز، دسترسی برای پایش و نگهداری کانال و کاهش آسیب‌پذیری کاربری‌های حساس را فراهم می‌نماید. در این پروژه، احداث یک ساختمان چهارطبقه با کاربری انتظامی در فاصله بسیار نزدیک از کانال، ضمن کاهش این فضای حایل، می‌تواند ساختمان را مستقیماً در معرض خطرات ناشی از سرریز، تغییر مسیر جریان، انسداد و برخورد مواد جامد و شناور قرار دهد. بنابراین، نزدیکی مدل پایه ساختمان به کانال و تبدیل شدن به یک مانع موثر در مسیر جریان سیلابی، از منظر ایمنی، مدیریت بحران، تاب‌آوری شهری و رعایت الزامات مربوط به بستر و حریم رودخانه، یک ریسک قابل توجه محسوب می‌شود. بر این اساس، لازم است از احداث بنا، محل ساختمان با فاصله بیشتری از کانال و خارج از مسیر مستقیم جریان و محدوده خطر احتمالی جانمایی شده و حتی‌الامکان نوار باز و فضای حایل پیرامون آبراهه حفظ گردد.

نکته‌ی حایز اهمیت دیگر که در ارزیابی‌های اولیه کمتر به آن پرداخته شده، احداث دوطبقه زیرزمین برای ساختمان پیشنهادی است. بر اساس اطلاعات طرح، تراز کف این زیرزمین در حدود ۶ متر پایین‌تر از تراز زمین که معادل کف رودخانه می باشد، در نظر گرفته شده است. این موضوع از چند منظر بسیار خطرآفرین است:

۱. **تضعیف پایداری دیواره‌ی کانال:** حفاری در عمق ۶ متری در مجاورت مستقیم کانال، ضمن کاهش فشار جانبی مقاوم خاک، می‌تواند باعث گسیختگی موضعی دیواره‌ی رودخانه، نشست آب از بستر و دیواره و در نهایت ریزش و تخریب دیواره‌ی کانال در زمان بالا آمدن سطح آب زیرزمینی یا وقوع سیلاب شود. این امر نه تنها ایمنی ساختمان را به مخاطره می‌اندازد، بلکه پایداری کل مقطع رودخانه را در آن بازه با اختلال مواجه می‌سازد.

۲. **افزایش نیروی هیدرواستاتیک و زهکشی معکوس:** در شرایط سیلابی و بالا آمدن تراز آب در کانال، فشار آب به دیواره‌ی زیرزمینی افزایش یافته و در صورت عدم پیش‌بینی سیستم‌های زهکشی و آب‌بندی مناسب، ممکن است آب به درون زیرزمین نفوذ کرده و ضمن وارد آوردن خسارت به سازه، باعث شکست هیدرولیکی بستر (Piping) و فرسایش زیرسطحی شود که یکی از مخرب‌ترین پدیده‌ها در مجاورت سازه‌های آبی است.

۳. **از بین رفتن فضای جریان زیرسطحی و آبخوان:** گودبرداری عمیق و احداث زیرزمین تا تراز ۶- متری، عملاً مجرای طبیعی جریان آب زیرزمینی را قطع کرده و موجب تغییر رژیم هیدرولیکی منطقه می‌شود. این امر می‌تواند زهکشی طبیعی منطقه را مختل کرده و در بلندمدت به افزایش ماندگاری آب و تشدید خطر آب‌گرفتگی در محدوده‌ی اطراف منجر شود.

۴. **نقض قوانین مربوط به بستر و حریم:** احداث یک سازه‌ی زیرزمینی در اعماق بیشتر از بستر رودخانه، مصداق بارز تصرف در بستر و حریم و حتی تجاوز به حریم کیفی و کمی رودخانه محسوب می‌شود که بر اساس تبصره‌ی ۳ ماده‌ی ۲ قانون توزیع عادلانه آب و همچنین ماده‌ی ۱۳ آیین‌نامه، هرگونه حفاری و دخل و تصرف در بستر و حریم رودخانه‌ها را مطلقاً ممنوع اعلام کرده و مرتکبان را مشمول تعقیب قانونی و جبران خسارت می‌نماید.

با عنایت به مجموع استدلال‌های فنی، هیدرولیکی، ژئوتکنیکی و حقوقی ارایه‌شده، احداث ساختمان کلانتری در مکان پیشنهادی به لحاظ قوانین و مقررات زیر، مطلقاً ممنوع و غیرقابل اجرا است:

لازم است عملیات احداث در مکان فعلی بلافاصله متوقف شده و ساختمان کلانتری به نقطه‌ای خارج از حریم رودخانه (حداقل ۲۰ متر از بستر) و خارج از مسیر مستقیم جریان سیلابی منتقل گردد. فضای حایل پیرامون آبراهه نیز می‌بایست به‌عنوان فضای سبز و پارک سیلابی حفظ شده و از هرگونه ساخت‌وساز دایمی در آن جلوگیری به عمل آید.

تذکر: هرگونه اصرار بر ادامه‌ی پروژه در مکان فعلی، علاوه بر مسئولیت مدنی و کیفری برای مجریان، ناظران و دستگاه‌های مجوزدهنده، می‌تواند در زمان وقوع سیلاب به خسارت‌های جانی و مالی جبران‌ناپذیر منجر شود.