www.piarc.org

وزارت راه و شهرسازی
سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای

ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییر شرایط جوی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی

WORLD ROAD ASSOCIATION
MONDIALE DE LA ROUTE
AIPCR PIARC

دبیرخانه مجمع جهانی راه
(پیارک) در ایران

بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت راه و شهرسازی

سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای

دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران

ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییر شرایط جوی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی

این مجموعه ترجمه‌ای است از گزارشی تحت عنوان:

RISK ASSOCIATED WITH NATURAL DISASTER, CLIMATE CHANGE, MAN-MADE DISASTERS AND SECURITY THREATS

توجه: هدف از تهیه این‌گونه مجموعه‌ها، طرح موضوعات تخصصی در قالب انتقال فناوری از طریق نشر منابع تخصصی معتبر می‌باشد. لذا به کلیه بهره‌برداران توصیه می‌گردد جهت کاربرد اعداد و استانداردهای مورد اشاره به اصل منابع مراجعه نمایند. بدیهی است ناشر هیچ‌گونه مسؤولیتی در خصوص پیامدهای سوء ناشی از عدم توجه به توصیه فوق را متقبل نخواهد شد.

عنوان و نام پدیدآور : ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییر شرایط جوی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی/ تهیه و تالیف دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)؛ مترجمان مرتضی اردلان، فاطمه حیدری.؛ [برای] وزارت راه و شهرسازی سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای.
مشخصات نشر : تهران: مشق شب، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری : ۲۵۶ ص.: مصور، جدول ؛ ۲۲ × ۲۹ س‌م.
شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۷۲۵۲-۶۳-۵
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتاب حاضر ترجمه گزارش «Risk associated with natural disaster,claimet chang, man-made disasters and security threats» است.
موضوع : بلاهای طبیعی -- خطرسنجی
موضوع : Natural disasters -- Risk assessment
موضوع : راه‌ها -- خطرسنجی
موضوع : Roads -- Risk assessment
موضوع : خطرسنجی زیست‌محیطی
موضوع : Environmental risk assessment
موضوع : راه‌ها -- عوامل اقلیمی
موضوع : Roads -- Climatic factors
شناسه افزوده : اردلان، مرتضی، مترجم
شناسه افزوده : حیدری، فاطمه، ۱۳۶۴ -، مترجم
شناسه افزوده : انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (ایران). دبیرخانه
شناسه افزوده : سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای
رده بندی کنگره : GB۵۰۱۴/ر۹ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی : ۳۶۳/۳۴۲
شماره کتابشناسی ملی : ۴۲۵۰۹۶۶

مؤسسه انتشاراتی مشق شب

نام کتاب: ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییر شرایط جوی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی
تهیه و تألیف: دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)
مترجمان: مرتضی اردلان، فاطمه حیدری
ویرایش فنی: حسین متولی حبیبی
مشارکت در تهیه، تدوین و اجرا: شرکت مهندسین مشاور راه‌یاب ملل
شمارگان: ۳۰۰ نسخه
نوبت چاپ: اول/ ۱۳۹۵
چاپ: مشق شب
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۲۵۲-۶۳-۵

حق چاپ محفوظ و مخصوص ناشر می‌باشد.
نشانی: تهران، میدان ولیعصر، خیابان دمشق، ساختمان راهبران
طبقه اول، دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)
تلفکس: ۸۴۴۹۸۵۲۱
www.rmto.ir

عنوان و نام پدیدآور : ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی،تغییر شرایط جوی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی/ تهیه و تألیف دبیرخانه مجمع جهانی راه(پیارک) درایران؛ مترجم مرتضی اردلان، فاطمه حیدری؛ ویرایش حسین متولی حبیبی.
مشخصات نشر : تهران: وزارت راه‌وشهرسازی، سازمان راهداری‌وحمل‌ونقل جاده‌ای، دبیرخانه پیارک در ایران، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری :۲۴۰ ص.
شابک :
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا
یادداشت : عنوان اصلی: RISK ASSOCIATED WITH NATURAL DISASTER, CLIMATE CHANGE, MANMADE DISASTERS AND SECURITY THREATS
موضوع :ریسک–شبکه‌های حمل‌ونقل
موضوع : تحلیل و مدیریت ریسک
موضوع :مجمع جهانی راه
شناسه افزوده : اردلان، مرتضی، ۱۳۶۳، مترجم
شناسه افزوده : حیدری، فاطمه، ۱۳۶۴، مترجم
شناسه افزوده : متولی حبیبی، حسین، ۱۳۵۱، ویراستار
شناسه افزوده : حمل‌ونقل جاده‌ای
شناسه افزوده : انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (ایران)، دبیرخانه
شناسه افزوده : وزارت راه و شهرسازی،سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای
رده‌بندی کنگره :
رده‌بندی دیویی : شماره کتابشناسی ملی:

سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای – دبیرخانه پیارک در ایران

عنوان گزارش	:ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییر شرایط جوی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی
تهیه و تألیف	: دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)
تاریخ تألیف	: 2013 میلادی
مترجم	: مرتضی اردلان، فاطمه حیدری
ویرایش	:حسین متولی حبیبی
ناشر	:وزارت راه‌وشهرسازی- سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای- دبیرخانه پیارک در ایران
مشارکت در تهیه و نشر	: شرکت مهندسین مشاور راه‌یاب ملل
نوبت چاپ	: اول
تاریخ انتشار	: بهار ۱۳۹۵
کد انتشار	:
شابک	:
تیراژ	: ۳۰۰ نسخه
لیتوگرافی	:
چاپ و صحافی	:
نشانی	: میدان ولیعصر- خیابان دمشق- ساختمان راهبران- طبقه اول- دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران
تلفکس	: ۸۴۴۹۸۵۲۱ web:www.rmto.ir

* کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است*

بسمه‌تعالی

مختصری در خصوص پیارک

انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (پیارک) با هدف جمع‌آوری و انتشار اطلاعات در خصوص مسایل مربوط به جاده و ترافیک آن، اصلاح و استاندارد کردن شیوه‌های طراحی، اجرایی، اداری و مالی و نگهداری راهها، یکنواخت کردن علایم و نشانه‌ها، کدهای مربوط به آمد و شد در شاهراه‌های کشورهای مختلف و پیش‌بینی شبکه ارتباطی لازم متناسب با پیشرفت‌های اقتصادی و اجتماعی کشورها در سال 1908 همزمان با برگزاری اولین کنگره آن و با شرکت 27 کشور جهان در پاریس تشکیل شد.

این انجمن، با مشارکت‌کشورهای مختلف هر چهار سال یکبار در زمان و مکانی که توسط دولت‌های عضو مورد توافق قرار می‌گیرد، کنگره‌ای را برگزار می‌کند و هم‌اکنون با تغییر نام به مجمع جهانی راه با بیش از 2000 نماینده از ۱۴۲ کشور عضو به کار خود ادامه می‌دهد. در سال ۲۰۱۵ میلادی بیست‌وپنجمین کنگره این مجمع در شهر سئول کره جنوبی برگزار گردید.

اهداف کلی و اولیه پیارک را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

1- بهبود ارتباطات بین‌المللی

2- تدوین سیاست‌های حمل‌ونقل جاده‌ای

3- ارتقای کیفیت برنامه‌ریزی، ساخت، بهسازی و نگهداری راهها

۴- ارتقای کیفیت اجرایی و مدیریت سیستم‌های راه

امروزه این اهداف شکل جدیدی پیدا کرده و با سرعت بیشتری تعقیب می‌گردد که عبارتند از:

- افزایش همکاری بین‌المللی
- پیشرفت هر چه سریعتر و جهت‌دار نمودن سیاست‌های برنامه‌ریزی، ساخت، بهسازی و نگهداری راهها

طی سال‌های اخیر، فعالیت‌های مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران گسترش یافته و با تشکیل دبیرخانه این مجمع در سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای و معرفی اعضاء، سعی بر آن شده که هر چه بیشتر با مرکز پیارک در فرانسه ارتباط لازم برقرار شود. اعضایی که برای این مجمع در نظر گرفته شده شامل یک عضو اصلی و یک یا دو عضو مکاتبه‌ای برای هر یک از کمیته‌های 18 گانه و کارگروه‌های ویژه مندرج در زیر می‌باشند:

موضوعات راهبردی، کمیته‌های تخصصی و کارگروه‌های ویژه برای دوره ۲۰۱۹-۲۰۱۶

موضوع راهبردی ۱: مدیریت و تأمین مالی

TC A.1 عملکرد ادارات راه و حمل‌ونقل

TC A.2 اقتصاد سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای و توسعه اجتماعی

TC A.3 مدیریت ریسک

TF A.1 تأمین مالی با شیوه‌های ابتکاری

TF A.2 هماهنگی متولیان ملی و منطقه‌ای حمل‌ونقل

موضوع راهبردی ۲: دسترسی و جابجایی

TC B.1 بهره‌برداری از شبکه راه/ سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند

TC B.2 نگهداری زمستانی راه

TC B.3 حمل‌ونقل چندوجهی پایدار در نواحی مسکونی

TC B.4 حمل‌ونقل بار

TF B.1 راهکارهای نوین در طرح راه و زیرساخت- ارتباطات خودرویی V2I و V2V

موضوع راهبردی ۳: ایمنی

TC C.1 سیاست‌ها و برنامه‌های ملی ایمنی حمل‌ونقل

TC C.2 طراحی و بهره‌برداری زیرساخت‌های ایمن‌تر راه

TF C.1 کاهش مخاطرات و آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حمل‌ونقل

موضوع راهبردی ۴: زیرساخت

TC D.1 مدیریت زیرساخت‌های سرمایه‌ای راه

TC D.2 روسازی‌های راه

TC D.3 پل‌های راه

TC D.4 راههای کم‌تردد و عملیات خاکی

TC D.5 بهره‌برداری از تونل‌های راه

موضوع راهبردی ۵: تغییرات آب‌وهوایی، محیط زیست و مدیریت بحران

TC E.1 راهبردهای انطباق و انعطاف‌پذیری زیرساخت‌های راه

TC E.2 ملاحظات زیست‌محیطی در ساخت و بهره‌برداری از راه

TC E.3 مدیریت بحران

CTERM کمیته اصطلاح‌شناسی

ریاست پیارک در ایران بر عهده آقای مهندس داود کشاورزیان بوده، آقای مهندس مهران قربانی سمت دبیر پیارک و مسؤولیت دبیرخانه پیارک در ایران را عهده‌دار می‌باشند. با توجه به اهداف اصلی مجمع جهانی راه، دبیرخانه پیارک در ایران با بازنگری در تشکیلات و اعضای خود به جهت رسیدن به ترکیب ایده‌آل چه به لحاظ امکانات و تسهیلات و چه به لحاظ نیروهای تخصصی فعال امیدوار است که بتواند در ارتقای سطح دانش فنی و تخصصی زیرمجموعه‌های مختلف حمل‌ونقل جاده‌ای کشور سهم و نقش خود را ایفاء نماید.

دبیرخانه پیارک در ایران

وزارت راه و شهرسازی به عنوان متولی اصلی صنعت حمل‌ونقل کشور،نیازمند استفاده از بخش وسیعی از خدمات مهندسی در زمینه طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از اجزای سیستم حمل‌ونقل می‌باشد. ازاین‌رو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز به طور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته تا نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردد. سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای به عنوان یکی از معاونت‌های وزارت راه و شهرسازی درصدد است ضمن شناسایی نیازهای اساسی بخش‌های مختلف وزارت متبوع و انجام تحقیقات علمی ـ کاربردی در زمینه مسایل فنی حمل‌ونقل و همچنین استفاده از آخرین دستاوردها و انجام مبادلات علمی با مجامع و سازمان‌های علمی و تخصصی ذی‌ربط، به رفع این نیازها بپردازد. در همین راستا این سازمان بر آن است تا با تهیه و تدوین مجموعه گزارش‌های تخصصی، دانش فنی مورد نیاز را به شکلی مناسب در اختیار بخش‌های مختلف وزارت متبوع و سایر متخصصان قرار دهد.
امید است که با تلاش‌های صورت گرفته توسط آقای مهندس مهران قربانی دبیر مجمع جهانی راه در ایران و مدیرکل محترم دفتر ایمنی و حریم راه و همکاری افرادی که در تهیهٔ این گزارش ما را یاری رساندند، ضمن تشکر و قدردانی، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقاء عملکردها برداشته شود.

داود کشاورزیان

رییس سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای

نماینده اول پیارک در ایران

بیانیه

مجمع جهانی راه (پیارک- **PIARC**) یک سازمان غیرانتفاعی است که در سال ۱۹۰۹ به منظور ارتقای همکاری‌های بین‌المللی و ترویج پیشرفت در زمینه راهها و حمل‌ونقل جاده‌ای تأسیس شد.

مطالعه موضوع این گزارش در برنامه راهبردی ۲۰۱۱-۲۰۰۷ پیارک تعریف گردید و برنامه راهبردی نیز توسط شورای مجمع جهانی راه متشکل از نمایندگان کشورهای عضو تصویب گردید. اعضای کمیته فنی متناظر با موضوع این گزارش، توسط کشورهای عضو منصوب شدند.

هر گونه نظرات، یافته‌ها، نتیجه‌گیری‌ها و پیشنهادهایی که در این گزارش ارایه شده است، دیدگاه‌های مؤلفان گزارش بوده و ضرورتاً منعکس‌کننده نظرات سازمان‌ها یا ادارات متبوع آنها نمی‌باشد.

این گزارش از تارنمای مجمع جهانی راه (پیارک) به نشانی زیر قابل‌دستیابی است.

http://www.piarc.org

تمامی حقوق این اثر به طور انحصاری متعلق به مجمع جهانی راه می‌باشد.

مجمع جهانی راه (پیارک)

ساختمان پاسکال، طبقه دوم، ۹۲۰۵۵ ، منطقه لادفانس، پاریس، فرانسه

شماره استاندارد بین‌المللی کتاب ۷-۳۳۳-۸۴۰۶۰-۲-۹۷۸

طرح روی جلد: مجمع جهانی راه

این گزارش تحت نظارت کمیته فنی C.3 مجمع جهانی راه «مدیریت ریسک‌های عملیاتی در بهره‌برداری از راه» به مدیریت میچیو اوکاهارا (ژاپن) تهیه شده است.

آماده‌سازی این گزارش توسط کارگروه C3.2 مجمع جهانی راه، تحت عنوان «ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییر شرایط جوی، بلایای انسانی و تهدیدات امنیتی» انجام شد.

اعضای گروه آماده‌سازی این گزارش عبارت بودند از:

یوهان لوگُل (کانادا)، کای تاتاری (فنلاند)، اریک دینه (فرانسه)، اودو تگدوف (آلمان)، میچیو اوکاهارا (ژاپن): همکاری در زمینه مطالعات موردی؛ کِیچی تامورا (ژاپن): همکاری در تهیه بخش ۳ گزارش؛ ایو اِنسر (فرانسه): همکاری در زمینه مثال‌ها، بخش ۴ گزارش و ترجمه به زبان فرانسه؛ گوستاوو مورنو (مکزیک): همکاری در زمینه مطالعات موردی و ترجمه به زبان فرانسه؛ کانی یوو (ایالات متحده): همکاری در زمینه مطالعات موردی و تهیه بخش‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ گزارش.

پیش‌نویس این گزارش به زبان انگلیسی تهیه شد و سپس به وسیله گوستاوو مورنو به فرانسه ترجمه شد، ویرایش نسخه فرانسه به‌وسیله ایو اِنسر و اریک دینه صورت پذیرفت.

کمیته فنی C3 توسط میچیو اوکاهارا (ژاپن) مدیریت می‌شود. یوهان لوگُل (فرانسه)، هیرویاکی ناکاجیما (ژاپن) و گوستاوو مورنو (مکزیک) به ترتیب به عنوان دبیران فرانسه‌زبان، انگلیسی‌زبان و اسپانیولی‌زبان همکاری می‌کنند.

نسخه فرانسه این گزارش با شماره مرجع 2013R09FR , ISBN:۹۷۸-۲-۸۴۰۶۰-۳۳۴-۴ در دسترس می‌باشد.

ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییر شرایط جوی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

خلاصه مدیریتی..... ۱

۱- مقدمه..... ۵

۱-۱- محدوده فعالیت..... ۵

۱-۲- ساختار گزارش..... ۶

۲- متدولوژی ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تمامی خطرات..... ۹

۲-۱- ابزار مبتنی بر ریسک برای حفاظت از دارایی‌ها..... ۹

۲-۲- مروری بر نحوه استفاده از ابزارکپتا..... ۱۰

۲-۳- راهنمای استفاده از ابزارکپتا..... ۱۱

۲-۴- به‌کارگیری ابزارکپتا..... ۱۲

۳- مدیریت ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی..... ۱۳

۳-۱- مقدمه..... ۱۳

۳-۲- مدیریت ریسک‌های مرتبط با باران شدید..... ۱۳

۳-۲-۱- بازرسی راه برای خطرات مرتبط با باران شدید..... ۱۳

۳-۲-۲- مسدود کردن احتیاطی جاده بر روی ترافیک عبوری..... ۱۴

۳-۳- مدیریت ریسک‌های مرتبط با زلزله..... ۱۴

۳-۳-۱- بررسی لرزه‌ای تسهیلات راه..... ۱۴

۳-۳-۲- مقاوم‌سازی لرزه‌ای پل‌ها..... ۱۵

۳-۴- مدیریت ریسک‌های مرتبط با آتش‌سوزی جنگل..... ۱۶

۳-۴-۱- آتش‌سوزی جنگل..... ۱۶

۳-۴-۲- اثرات آتش‌سوزی جنگل‌ها بر روی کاربران شبکه جاده‌ای..... ۱۶

۴- ریسک‌های مرتبط با تغییر آب‌وهوا و راهبردهای انطباق با آنها..... ۱۹

۴-۱- هدف..... ۱۹

۴-۲- تغییرات آب‌وهوا و تأثیرات بالقوه آن بر حمل‌ونقل..... ۲۰

۴-۳- تطابق و تفاوت آن با تخفیف اثرات..... ۲۱

۴-۴- استفاده از ابزارهای ریسک برای ایجاد ابزارهای تطابق با تغییرات آب‌وهوایی..... ۲۲

۴-۴-۱- رویکردهای اروپا..... ۲۲
۴-۴-۲- رویکرد آمریکای شمالی ۲۵
۴-۴-۳- حرکت به‌سوی آینده، مرور مقیاس‌های تطابق قابل‌دستیابی..... ۲۶
۵- جعبه‌ابزار تحت وب مدیریت ریسک (نسخه بتا)..... ۳۱
۵-۱- معرفی..... ۳۱
۵-۲- هدف..... ۳۱
۵-۲-۱- انتقال فایل‌های جعبه‌ابزار (فایل‌های اکسل) به یک پایگاه داده‌های اینترنتی با قابلیت جستجو..... ۳۱
۵-۲-۲- طراحی پایگاه داده‌ها به گونه‌ای که محتوای آن توسط اعضای پیارک ارایه شود..... ۳۲
۵-۲-۳- ایجاد فضایی برای اعضای پیارک جهت به‌اشتراک‌گذاری ایده‌ها در مورد مدیریت ریسک راهها..... ۳۲
۵-۲-۴- تأمین یک بانک اطلاعاتی مرکزی..... ۳۳
۶- نتیجه‌گیری..... ۳۵
۷- واژه‌نامه..... ۳۷
۸- مراجع..... ۳۹
پیوست الف- راهنمای گام‌به‌گام استفاده از CAPTool..... ۴۳
مرحله ۱: ریسک‌های مرتبط ۴۳
مرحله ۲: آستانه‌ها..... ۴۸
مرحله ۳: فهرست دارایی‌ها و طبقه‌بندی دارایی..... ۵۱
مرحله ۴: فهرست دارایی‌ها/ طبقه‌بندی‌های دارایی دارای حد بالای پیامد..... ۵۸
مرحله ۵: اقدامات متقابل..... ۶۰
مرحله ۶: خلاصه نتایج..... ۶۳
پیوست ب-نمونه‌هایی از انطباق با تغییرات آب‌وهوا..... ۶۵
۱- خیابان‌های سبز برای انطباق با افزایش بارندگی..... ۶۵
۱-۱- ادمونستون - مریلند: پروژه خیابان دکاتور..... ۶۵
۱-۲- شیکاگو، ایلینوی: برنامه کوچه سبز..... ۶۵
۱-۳- پورتلند، اورگان: طرح جامع خیابان سبز..... ۶۶
۲- تغییرات در ساخت راهها برای مقابله با ذوب پهنه‌های منجمد (پرمافراست)..... ۶۶
۲-۱- آلاسکا: ذوب پرمافراست..... ۶۶
۳- تطبیق بندرها و امکانات حمل‌ونقل دریایی برای مقابله با افزایش سطح آب دریا..... ۶۷
۳-۱- ایالت واشنگتن: بندرها و لنگرگاه‌ها..... ۶۷
۴- تطبیق سیاست دریایی جهت افزایش فصل حمل‌ونقل دریایی..... ۶۸
۴-۱- مسیرحمل‌ونقل سنت‌لارنس..... ۶۸
۴-۲- مسیرهای کوتاه حمل‌ونقل دریایی..... ۶۸

۵- ایجاد حمل‌ونقل منطقه‌ای و طرح‌های کاربری زمین برای مقابله با اثرات تغییر آب‌وهوا..... ۶۸
۵-۱- هوستون- گالوستون، تگزاس: برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و کاربری زمین..... ۶۸
۶- تطابق سیستم حمل‌ونقل با اثرات تغییر آب‌وهوا..... ۶۹
۶-۱- نیویورک: راهبردهای سازگاری حمل‌ونقل و ترانزیت کلان‌شهری در برابر تغییرات آب‌وهوا..... ۶۹
۷- نتیجه‌گیری..... ۷۰
۸- مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات آب‌وهوا (RIMAROCC): کتاب راهنما..... ۷۰
۸-۱- معرفی..... ۷۰
۸-۲- عوامل آب‌وهوایی بحرانی..... ۷۱
۸-۳- درباره مدیریت ریسک..... ۷۲
۸-۴- رویکرد RIMAROCC..... ۷۴
۸-۵- معیارهای و شاخص‌های ریسک..... ۷۷
۸-۶- شرایط مرزی RIMAROCC..... ۷۹
۸-۷- مراجع..... ۸۰
پیوست پ- مطالعات موردی..... ۱۱۳
کانادا ۱- شکست سد و سیل در ساگونای، کبک..... ۱۱۳
کانادا ۲- فرسایش خط ساحلی (ÎLES-DE-LA-MADELEINE)..... ۱۲۵
کانادا ۳- آتش‌سوزی جنگل در CHIBOU GAMAU..... ۱۳۳
کانادا ۴- مدیریت ریسک رانش خاک‌های رسی در کبک..... ۱۴۵
کانادا ۵- رویکرد جدید وزارت حمل‌ونقل کبک برای طراحی و مدیریت زیرساخت‌های فرودگاهی در NUNAVIK از منظر تغییرات آب‌وهوایی: به سوی یک راهبرد سازگار..... ۱۶۱
فنلاند ۱- فروپاشی پل در برسبی، فنلاند..... ۱۷۶
فنلاند ۲- کمبود و نقایص حفاظ‌های ایمنی و نرده‌های پل..... ۱۸۱
فنلاند ۳- مدیریت ریسک در یک پروژه طرح و ساخت بزرگ..... ۱۸۵
آلمان ۱- ارزیابی ریسک‌های رانش زمین به دلیل رخداد شرایط آب‌وهوایی شدید..... ۱۸۹
آلمان ۲- تأثیر تغییر آب‌وهوا بر روی بتن پیش‌تنیده موجود در سازه پل..... ۱۹۱
آلمان ۳- ریسک تشکیل لایه آب بر سطح راه در اثر تغییرات آب‌وهوا..... ۱۹۴
آلمان ۴- تأمین داده‌های راه و ساختمان برای تحلیل اثرات تغییر آب‌وهوا..... ۱۹۶
ژاپن- مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات جوی و بلایای طبیعی..... ۱۹۹
مکزیک- مطالعه موردی تاباسکو..... ۲۱۶
ایالات متحده آمریکا- تقاطع غیر هم‌سطح مک‌آرتور: مطالعه موردی ریسک انتقالی..... ۲۲۴
پیوست ت- جعبه‌ابزار مدیریت ریسک راه (نسخه Excel)..... ۲۳۳
۱- چکیده..... ۲۳۳

۲- پیشینه جعبه‌ابزار فنی برای مدیریت ریسک..... ۲۳۳
۳- جعبه‌ابزار فنی برای مدیریت ریسک چیست؟..... ۲۳۴
٤- فهرست‌های اطلاعاتی..... ۲۳۴
٥- استفاده از فهرست‌های اطلاعاتی..... ۲۳۵
٦- فهرست‌های اطلاعاتی برای مدیریت رویدادهای طبیعی..... ۲۳۶
۷- فهرست‌های اطلاعاتی برای مدیریت رویدادهای ناشی از عوامل انسانی..... ۲۳۸
۸- توسعه آینده جعبه‌ابزار فنی برای مدیریت ریسک..... ۲۳۹

خلاصه مدیریتی

❖ معرفی

این گزارش در ارتباط با ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییرات آب‌وهوا، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی است. اهداف این گزارش در چهار بند زیر خلاصه شده است:

- تشریح یک متدولوژی برای ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تمامی خطرات،
- تشریح روش عملی برای مدیریت ریسک‌های مرتبط با خطرات طبیعی،
- ارایه تصویری از تلاش‌های صورت گرفته برای مدیریت ریسک‌های مرتبط با تغییرات آب‌وهوا و چگونگی تطابق زیرساخت‌های حمل‌ونقل در سراسر جهان با این تغییرات،
- پیشنهاد تغییر جعبه‌ابزار مدیریت ریسک توسعه‌یافته توسط این کمیته در دوره‌های گذشته و تبدیل آن به یک ابزار تحت وب.

❖ متدولوژی ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تمامی خطرات

این گزارش یک رویکرد روش‌شناختی به نام «هزینه حفاظت از دارایی‌ها: راهنمایی در خصوص تمامی خطراتی که ادارات راه و حمل‌ونقل با آنها مواجهند[1] (کپتا - CAPTA)»، ارایه می‌کند. این رویکرد در ایالات متحده توسعه یافته است و تأمین مالی آن نیز به‌وسیله برنامه همکاری ملی برای تحقیقات راه[2] (NCHRP) انجام گرفته است. کپتا خطرات، تهدیدها و عواقب بالقوه آنها را در یک چارچوب مشترک ارزیابی می‌نماید. سؤال اصلی مالکان و کاربران سیستم‌های حمل‌ونقل که باید به آن پاسخ داده شود این است که کدام رخداد احتمالی در سیستم حمل‌ونقل از اهمیت بیشتری برخوردار است؟ یک طرح عملیاتی گام‌به‌گام با استفاده از ابزاری برای پیاده‌سازی روش کپتا به‌وسیله کاربران، در این گزارش ارایه شده است.

درحالی‌که ابزارها و روش‌های مدیریتی مختلفی برای مدیریت ریسک موجود می‌باشند، اما از آنجا که رویکرد کپتا بر مبنای آستانه تحمل ریسک و ملاحظات بودجه سرمایه‌ای برای کاهش ریسک تمامی خطرات است، این بخش از گزارش به تشریح کپتا می‌پردازد. در بخش چهارم این گزارش، یک رویکرد کلی از ابزارهای مخصوص تطابق با تغییرات آب‌وهوا از قبیل پروژه[3] RIMAROCC (مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات آب‌وهوا)، پروژه French GERICI و راهبرد تطابق انگلستان ارایه شده است.

1. **C**osting **A**sset **P**rotection: An All Hazards Guide for **T**ransportation **A**gencies
2. **N**ational**C**ooperative**H**ighway**R**esearch **P**rogram
3. **Ri**sk **Ma**nagement for **R**oads in a **C**hanging **C**limate

❖ روش‌های کاربردی برای مدیریت ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی

در این بخش، تکنیک‌های کاربردی برای مدیریت ریسک‌های مرتبط با بارش باران‌های سنگین و زلزله که به‌طور معمول بلایای طبیعی در بسیاری از کشورها و مناطق هستند، ارایه شده است. این روش‌ها در ژاپن توسعه یافته‌اند و در کشورهای دیگر نیز قابل استفاده هستند. بررسی و پایش راهها در رابطه با بارش باران‌های سنگین از سال ۱۹۶۸ تاکنون بارها انجام شده است. در این بازرسی‌ها ۹ مورد از جمله ریزش سنگ، شکست و تخریب بستر روسازی راه، لغزش زمین، جریان یافتن ضایعات، تخریب خاک‌ریزی جاده، آب‌شستگی فونداسیون پل و دیوارهای حایل بررسی می‌شوند. نتایج بازرسی، در سه رده دسته‌بندی و اقدامات پیشگیرانه به صورت نظام‌مند بکار گرفته شده‌اند. درحالی‌که این تلاش‌ها و بازرسی‌ها به‌طور پیوسته ادامه دارد، ولی هنوز هم تعداد زیادی از شیب‌های راه وجود دارند که در مقابل بارش باران‌های سنگین محافظت‌نشده باقی مانده‌اند. به منظور مقابله با خطرات این دامنه‌های محافظت‌نشده، هنگام افزایش میزان بارش باران از یک سطح آستانه مشخص، برای اطمینان از ایمنی ترافیک عبوری از جاده، آن را عمداً مسدود کرده و از عبور ترافیک در آن جلوگیری می‌شود. این سطح آستانه بر اساس سوابق بلایای طبیعی به صورت مجزا برای هر بخش راه تعیین می‌شود.

بازرسی لرزه‌ای اجزا و ابنیه راه نیز از سال ۱۹۷۱ انجام شده است. این بازرسی برای هشت نوع از اجزا و ابنیه راه مانند پل‌ها، پل‌های عابر پیاده، خاک‌ریزی راه، دیوارهای حایل و تونل‌ها انجام شده است. نتایج حاصل از بازرسی در یک پایگاه داده‌ای قرار داده شده است و از این نتایج به‌طورگسترده‌ای برای ارزیابی عملکرد لرزه‌ای اجزا و ابنیه راه استفاده می‌شود. بهسازی لرزه‌ای پل‌های راه به‌عنوان بخشی از تلاش‌ها جهت بهبود عملکرد لرزه‌ای اجزا و ابنیه راه بکار گرفته شده است. در سال‌های اخیر مقاوم‌سازی لرزه‌ای پل‌ها به ویژه در مسیرهای حمل‌ونقل ضروری، پل‌های عبوری از روی مسیر شینکانزن (قطارهای پرسرعت) و پل‌های موجود در بزرگراهها به شدت ترویج شده است. هدف از این تلاش‌ها جلوگیری از آسیب‌های جدی مانند فروپاشی پل‌ها، اطمینان از عملکرد مسیرهای حمل‌ونقل ضروری و جلوگیری از فاجعه ثانویه هنگام حرکات گسترده زمین می‌باشد.

❖ خطرات تغییرات آب‌وهوا و راهبردهای انطباق با این تغییرات

هیأت بین‌المللی تغییرات آب‌وهوایی[1] (IPCC) به این نتیجه رسیده است که آب‌وهوای ناحیه‌ای مناطق در حال تغییر است. خواه این تغییر آب‌وهوا ناشی از «اثر تغییرات طبیعی آب‌وهوا» باشد و یا به فعالیت‌های انسانی نسبت داده شود، IPCC به این نتیجه رسیده است که راهبردهای کاهش تغییرات آب‌وهوا برای جلوگیری از اثرات منفی بالقوه تغییرات آب‌وهوا، کافی نخواهد بود. اثرات منفی بالقوه می‌تواند ناشی از تغییرات نامطلوب دما، کاهش یا افزایش بارش باران، افزایش توفان و تغییرات در سطح آب دریاها، باشد. افزایش ریسک‌های زیرساخت‌های

1. The **I**ntergovernmental **P**anel on **C**limate **C**hange

حمل‌ونقل ناشی از اثرات بالقوه تغییرات آب‌وهوایی به رسمیت شناخته شده است و تحقیقات فزاینده‌ای در رابطه با چگونگی انطباق زیرساخت‌های مناطق موردنظر جهت مقابله با ریسک‌های ناشی از تغییرات آب‌وهوایی در حال انجام است. هدف از این فصل برجسته نمودن توسعه پیکره دانش در زمینه انطباق زیرساخت‌های حمل‌ونقل در مواجهه با ریسک‌های تغییرات آب‌وهوا می‌باشد.

دولت‌ها در سراسر جهان با یکدیگر در زمینه مطالعات مرتبط به سازگاری با موضوع تغییرات آب‌وهوایی، همکاری می‌نمایند و گروه‌های مشترکی را در این زمینه ایجاد نموده‌اند. برای مثال، در برنامه ERA-NETRoad روشی ابتکاری برای یک رویکرد مرسوم روش‌شناختی در اروپا راه‌اندازی شد، این روش ابتکاری «مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات آب‌وهوا» (RIMAROCC) می‌باشد. در ایالات‌متحده نیز مانند اروپا برای انطباق با تغییر آب‌وهوا تلاش‌های مختلفی صورت گرفته است. رهبری و همکاری‌های ملی برای انجام پروژه‌های تحقیقاتی در مقیاس بزرگ، بسیار مهم هستند. به عنوان مثال، وزارت حمل‌ونقل آمریکا[1] (USDOT)، از طریق رهبری ملی، انجام یک پروژه تحقیقاتی بزرگ را بر عهده گرفت که در آن، سه نوع از تغییرات آب‌وهوایی که شبکه‌های حمل‌ونقل در تمام شش قاره قابل سکونت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مشخص شده است. این تغییرات عبارتند از (۱) تغییرات دما، (۲) تغییرات بارش و (۳) افزایش سطح آب دریا / افزایش طوفان.

در این فصل از گزارش دلایل تأکید دولت‌ها بر هر دو روش کاهش تغییرات اقلیمی و روش‌های سازگاری، بیان خواهد شد. همچنین چگونگی استفاده دولت‌ها از ابزارهای مدیریت ریسک جهت انطباق با این تغییرات تشریح می‌شود. شرح خلاصه‌ای از تلاش‌های در حال توسعه برای آماده‌سازی جوامع جهت استقرار تدریجی فناوری‌های جدید در زیرساخت‌های حمل‌ونقل در این فصل ارایه شده است. چندین نمونه از مطالعات موردی در ضمایم آمده است.

❖ جعبه‌ابزار تحت وب مدیریت ریسک (نسخه بتا)

در سال ۲۰۰۷، کمیته فنی پیارک در مدیریت ریسک در راهها (TC 3.2) توسعه اولین نسخه جعبه‌ابزار فنی مدیریت ریسک راهها را آغاز کرد. این جعبه‌ابزار یک پایگاه داده از خط‌مشی‌ها، تکنیک‌ها و فناوری و ابزار عملیاتی (تعمیر و نگهداری) برای مدیریت ریسک در راهها می‌باشد و متشکل از ۱۲۴ صفحه فهرست است.
صفحات اطلاعاتی مرتبط با معرفی فناوری‌های مدیریت ریسک، به‌طور عمده در ژاپن و نیوزیلند استفاده می‌شود. هدف از تولید این صفحات اطلاعاتی کمک به بودجه‌ریزی و مدیریت راهها با استفاده از ابزار/ فناوری‌های نرم‌افزاری مدیریت ریسک است. صفحات اطلاعاتی به مدیریت رویدادهای طبیعی و مدیریت رویدادهای ناشی از دخالت بشر، دسته‌بندی شده است. تمام صفحات با توجه به فازهای مختلف پروژه (از برنامه‌ریزی تا بهره‌برداری)

1. The **US D**epartment **O**f **T**ransportation

طبقه‌بندی شده‌اند. در هر مورد، صفحات اطلاعاتی ارایه‌ای مختصر از متدولوژی توصیه‌شده و فناوری‌های موجود ارایه می‌دهند. در حال حاضر اعضای TC 3.2 صفحات اطلاعاتی مرتبط با راهبردهای انطباق با تغییرات آب‌وهوا را به جعبه‌ابزار اضافه می‌نمایند.

۱- مقدمه

کمیته فنی C3 پیارک (مدیریت ریسک عملیاتی در بهره‌برداری از راهها) شامل سه گروه کاری به شرح زیر بود:

C.3.1: معرفی تکنیک‌های مدیریت ریسک در بخش راهها.
C.3.2: خطرات مرتبط با بلایای طبیعی، تغییرات آب‌وهوا، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی؛
C.3.3: پذیرش اجتماعی و درک ریسک‌ها.

این گزارش یکی از خروجی‌های کارگروه C.3.2 می‌باشد.

۱-۱- محدوده فعالیت

محدوده فعالیت کارگروه C.3.2 در جدول زیر ارایه شده است.

جدول ۱-۱- موضوع راهبردی C.3.2، خطرات مرتبط با بلایای طبیعی، تغییرات جوی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی

راهبردها	نتایج
شناسایی رویکردهای مورد استفاده جهت ارزیابی ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییرات آب‌وهوا، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی. شناسایی راهبردهای مورد استفاده جهت کاهش یا محدودسازی ریسک‌های مرتبط با شرایط مذکور.	اشتراک متدولوژی‌های مورد استفاده جهت ارزیابی ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییرات آب‌وهوا، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی. مستندسازی مطالعات موردی و راهبردهای مؤثر بر اجتناب یا کاهش ریسک‌های مذکور.

این کار بر چهار حوزه کلیدی تمرکز دارد:

- روشی برای ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تمامی خطرات؛
- روش‌های عملی برای مدیریت ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی؛
- راهبردی برای کاهش یا محدودسازی ریسک‌ها؛
- جعبه‌ابزار تحت وب مدیریت ریسک (نسخه بتا).

این گزارش شامل موضوعاتی به شرح زیر می‌باشد:

(۱) راهنمای کاربری گام‌به‌گام برای کمک به ادارات راه در ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تمام خطرات،

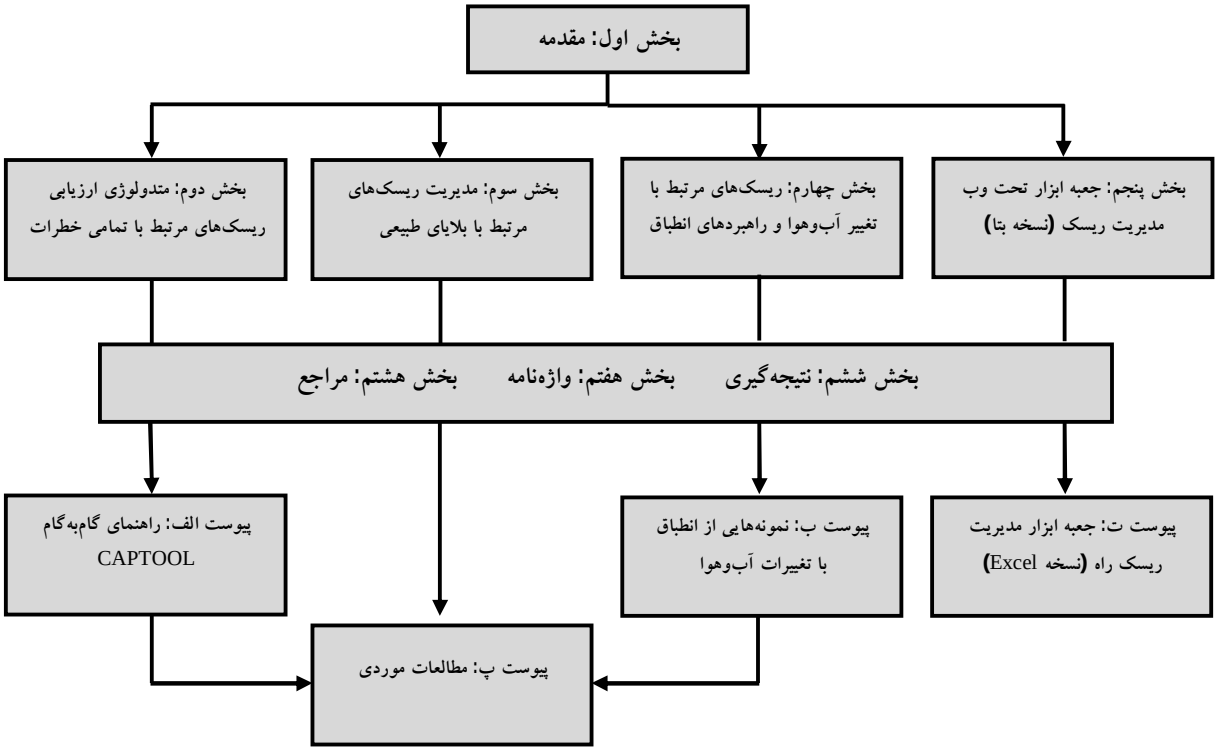
(۲) روش‌های عملی برای مدیریت ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی،

(۳) مستندسازی مطالعات موردی و راهبردهای مورد استفاده برای کاهش یا محدودسازی ریسک‌های مرتبط با تمامی خطرات از جمله خطرات مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی،

(۴) ارایه جعبه‌ابزار تحت وب مدیریت ریسک (نسخه بتا).

۱-۲- ساختار گزارش

ساختار این گزارش در نمودار زیر ارایه شده است.



شکل ۱-۱- ساختار گزارش

- بخش یک- معرفی کلی از گزارش،
- بخش دو- تشریح متدولوژی برای ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تمامی خطرات،
- بخش سه- ارایه یک روش کاربردی برای مدیریت ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی،
- بخش چهار- ارایه اطلاعات درباره ریسک‌های تغییرات آب‌وهوا و راهبردهای تطابق،
- بخش پنج- معرفی جعبه‌ابزار تحت وب مدیریت ریسک ارایه‌شده (نسخه بتا)،

- بخش ششم- جمع‌بندی نتایج گزارش،
- بخش هفتم- ارایه یک واژه‌نامه از واژگان مورد استفاده،
- بخش هشتم- ارایه فهرست مراجع،
- پیوست الف- ارایه یک راهنمای گام‌به‌گام برای استفاده از ابزار کپتا،
- پیوست ب- ارایه گزارش از وضعیت روش‌های تطابق با تغییرات آب‌وهوا،
- پیوست پ- ارایه مطالعات موردی از نقاط مختلف دنیا،
- پیوست ت- تشریح نسخه فعلی جعبه‌ابزار مدیریت ریسک (نسخه تحت اکسل).

۲- متدولوژی ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تمامی خطرات

روشی که در این فصل ارایه خواهد شد، مدرن‌ترین راهنمایی است که برای ارزیابی ریسک‌های سرمایه‌ای حمل‌ونقل موجود است که تأمین مالی آن نیز به‌وسیله برنامه همکاری ملی برای تحقیقات راه (NCHRP) انجام گرفته است. توسعه این روش توسط شرکت بین‌المللی علوم کاربردی[1] و شرکت مشاور PB صورت گرفته است. این روش با حمایت مالی انجمن ادارات حمل‌ونقل و راههای ایالتی آمریکا[2] (AASHTO) و با همکاری سازمان راههای فدرال[3](FHWA) صورت پذیرفته است. این روش تحت عنوان یک راهنما با عنوان « هزینه حفاظت از دارایی‌ها: راهنمایی در خصوص تمامی خطراتی که ادارات راه و حمل‌ونقل با آنها مواجهند (کپتا) و تحت عنوان گزارش NCHRP 525 ارایه شده است. این گزارش در سال ۲۰۰۹ منتشرشد. برای کسب اطلاعات بیشتر به آدرس اینترنتی زیر مراجعه نمایید:

http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/nchrp rpt 525v15.pdf

۲-۱- ابزار مبتنی بر ریسک برای حفاظت از دارایی‌ها

ابزار مبتنی بر ریسک برای کمک به تصمیم‌گیران و سرعت بخشیدن به انتخاب‌های منطقی آنها بر اساس اولویت‌های سازمان مربوطه و ویژگی‌های دارایی‌های موردنظر، طراحی شده است. ابزار کپتا با تصمیم‌گیری در خصوص اینکه بودجه و منابع کجا و چگونه صرف ریسک‌های مشخص شوند، به مسؤولان در انجام انتخاب‌ها کمک می‌کند. ابزار کپتا توانایی در نظر گرفتن حالت‌های مختلف حمل‌ونقل و ارزیابی آن حالت‌ها و دارایی‌ها را با محدودیت منابع داراست و شایستگی این حالت‌ها و دارایی‌ها را با توجه به محدودیت منابع مشخص می‌کند. ابزار کپتا برای کاربران، اطلاعات برنامه‌ریزی و بودجه‌بندی سرمایه را بر اساس تجزیه و تحلیل دارایی‌ها، تهدیدات و خطرات مربوطه و عواقب آنها، فراهم می‌سازد. ابزار کپتا با در نظر گرفتن عواقب، تعداد و نوع تهدیدات و خطرات و حالت‌های حمل‌ونقل، روشی منسجم برای تخصیص منابع در میان حالت‌های حمل‌ونقل مختلف را فراهم می‌کند.

1.Science Applications International Corporation
2.The **A**merican **A**ssociation of **S**tate **H**ighway and **T**ransportation **O**fficials
3.**F**ederal **H**igh**w**ay **A**dministration

مزایای استفاده از ابزار کپتا

- نمایش اثر بودجه بر سطح آستانه تحمل ریسک سازمان‌های مختلف که توسط کاربر انتخاب شده است.
- بررسی محاسن روش‌های بهبود و توسعه، ازجمله مقیاس‌های سرمایه‌ای و عملیاتی - هر دو به‌تنهایی یا ترکیبی از آنها؛
- ارایه برآورد به ترتیب بزرگی مقیاس، برای مجموعه‌ای از راهبردهای کاهش اثرات ریسک انتخاب‌شده توسط کاربر (اقدامات متقابل). این برآورد بر اساس بزرگی مقیاس به‌عنوان نقطه شروع برای اهداف بودجه عمل می‌کند. این تخمین‌ها در یک مدل چندوجهی با امکان در نظر گرفتن دارایی‌های مختلف سازمان، اعمال می‌شود (این مدل نشان می‌دهد برای کدام یک از دارایی‌ها، به تجزیه و تحلیل دقیق‌تر ریسک نیاز است).
- ارایه راهنمایی‌های شفاف برای دستیابی به اهداف.

در حالی که ابزارها و تکنیک‌های مدیریتی مختلفی برای مدیریت ریسک موجود هستند، اما از آنجا که رویکرد کپتا بر مبنای آستانه تحمل ریسک و ملاحظات بودجه سرمایه‌ای برای کاهش ریسک تمامی خطرات است، این بخش از گزارش به تشریح کپتا می‌پردازد. در بخش چهارم این گزارش، یک رویکرد کلی از ابزارهای مخصوص تطابق با تغییرات آب‌وهوا از قبیل پروژه RIMAROCC (مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات آب‌وهوا)، پروژه French GERICI و راهبرد تطابق انگلستان ارایه شده است.

۲-۲- مروری بر نحوه استفاده از ابزار کپتا

ابزار کپتا روش‌های مبتنی بر ریسک کنونی برای مدیریت دارایی‌ها را با کاهش تعداد و پیچیدگی ورودی‌ها، به ویژه ورودی‌هایی که نیازمند قضاوت کاربر هستند، را ساده کرده و بر ویژگی‌های عینی برای مقایسه مدهای حمل‌ونقل و دارایی‌ها تمرکز می‌کند.

برای استفاده از ابزار کپتا، کاربر مجموعه‌ای از آستانه‌های پیامد را برای (۱) جمعیت بالقوه در معرض ریسک، (۲) از دست رفتن اموال و (۳) اختلال در عملکرد، تعیین می‌کند.

فرایند مدیریت ریسک کپتا بر موارد زیر تمرکز دارد:

- تهدیدها و خطراتی که ممکن است آسیب قابل‌توجهی به دارایی‌های حمل‌ونقل وارد نمایند و موجب از دست رفتن جان انسان‌ها شود؛
- معیارهای طراحی/ مهندسی و عملیاتی که سبب کاهش ریسک‌های مرتبط با این تهدیدات و خطرات است

ولی هنوز در عمل توسط سازمان‌های حمل‌ونقل به شکل کامل بکار گرفته نشده‌اند.

- اقدامات متقابل مناسب و عملی موجود که نتیجه آنها کاهش اثرات این تهدیدها و خطرات است.

۲-۳- راهنمای استفاده از ابزار کپتا

ابزار کپتا نیاز به این دارد که کاربر اطلاعات ورودی در مورد دارایی‌ها و دسته‌بندی دارایی‌ها را وارد نماید تا این اطلاعات در تجزیه و تحلیل در نظر گرفته شود. اطلاعات مورد نیاز برای ابزار کپتا باید به آسانی از سوابق و مستندات سازمان قابل حصول باشد. اطلاعات معمولاً شامل متوسط سالیانه حجم ترافیک روزانه، طول، تعداد خطوط سفر، نوع ساخت، میزان بار حمل‌شده توسط قطار و کشتی‌ها می‌باشد. دارایی‌ها به هشت دسته اصلی، پل‌های جاده‌ای، تونل‌ها، پل‌های راه‌آهن (روگذر)، تونل‌های راه‌آهن (زیرگذر)، ایستگاه‌های راه‌آهن، تجهیزات اداری و پشتیبانی، کشتی‌ها و ناوگان تقسیم‌بندی می‌شوند.

ابزار کپتا شامل مجموعه‌ای از ریسک‌هاست که در حال حاضر در طراحی‌های مرسوم و شیوه‌های عملیاتی استاندارد در نظر گرفته نمی‌شوند. در ابزار کپتا کاربر تعیین می‌کند که کدام یک از خطرات و تهدیدات مد نظر سازمان است و همچنین تعیین سطح اولیه یا «آستانه» که در آن سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه به منظور کاهش احتمال بروز رخداد یا کاهش اثرات رخداد توجیه می‌شود، به‌وسیله کاربر تعیین می‌گردد.

این آستانه‌های پیامد در زمینه‌های زیر نیاز به قضاوت دارد:

- جمعیت بالقوه در معرض خطر: آستانه شمار بالقوه افرادی که تحت تأثیر خطر یا تهدید قرار می‌گیرند.
- صدمه به اموال: آستانه برای هزینه‌های مالی جایگزینی دارایی‌های از دست‌رفته؛
- اهمیت مأموریت: آستانه اینکه تا چه حد یک دارایی در بهره‌برداری از سیستم حمل‌ونقل حیاتی است.

ابزار کپتا برای تشکیل یک فهرست از دارایی‌های دارای پیامد شدید نامطلوب (بحرانی)، محاسبات تطبیق آستانه‌های تعیین‌شده توسط کاربر را با ویژگی‌های مختلف دارایی‌ها انجام می‌دهد. این ابزار با در نظر گرفتن کلاس دارایی، خطر یا تهدید و اثرات آنها، اقدامات متقابل عمومی در کاهش ریسک را ارایه می‌دهد. در نهایت برای دارایی‌های دارای عواقب نامطلوب شدید، اقدامات متقابل ارایه خواهد شد تا بدین وسیله درک مناسبی از منابع موردنیاز برای کاهش ریسک‌ها ایجاد شود.

ابزار این امکان را فراهم می‌نماید تا کاربر با مدنظر قرار دادن محدودیت‌های بودجه‌ای، ترکیبات مختلفی از اقدامات متقابل را در نظر گرفته و اجرای آنها را بررسی نماید. خلاصه نتایج تولیدشده توسط این ابزار، دیدی کلی از ریسک‌های چندوجهی، آستانه‌های پیامد و تخمین هزینه‌های اقدامات کاهش عواقب برای دارایی‌های مختلف را ارایه می‌نماید.

۲-۴- به‌کارگیری ابزار کپتا

ابزار کپتا توسط سازمان علمی پژوهشی حمل‌ونقل آمریکا[1]، تولید شده است و می‌توان از آن برای مقاصد آموزشی استفاده نمود. این راهنما شامل یک ابزار صفحه گسترده است که به وسیله آن اولویت ریسک‌ها و برآورد هزینه کاهش اثرات آنها تعیین می‌شود. در پیوست الف، یک راهنمای گام‌به‌گام برای کاربران ارایه شده است. این راهنما به صورت کلمه به کلمه از گزارش کپتا استخراج شده است. همچنین یک ابزار صفحه گسترده در تارنمای TRB به نشانی زیر در دسترس می‌باشد.

http://www.trb.org/Main/Public/Blurbs/160337 ASPX / 12 /

1.The U.S. National Academies of Science Transportation Research Board

۳- مدیریت ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی

۳-۱- مقدمه

در این بخش روش‌های کاربردی برای مدیریت ریسک‌های مرتبط با بارش شدید باران، زلزله و آتش‌سوزی جنگل‌ها ارایه شده است. رخداد این نوع از بلایای طبیعی در بسیاری از کشورها و مناطق مرسوم و متداول است. روش‌های مدیریت بارش باران شدید و زلزله در کشور ژاپن توسعه یافته‌اند و ممکن است در سایر کشورها نیز قابل کاربرد باشند. کانادا روش‌های مفیدی را برای مدیریت آتش‌سوزی در جنگل‌ها ابداع کرده است.

در پیوست پ متن کامل مربوط به مطالعات موردی، ارایه شده است. علاوه بر این، مطالعات مربوط به آلمان، فنلاند و مکزیک نیز در این پیوست آمده است.

۳-۲- مدیریت ریسک‌های مرتبط با باران شدید

۳-۲-۱- بازرسی راه برای خطرات مرتبط با باران شدید

بازرسی راه در سطح ملی برای خطرات مرتبط با باران شدید، اولین بار در سال ۱۹۶۸ انجام گرفت. این بازرسی‌ها از زمانی آغاز شد که حادثه سقوط یک اتوبوس به رودخانه در سال ۱۹۶۸ در ژاپن روی داد. در این حادثه، لغزش گسترده زمین و شکست شیب در یک راه ملی به دلیل باران شدید، سبب شد اتوبوس به درون رودخانه سقوط کند و این حادثه سبب مرگ ۱۰۴ نفر شد. از آنجا که در گذر زمان کناره‌های راه دچار تغییر می‌شود، بازرسی راه برای بررسی وضعیت راه در مواجهه با خطرات باران شدید به‌صورت پیوسته و هر پنج سال یک‌بار صورت می‌پذیرد. در این بازرسی‌های انجام‌شده ۹ مورد از جمله ریزش سنگ/ شکست شیب، شکست سنگ، لغزش زمین، بهمن، جریان یافتن ضایعات، تخریب خاک‌ریزی جاده، بارش شدید برف، آب‌شستگی فونداسیون پل و دیوارهای حایل، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

نتایج بازرسی، در سه گروه دسته‌بندی شدند: نیاز به اقدامات متقابل، نظارت و ثبت وضعیت حاضر و عدم نیاز به اقدامات متقابل. اولین گروه مربوط به بخش‌هایی از راه می‌باشد که عوامل ایجادکننده بلایا، قابل‌مشاهده باشند. دسته دوم موقعیت‌هایی هستند که اقدامات متقابل ممکن است در آینده مورد نیاز باشد؛ در این دسته نظارت و ثبت

وضعیت به‌صورت مداوم صورت می‌پذیرد. باید توجه داشت که در این گزارش ریسک‌های مربوط به این دسته استخراج می‌گردد. دسته سوم مربوط به بخش‌هایی هستند که عوامل مربوط به ایجاد بلایای طبیعی در آنها یافت نمی‌شود. این دسته‌بندی به وسیله رتبه‌بندی عوامل مختلف تعیین می‌شود. برای مثال ریزش سنگ/ شکست شیب به وسیله عوامل ارایه شده در جدول زیر ارزیابی می‌شود. این عوامل به خوبی بررسی شده‌اند و نیاز به بررسی مجدد ندارند [۲۱].

جدول ۳-۱- بررسی عوامل ریزش سنگ/ لغزش شیب در باران شدید

عامل	توضیحات
توپوگرافی	برآمدگی، فرسایش، رد شکست، مخروط تالوس
زمین‌شناسی	ترک، شدت شیب
وضعیت سطح	شرایط سطحی، سنگ‌های ناپایدار، تخته‌سنگ، آب‌های جاری، پوشش گیاهی
شکل شیب	ارتفاع، گرادیان
شرایط نامتعارف	شرایط نامتعارف در شیب

۳-۲-۲- مسدود کردن احتیاطی جاده بر روی ترافیک عبوری

در مسیر راه تعداد زیادی شیب وجود دارد که نیازمند برخی اقدامات حفاظتی برای جلوگیری از ایجاد بلایا می‌باشند. با اینکه اقدامات متقابل به صورت پیوسته انجام می‌گیرند ولی برای پوشش تمامی شیب‌های خطرناک به زمان زیادی احتیاج است؛ بنابراین، هنگامی‌که بارش باران از یک سطح معین عبور کرد، مسیرهایی که دارای شیب‌های محافظت‌نشده هستند، عمداً مسدود می‌شوند. هنگامی‌که بارش باران کاهش یافت یا متوقف شد، نقاط حادثه‌آفرین جهت بررسی ایمنی، بازرسی می‌شوند و راه در صورتی بر روی ترافیک بازگشایی می‌گردد که ایمنی آن تأیید شده باشد. این فرایند کنترل ترافیک یا مسدود نمودن جاده از روی احتیاط، برای تعداد زیادی از موقعیت‌های خطرآفرین انجام می‌شود. مقدار سطح بارشی که سبب بسته شدن یک راه می‌شود بر اساس سوابق بلایای طبیعی و دیگر موارد مرتبط، برای موقعیت‌های مختلف مسیر تعیین می‌شود.

۳-۳- مدیریت ریسک‌های مرتبط با زلزله

۳-۳-۱- بررسی لرزه‌ای تسهیلات راه

مشابه با بازرسی راه برای بارش شدید باران، بازرسی لرزه‌ای امکانات راه به‌صورت مداوم از سال ۱۹۷۱ در ژاپن صورت گرفته است. پایش وضعیت پل‌ها پس از زلزله سن‌فرناندو که در لس‌آنجلس آمریکا روی داد و سبب

آسیب‌های زیادی شد، آغاز گشت. در طول زمان موارد قابل بررسی امکانات راه بیشتر شد و در بازرسی‌های کنونی انواع امکانات راه از قبیل پل‌ها، پیاده‌رو پل‌ها، خاک‌ریزها، دیوارهای حایل، تونل‌ها و سپرهای حفاظتی، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

برای هر یک از امکانات یا سازه‌ها، آیین‌نامه طراحی مورداستفاده، شرایط سازه‌ای، شرایط زمین و سایر موارد به صورت نظام‌مند در نظر گرفته می‌شود. مثالی در جدول زیر، جهت نمایش عوامل بازرسی پل‌ها، آمده است. نتایج بازرسی‌ها در پایگاه داده‌ها قرار گرفت و به صورت گسترده جهت ارزیابی کارایی لرزه‌ای تسهیلات راه به کار گرفته شد [۲].

جدول ۳-۲- فاکتورهای بازرسی لرزه‌ای پل‌ها

عامل	توضیحات
عمومی	طول پل، عرض مؤثر، تعداد دهانه، طول دهانه، نوع روسازه، آیین‌نامه طراحی، نوع زیرسازی، نوع فونداسیون، شرایط زمین، شکل ستون‌ها، شکل محل اتصال ستون به فونداسیون.
روانگرایی (حرکت زمین ناشی از روانگرایی)	گزارش گمانه، قابلیت روانگرایی، اقدامات متقابل در مقابل روانگرایی، محل قرارگیری ستون (برای حرکت زمین ناشی از روانگرایی)
ستون	مقاوم‌سازی لرزه‌ای، تغییرسطح مقطع، ضخامت ورق فولاد
ساختار پیشگیری از نشست دال روسازه	نوع سازه پیشگیری از نشست دال روسازه، طراحی سازه پیشگیری از نشست دال روسازه، ارتفاع تکیه‌گاه‌ها

۳-۳-۲- مقاوم‌سازی لرزه‌ای پل‌ها

مقاوم‌سازی لرزه‌ای پل‌ها به‌عنوان بخشی از تلاش‌ها به منظور بهبود عملکرد لرزه‌ای تسهیلات راه دنبال شد. شکل ۳-۱ تأثیر مقاوم‌سازی پایه‌های ستون به وسیله پوشش فلزی (یکی از روش‌های متداول مقاوم‌سازی پل‌ها) را نشان می‌دهد. باید توجه داشت، هر دو پل نشان داده شده در معرض حرکات لرزه‌ای قدرتمند مشابهی قرار گرفته بودند. اخیراً، تأکید ویژه‌ای برای برنامه ۳ ساله مقاوم‌سازی پل‌های راههای عبوری از روی مسیر شینکانزن (قطار پرسرعت) و بزرگراهها صورت گرفته است (۲۰۰۷-۲۰۰۵). این برنامه‌ها مقاومت لرزه‌ای پل‌های مذکور را افزایش داده است. هدف این برنامه‌ها سرعت‌بخشی به مقاوم‌سازی پل‌ها می‌باشد تا از ایجاد آسیب‌های شدید از قبیل ریزش پل‌ها جلوگیری شود. در این برنامه‌ها تسریع بهسازی لرزه‌ای پل‌ها به‌منظور جلوگیری از آسیب‌های جدی (مانند فروپاشی پل‌ها)، اطمینان از عملکرد شبکه حمل‌ونقل در شرایط اضطراری و جلوگیری از آسیب ثانویه، برای زلزله‌هایی به بزرگی زلزله سال ۱۹۹۵ کوبه، مد نظر قرار گرفته است [۲۱].

شکل ۳-۱- اثر مقاوم‌سازی ستون پل‌ها

(هر دو پل در منطقه‌ای قرار دارند که زمین‌لرزه‌ای به‌شدت ۷ ریشتر در آن رخ داده است)

۳-۴- مدیریت ریسک‌های مرتبط با آتش‌سوزی جنگل

۳-۴-۱-آتش‌سوزی جنگل

از آنجا که دود ناشی از آتش ممکن است بینایی راننده را مختل سازد، آتش‌سوزی جنگل، حتی در نواحی دور از راهها، پیامدهایی بر حرکت و امنیت مردم و کالاها دارد. گرما و خشکی و همچنین زمستان بدون برف، سبب افزایش خطر آتش‌سوزی در جنگل می‌شوند. ایجاد مسیرهای فرعی در جاده‌های جنگلی دشوار است و ریسک اصلی، محاصره شدن توسط آتش می‌باشد.

در منطقه چیبوگاما، واقع در کانادا، مشاهدات هواشناسی و پیش‌بینی‌ها برای کار سازمان حفاظت از جنگل‌ها در برابر آتش‌سوزی[1](SOPFEU) بسیار ضروری است. هر روز و در هر ساعت، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به شرایط آب‌وهوا از ۱۵۹ ایستگاه سنجش شرایط آب‌وهوا (RMCQ) صورت می‌پذیرد. این اطلاعات که به شکل آنلاین در دسترس هستند، وضعیت دقیق در جنگل‌ها را تعیین کرده و این امکان را برای SOPFEU فراهم می‌نمایند که خطر آتش‌سوزی را در سراسر منطقه ارزیابی کند. با استفاده از یک نرم‌افزار نقاط شروع آتش بر روی یک نقشه نمایش داده می‌شوند. این نرم‌افزار توسط SOPFEU برای تحلیل و نمایش داده‌های مکانی استفاده می‌شود. همچنین این نرم‌افزار به زودی در اختیار شرکای این سازمان ازجمله سازمان امنیت مدنی منطقه‌ای و وزارت حمل‌ونقل کبک (MTQ) قرار می‌گیرد[۲۰].

۳-۴-۲- اثرات آتش‌سوزی جنگل‌ها بر روی کاربران شبکه جاده‌ای

متوقف کردن ترافیک به دلیل آتش‌سوزی جنگل‌ها ایمنی را برای کاربران شبکه راه تضمین می‌کند. در عین حال،

1. The Forest Fire Protection Agency (**So**ciété de **P**rotection des Forêts Contre le **Feu**)

در هنگام آتش‌سوزی باید برآورد طول بسته شدن مسیر (کوتاه‌ترین مسیر ممکن برای مسدود شدن راه) به سرعت صورت پذیرد. آتش‌سوزی جنگل‌ها تأثیر اقتصادی منفی بر جوامع موجود در نزدیکی ذخایر جنگلی می‌گذارد و سبب کاهش گردشگری (ماهیگیری و گذراندن تعطیلات) می‌شود. بسته به اندازه و شدت آنها، آتش‌سوزی در جنگل‌ها می‌تواند سبب اعلام ممنوعیت ورود به جنگل یا بخشی از شبکه راه شود. این وضعیت ممکن است سبب توقف تولید چوب، کارهای مرتبط به راه و جریان حرکت مردم و کالاها شده و ممکن است به بسته شدن جاده‌های جنگلی شود. گاهی اوقات آتش‌سوزی ممکن است سبب تخلیه ساکنان مناطق شهری، کارکنان جنگلبانی، گردشگران و ماهیگیران شود. وقفه در ارایه خدمات منجر به افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل برای انتقال کالاها و مردم می‌شود.

در نهایت، SOPFEU یک سیستم نظارتی برای شرایط آتش‌سوزی جنگل راه‌اندازی نمود. هنگامی‌که ریسک بالا باشد، تمام شرکای امنیت منطقه‌ای در حالت آماده‌باش قرار می‌گیرند. سازوکارهای مدیریت بحران راه‌اندازی شده‌اند. بسته شدن راهها در هنگام آتش‌سوزی جنگل‌ها، باعث کاهش سرعت ترافیک می‌شود. وجود دود در راهها با توجه به دید ضعیف منجر به کاهش سرعت ترافیک شده و همچنین باعث افزایش در مصرف سوخت، استهلاک موتور به ازای کیلومتر پیموده شده و زمان سفر می‌شود[۲۰].

۴- ریسک‌های مرتبط با تغییر آب‌وهوا و راهبردهای انطباق با آنها

۴-۱- هدف

هیأت بین‌المللی تغییرات آب‌وهوایی (IPCC) به این نتیجه رسیده است که آب‌وهوای ناحیه‌ای مناطق در حال تغییر است. خواه این تغییر آب‌وهوا ناشی از « اثر تغییرات طبیعی آب‌وهوا» باشد یا به فعالیت‌های انسانی نسبت داده شود، IPCC به این نتیجه رسیده است که راهبردهای تخفیف اثرات تغییرات آب‌وهوا برای جلوگیری از اثرات منفی بالقوه تغییرات آب‌وهوا، کافی نیستند [۱۲]. اثرات منفی بالقوه می‌تواند ناشی از تغییرات نامطلوب دما، کاهش یا افزایش بارش باران، افزایش توفان و تغییرات در سطح آب دریاها، باشد. افزایش ریسک‌های زیرساخت‌های حمل‌ونقل ناشی از اثرات بالقوه تغییرات آب‌وهوایی اثبات شده است و تحقیقات فزاینده‌ای در رابطه با چگونگی تطابق زیرساخت‌های مناطق مورد نظر برای مقابله با ریسک‌های ناشی از تغییرات آب‌وهوایی در حال انجام است. هدف از این فصل برجسته نمودن توسعه یافتن پیکره دانش در زمینه تطابق و سازگاری زیرساخت‌های حمل‌ونقل در مواجهه با ریسک‌های تغییرات آب‌وهوا می‌باشد.

در این فصل اطلاعاتی در زمینه بخش‌های زیر ارایه می‌شود:

- تطابق چیست و تفاوت آن با تخفیف اثرات چیست؟
- چگونه ابزارهای ریسک برای ایجاد ابزارهای تطابق با تغییرات آب‌وهوایی مورد استفاده قرار می‌گیرند؟

در بخش «تطابق چیست و تفاوت آن با تخفیف اثرات چیست»، یک بحث آگاهانه در مورد تفاوت بین «تطابق» و «تخفیف اثرات» ارایه شده است. این واژه‌ها اغلب به اشتباه به جای یکدیگر استفاده می‌شوند.

در بخش «چگونه ابزارهای ریسک برای ایجاد ابزارهای تطابق با تغییرات آب‌وهوا مورد استفاده قرار می‌گیرند» جزئیات تلاش‌های صورت گرفته در آمریکای شمالی، اروپا و سایر کشورها برای توسعه روش‌ها و ابزارهایی برای ارزیابی خطرات تغییر آب‌وهوا، تعیین اثرات بالقوه و ایجاد برنامه‌های تطابق، ارایه شده است. در این بخش تفاوت در ظرفیت‌های ژئوپلیتیک جهت ارزیابی ریسک‌های تغییر آب‌وهوا در منطقه مورد نقد قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است که دستیابی به یک دیدگاه جامع از وضعیت موجود هدف این بخش نیست (این امر خارج از محدوده

کارگروه C.3.2 است). هدف گزارش حاضر، ارایه برخی مثال‌ها از فعالیت‌های کشورهای پیشرفته در این زمینه است. به علاوه، این گزارش تنها بر روی راهبردهای تطابق مربوط به ریسک عملیاتی تمرکز یافته است با این فرض که مسایل تطابق در برابر تغییرات آب‌وهوایی مربوط به زیرساخت‌های راه، توسط دیگر کمیته‌های فنی پیارک مورد بررسی قرار می‌گیرند (به‌عنوان‌مثال، گزارش کمیته روسازی راه با عنوان "مواجهه با اثرات تغییر آب‌وهوا بر روسازی راه"، شماره مرجع 2012R06EN).

۴-۲- تغییرات آب‌وهوا و تأثیرات بالقوه آن بر حمل‌ونقل

در حال حاضر، رویدادهای آب‌وهوای فصلی بر بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری و طرح ساختاری شبکه گسترده حمل‌ونقل آمریکا فشار وارد می‌کند. به عنوان مثال، در امتداد SnowBelt[۱] در شمال ایالات متحده آمریکا، ادارات حمل‌ونقل ایالتی تا ۴۰ درصد از بودجه خود را صرف پاکسازی برف و یخ از سطح راهها می‌نمایند. برآورد می‌شود ۷۵٪ از تأخیر در سفرهای هوایی در ایالات‌متحده آمریکا مرتبط با آب‌وهوا می‌باشد.

نامساعد بودن شرایط جوی دلیل نزدیک به یک‌چهارم از کل تصادفات جاده‌ای و مرگ‌ومیر سالانه حدود ۷۴۰۰ نفر در ایالات متحده آمریکا است. این کشور مانند بسیاری از کشورهای دیگر با حوادث آب‌وهوایی مواجه است. اگر تواتر وقوع حوادث آب‌وهوایی شدید افزایش یابد چه اتفاقی خواهد افتاد؟ اگر حوادث شدید آب‌وهوایی تبدیل به حوادث مرسوم فصلی شود چه اتفاقی خواهد افتاد؟ اگر طوفان‌هایی مانند کاترینا و ریتا هر سال در ایالات متحده رخ دهند، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ در پی طوفان کاترینا و ریتا، ایالات‌متحده آمریکا دریافت که تا چه میزان زیرساخت‌هایش در برابر حوادث جوی شدید آسیب‌پذیر هستند. در حال حاضر، سناریوهای تغییر آب‌وهوا پیش‌بینی می‌کنند که حوادث آب‌وهوایی شدید ممکن است بارها رخ دهند و زیرساخت‌های آسیب‌پذیر حمل‌ونقل را در معرض ریسک‌های افزایش‌یافته قرار دهند.

ذینفعان حمل‌ونقل اذعان دارند که با وجود کاربرد بهترین اقدامات تخفیف اثرات، تغییرات آب‌وهوایی اجتناب‌ناپذیر است، بنابراین نیاز به تطابق زیرساخت‌ها با تغییرات آب‌وهوایی نیز اجتناب‌ناپذیر است. مطالعه پژوهشی وزارت حمل‌ونقل آمریکا، سه نوع تغییرات آب‌وهوایی را که شبکه‌های حمل‌ونقل را در شش قاره قابل سکونت تحت تأثیر قرار می‌دهد، مشخص کرد که عبارتند از تغییرات دما، تغییرات بارش و افزایش سطح آب‌های آزاد/ افزایش ارتفاع امواج در اثر طوفان.

هر یک از این موضوعات به اثرات تغییرات آب‌وهوایی خاص خود تقسیم می‌شوند. به عنوان مثال، تغییرات دما به چهار رویداد آب‌وهوایی زیر تقسیم شده است:

---

۱. اصطلاحی برای توصیف مناطق نزدیک به دریاچه‌های بزرگ در شمال آمریکا است که زمستان سخت و بارش برف سنگین دارند.

- افزایش روزهای بسیار گرم و امواج گرما؛
- کاهش روزهای سرد؛
- افزایش دما در قطب شمال؛
- شروع دیرتر از موعد فصل سرد و شروع زودتر از موعد فصل گرم [۴].

ریسک‌های بالقوه موجود در درون هر یک از آثار تغییرات آب‌وهوا بر شبکه حمل‌ونقل در پیوست ب (جدول ۱) معرفی شده‌اند. به عنوان مثال، تحت رویداد افزایش روزهای بسیار گرم و امواج گرما، اثرات زیر بر شبکه‌های حمل‌ونقل پیش‌بینی می‌شود:

- تأخیر به دلیل گرمای بیش از حد؛
- کاهش میزان باربری هواپیما در ارتفاع بالا که نتیجه آن لغو شدن پرواز یا محدودیت حمل بار خواهد بود؛
- اثرات منفی بر روسازی راه و روش‌های ساخت‌وساز بتنی؛
- انبساط حرارتی در اتصالات پل و سطوح روسازی [۴].

۴-۳- تطابق و تفاوت آن با تخفیف اثرات

تمرکز راهبرد تخفیف اثرات بر کاهش میزان عوامل منفی (برای مثال انتشار گازهای گلخانه‌ای) که در تغییرات آب‌وهوا نقش دارند، می‌باشد. تمرکز راهبرد تطابق بر سازگار نمودن محیط زیست طبیعی و مدیریت‌شده برای مقابله با اثرات بالقوه تغییرات آب‌وهوا می‌باشد[۷].هدف راهبرد تخفیف اثرات، جلوگیری یا معکوس کردن اثرات تغییر آب‌وهوا است در حالی‌که راهبرد تطابق تلاش دارد محیط را با اثرات تغییر آب‌وهوا سازگار سازد. کاهش گازهای گلخانه‌ای با استفاده از استانداردهای مصوب سخت‌گیرانه‌تر در تولید خودرو، نمونه‌ای از راهبرد تخفیف اثرات تغییرات اقلیمی است. کاهش میزان استفاده از بتن و آسفالت نفوذناپذیر در پاسخ به افزایش میزان بارش سالانه، مثالی از راهبرد تطابق است.

اثرات تغییرات آب‌وهوایی بر اساس ناحیه جغرافیایی متفاوت خواهد بود.درجه تأثیر تغییرات آب‌وهوا بر یک شبکه حمل‌ونقل، به آسیب‌پذیری منطقه بستگی دارد. آسیب‌پذیری منطقه‌ای بر اساس اینکه چه میزان آن منطقه مستعد خرابی ماندگار ناشی از تغییرات آب‌وهوا است، مشخص می‌شود[۷]. گرچه آسیب‌پذیری یک منطقه در مواجهه با تغییر آب‌وهوا یک عامل بسیار مهم است، ولی تنها عامل تعیین‌کننده نیست. سه عامل دیگر ظرفیت تطابق، ظرفیت مقابله با پیامدها و انعطاف‌پذیری منطقه هستند.

توسعه روش‌های هماهنگ برای ارزیابی و اجرای برنامه‌های انطباق تغییرات آب‌وهوا دشوار است. در ایالات

متحده آمریکا، با توجه به ساختار حاکمیت غیرمتمرکز و وسعت زیاد، تلاش‌های صورت گرفته جهت سازگاری با تغییرات آب‌وهوا در سطوح ایالتی و محلی صورت می‌گیرند. تنها اخیراً دولت فدرال نقش رهبری ملی را در مطالعات مربوط به این مسأله به عهده گرفته است. اگرچه چندین کشور و مناطق ژئوپلیتیک در جامعه بین‌المللی تلاش‌هایی را در زمینه ارزیابی اثر ریسک‌های ناشی از تغییرات اقلیمی بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل صورت داده‌اند اما این موضوع اثبات شده که تدوین یک رویکرد جامع دشوار است. در بخش بعدی به بررسی وضعیت چند روش مورد استفاده در زمینه مدیریت ریسک‌های ناشی از تغییرات آب‌وهوا پرداخته می‌شود.

۴-۴- استفاده از ابزارهای ریسک برای ایجاد ابزارهای تطابق با تغییرات آب‌وهوایی

تغییرات آب‌وهوا درک جامعه حمل‌ونقل از ریسک را افزایش داده است. صنعت حمل‌ونقل دارای سابقه‌ای غنی از توسعه استانداردها و بهترین شیوه‌ها برای بهبود عملیات، افزایش ایمنی و کاهش ریسک‌ها، می‌باشد. برای تعیین مکان و چگونگی استقرار زیرساخت‌ها و سیستم‌های سازگار با تغییرات آب‌وهوا، ابزارهای جدید ارزیابی ریسک در حال آزمایش است. برای انجام یک تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد بهترین روش اجرای برنامه‌های تطابق با تغییرات آب‌وهوا، روش‌های عملی فعلی بر توسعه «مدیریت ریسک تکرارشونده» متمرکز هستند. این رویکرد برای تصمیم‌گیران حمل‌ونقل، مقامات دولتی و مردم تصویری قوی‌تر و شفاف‌تر از ریسک‌ها را فراهم می‌نماید[۴].

رویکرد مدیریت ریسک تکرارشونده با تلاش‌های برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، همکاری‌های بین‌دولتی و استانداردهای طراحی همراه می‌شود. تغییر آب‌وهوا، ریسک و عدم قطعیت‌های جدیدی را به تمام جنبه‌های استقرار زیرساخت‌ها و سیستم‌های حمل‌ونقل سازگار با تغییرات آب‌وهوا، اضافه می‌کند. با توجه به هزینه‌های زیاد شکست سیستم‌ها و زیرساخت‌های حمل‌ونقل، ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های مربوط به تغییرات آب‌وهوا باید در تحلیل و طراحی‌های زیرساخت‌ها و سیستم‌های حمل‌ونقل آینده در نظر گرفته شوند[۸].

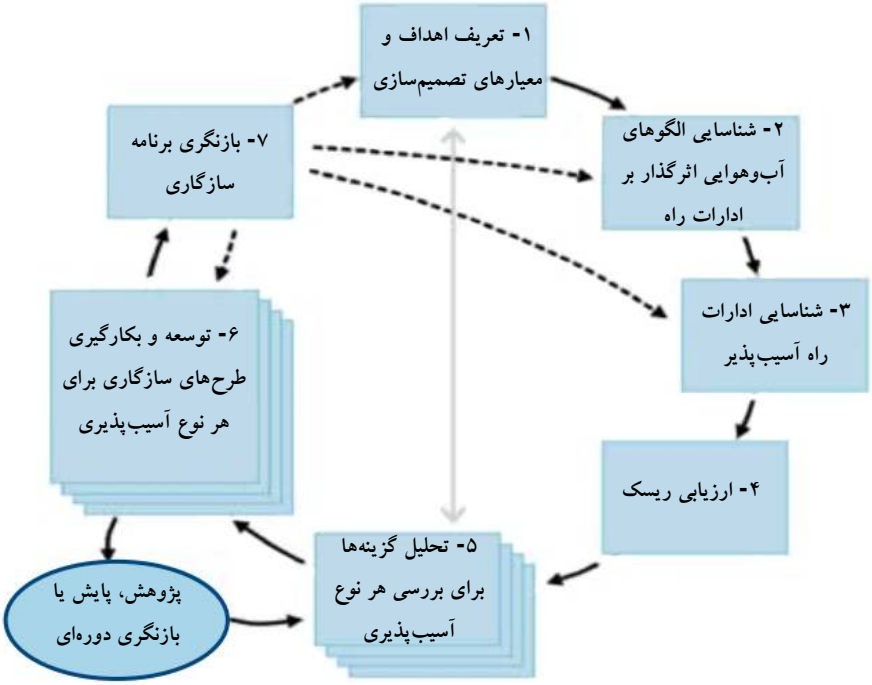
تلاش‌های جامعه بین‌المللی برای توسعه متدولوژی‌ها و ابزارهای ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تغییر آب‌وهوا، تعیین اثرات بالقوه و ایجاد برنامه‌های انطباق در جدول ۲، پیوست «ب» خلاصه شده است. تلاش‌های عملی در اروپا و آمریکای شمالی در رابطه با ارزیابی و مدیریت ریسک‌های تغییرات آب‌وهوا به ترتیب در بخش‌های ۴-۴-۱ و ۴-۴-۲، آمده است و خلاصه‌ای از اقدامات تطابق نیز در بخش ۴-۴-۳ پیشنهاد شده است.

۴-۴-۱- رویکردهای اروپا

گروه کاری شماره ۱۶ کنفرانس مدیران راه اروپا، در گزارشی موضوعات مربوط به سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی را ارایه نموده است[۱۹]. هدف از این سند، ارایه چالش‌ها و ابزارهای موجود، همراه با بهترین

روش‌های عملی است.

به غیر از سیاست‌های ملی، در حال حاضر چند کشور اروپایی، راهبردهایی را برای تطابق شبکه‌های راه با تغییرات آب‌وهوا توسعه داده‌اند. به نظر می‌رسد پیشرفته‌ترین روش توسط انگلستان ارایه شده است. در ماه مه ۲۰۱۱، دولت بریتانیا سند «زیرساخت‌های منعطف در مقابل آب‌وهوا: آماده شدن برای تغییرات آب‌وهوا» را منتشر کرد. در این سند، مجموعه‌ای از دیدگاه‌های دولت بریتانیا در خصوص تطابق ساختارهای زیربنایی در انرژی، فناوری اطلاعات و ارتباطات، حمل‌ونقل و بخش‌های انتقال آب با تغییرات آب‌وهوایی آمده است. پاسخ اداره راههای بریتانیا به چالش تغییر آب‌وهوا شامل هر دو راهبرد تخفیف اثرات (اقدامات جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای) و تطابق (تغییر رفتار به‌گونه‌ای که پاسخ مناسب‌تری در مقابل تغییرات آب‌وهوایی مورد انتظار انجام شود) می‌باشد. ارزیابی ریسک‌های بالقوه که تغییرات آب‌وهوایی در فرایندهای مدیریت، تعمیر و نگهداری، بهبود و بهره‌برداری از شبکه جاده‌ای ایجاد می‌کنند، تعهد اصلی اداره راههای بریتانیا می‌باشد. پیش‌بینی اثرات و ریسک‌های عامل تغییرات آب‌وهوایی در ایجاد کسب‌وکار و توسعه مدیریت مناسب و راه‌حل‌های تخفیف‌دهنده برای حذف یا کاهش این ریسک‌ها، از طریق چارچوب و راهبرد تطابق با تغییرات آب‌وهوای اداره راههای بریتانیا صورت می‌گیرد. مدل چارچوب سازگاری این اداره (HAAFM)[1] یک فرایند هفت مرحله‌ای است. این مدل فعالیت‌هایی را شناسایی می‌کند که با تغییر آب‌وهوا تحت تأثیر قرار می‌گیرند. تعیین ریسک‌ها و فرصت‌های مرتبط و شناسایی گزینه‌های اولویت‌دار برای استفاده از فرصت‌ها و کاهش ریسک‌ها از خصوصیات این مدل است (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- مدل چارچوب سازگاری اداره راه (HAAFM)

1. The **H**ighways **A**gency's **A**daptation **F**ramework **M**odel

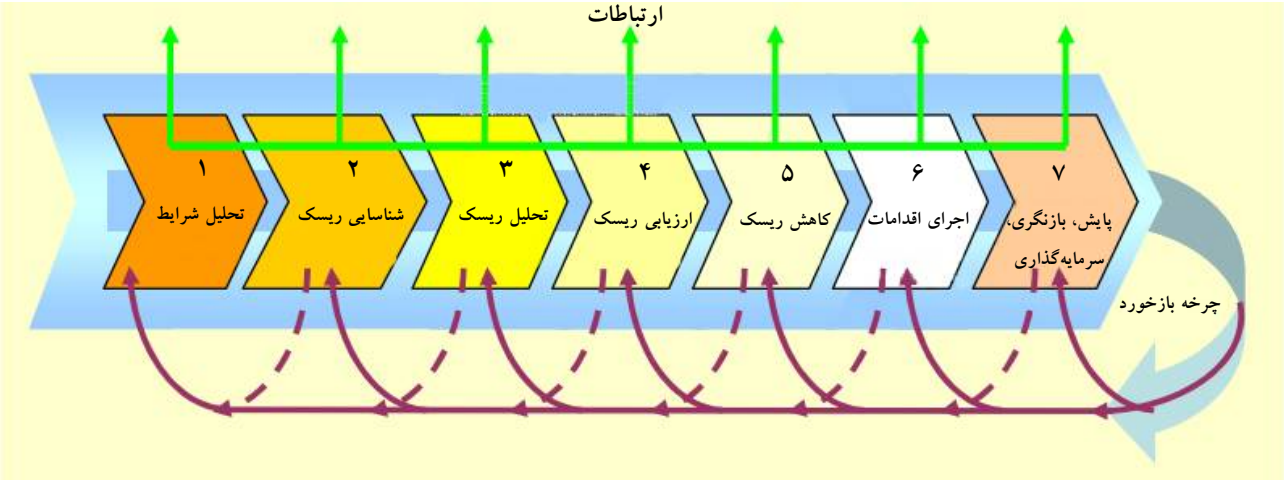
در بخش تحقیق و توسعه، برنامه اتحادیه اروپا با عنوان EraNet Road در سال ۲۰۰۸ با ترکیب بودجه تحقیقاتی یازده اداره راه آغاز به کار کرد. این برنامه پاسخ مشترکی برای پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه تطابق با تغییرات آب‌وهوا است. در این برنامه چهار پروژه IRWIN، SWAMP،P2R2C2 و RIMAROCC انجام شده است. تمرکز این بخش بر پروژه RIMAROCC می‌باشد که به‌طور کامل مدیریت و ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تغییرات آب‌وهوا درون ادارات راه را ترکیب نموده است.

کتاب راهنمای RIMAROCC (مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات آب‌وهوا) که در سال ۲۰۱۰ ارایه شد، روش مورد استفاده در اروپا را برای تجزیه و تحلیل ریسک و مدیریت ریسک با توجه به تغییرات آب‌وهوا در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای فراهم کرده است. هدف از این راهنما حمایت از تصمیم‌گیری در مورد اقدامات تطابق در زیرساخت‌های شبکه‌های راهها می‌باشد. به منظور تسهیل کار برای کاربران نهایی، این رویکرد به بهترین شکل ممکن از روش‌های عمومی موجود در برنامه EraNet Road برای تحلیل و مدیریت ریسک استفاده کرده و به توسعه بخش‌های مورد نیاز پرداخته است. به‌روزرسانی این روش آسان است. نتایج به‌دست‌آمده از طریق مثال‌هایی در مقیاس واقعی منتشر شده است.

خروجی‌های اصلی عبارتند از:

- عوامل بحرانی آب‌وهوایی (بررسی عوامل آب‌وهوایی بحرانی مؤثر بر شبکه راهها که در اروپا و دیگر مناطق شناسایی شده‌اند).
- یک روش معمول برای مدیریت ریسک: یک روش نظام‌مند برای انجام تحلیل و مدیریت ریسک با توجه به تغییرات آب‌وهوا بر اساس خواسته‌ها و نیازهای مشخص‌شده توسط اعضای Era-Net Road.
- مطالعات موردی که به وسیله آنها روش در سطوح مختلف از جمله سطح سازه (به عنوان مثال یک پل)، سطح بخشی (به عنوان مثال ۲۰ تا ۵۰ کیلومتر از راه)، سطح شبکه (برای مثال ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتر از شبکه راههای اصلی) و سطح منطقه‌ای (به عنوان مثال یک قلمرو منطقه‌ای)، بکار گرفته شد.

مراحل اصلی روش RIMAROCC در شکل ۳ نشان داده شده و یک طرح کلی از روش RIMAROCC در پیوست ب-۸ ارایه شده است.



شکل ۴-۲- چارچوب روش RIMAROCC برای مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات آب‌وهوا

۴-۴-۲- رویکرد آمریکای شمالی

بسیاری از مطالعات، اثرات بالقوه تغییرات آب‌وهوا را بر بخش‌های مختلف اقتصاد از جمله کشاورزی و جنگلداری بررسی نموده‌اند ولی تحقیقات اندکی در خصوص حمل‌ونقل صورت پذیرفته است. گزارش ویژه ۲۹۰: «اثرات بالقوه تغییرات آب‌وهوا بر حمل‌ونقل آمریکا»، اولین تلاش در زمینه بررسی این مسأله در بخش حمل‌ونقل آمریکا است.

تمرکز اصلی این تحقیق درباره پیامدهای تغییرات آب‌وهوا بر روی عملکرد و زیرساخت‌های شبکه حمل‌ونقل آمریکا است. این گزارش دیدی کلی از اجماع علمی در خصوص اثرات تغییرات کنونی و آتی شرایط جوی بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل برای مسؤولان و مدیران شبکه‌های حمل‌ونقل ارایه می‌کند. در این گزارش با در نظر گرفتن محدودیت‌های دانش کنونی مانند زمان دقیق تغییرات، بزرگی و منطقه جغرافیایی و نوع تغییرات، اثرات بالقوه بر حمل‌ونقل آمریکا و روش‌های تطابق شناسایی‌شده‌اند. همچنین در این گزارش پیشنهادهای مرتبط با تحقیقات و اقدامات عملی در زمینه‌ی تغییرات آب‌وهوایی ارایه شده است. حمایت مالی این مطالعه توسط مرکز تحقیقات حمل‌ونقل آمریکا[1]، وزارت حمل‌ونقل آمریکا[2]،سازمان حفاظت از محیط‌زیست آمریکا[3] و مهندسان مشاور ارتش آمریکا[4]، صورت پذیرفته است.

ورای راهبردهای جهانی که در گزارش ویژه ۲۹۰، تدوین شده است، کشور آمریکا هم اکنون در مراحل اولیه استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از رویکردهای بر مبنای ریسک قرار دارد. در این گزارش تعدادی از مناطق و

1.The U.S Transportation Research Board
2.The U.S Department of Transportation
3.The U.S Environmental Protection Agency
4.The U.S Army Corps of Engineers

مکان‌های جغرافیایی انتخاب شده‌اند تا استفاده از رویکردهای ریسک توسط جوامع مختلف در آمریکا برای تعیین راهبردهای تطابق با تغییرات آب‌وهوا، نمایش داده شوند.

در کانادا، اطلاعات محدودی از آسیب‌پذیری‌ها و ظرفیت‌های تطابق سیستم‌های حمل‌ونقل جاده‌ای در مقابل تغییرات آب‌وهوا در دسترس می‌باشد. برای مشخص کردن کمبود اطلاعات، ، محققان در سال ۲۰۰۷ یک ارزیابی کمّی از آسیب‌پذیری راهها در برابر شرایط آب‌وهوایی (مزمن و حاد) انجام دادند. همچنین در این تحقیق یک ارزیابی عمیق از روش‌های بهره‌برداری و مدیریتی کنونی صورت پذیرفت [۱۷].

این پروژه یک تحلیل قیاسی از رویکردهای کنونی مورد استفاده در مناطق مختلف کانادا برای مواجهه با آسیب‌پذیری در مقابل تغییرات آب‌وهوایی که سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند، فراهم نمود. این پروژه دارای چهار هدف اصلی بود:

۱. درک الگوی تاریخی رخدادهای آب‌وهوایی که سیستم‌های حمل‌ونقل جاده‌ای را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند با تمرکز بر کریدور سراسری کانادا و دیگر کریدورهای مهم و گذرگاه‌های مرزی.
۲. شناسایی و درک اثرات بهره‌برداری و رویکردهای مدیریتی مرتبط با رخدادهای آب‌وهوایی کنونی با تأکید بر آستانه‌های آسیب‌پذیری بحرانی.
۳. تعیین اثرات خالص اجتماعی و اقتصادی بر اثرات بهره‌برداری و رویکردهای مدیریتی شناسایی‌شده در مرحله قبل.
۴. بکارگیری سناریوهای مختلف تغییرات آب‌وهوا و انجام تحقیقات اقتصادی- اجتماعی درباره اجرای راهبردهای گوناگون تطابق.

به غیر از این پروژه (نمایش داده شده در جدول ۲ پیوست ب)، رویکردهای متفاوت دیگری در سطح محلی (برای مثال شهرداری اونتاریو) و سطح موضوعی (اثرات تغییرات آب‌وهوایی بر روسازی)، توسعه یافته‌اند.

۴-۴-۳- حرکت به‌سوی آینده، مرور مقیاس‌های تطابق قابل دستیابی

با اینکه تعدادی از کشورها و نواحی جغرافیایی در جامعه بین‌المللی تلاش‌هایی برای ارزیابی اثرات ریسک‌های تغییرات آب‌وهوا بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل انجام داده‌اند، تدوین یک رویکرد جامع بسیار دشوار است. تلاش‌های اخیر نشان داده است هنگامی‌که تمامی گروه‌ها بر روی یک هدف مشترک کار کنند، یک رویکرد جامع درباره راهبردهای تطابق با تغییرات آب‌وهوا قابل تدوین است. ابزارهای تطابق با تغییرات آب‌وهوایی، غالباً وابسته به ابزارهای مبتنی بر ریسک هستند. توسعه‌های اخیر نشان داده است هرگاه تمامی طرف‌ها در راستای یک هدف مشترک تلاش کنند، یک رویکرد جامع برای تطابق با تغییرات آب‌وهوا قابل دستیابی خواهد بود. بر خلاف بسیاری

از ابزارهای ریسک حمل‌ونقل، راهبرد تطابق با تغییرات آب‌وهوایی را نمی‌توان به صورت تک‌بعدی بکار گرفت. هنگامی که مقیاس‌های تطابق با تغییرات آب‌وهوایی توسعه می‌یابند، اثر آنها بر سایر بخش‌ها باید در نظر گرفته شود. در اکتبر ۲۰۱۱، گزارش CEDR در رابطه با تطابق با تغییرات آب‌وهوا، معیارهای تطابق را به شرح زیر خلاصه نموده است.

سیاست‌سازی و برنامه‌ریزی

- تطابق با تغییرات آب‌وهوا باید در مرحله برنامه‌ریزی یک پروژه وارد شود و باید در تمامی فرایندهای دیگر نیز در نظر گرفته شود. برای زیرساخت‌های موجود، معیارهای تطابق باید به عنوان بخشی از عملیات تعمیر و نگهداری، در طول حیات پروژه در نظر گرفته شود. مقیاس‌ها باید به نحوی انتخاب شوند که ایمنی کافی را در زمان باقی‌مانده از عمر خدمت سازه، تأمین نمایند. به تأخیر انداختن اقدامات فقط در زمانی باید انجام شود که شرایط سازه و توسعه عوامل آب‌وهوایی اصلی کاملاً پایش شود. در برخی مواقع پذیرش هزینه خسارت و تعمیر ممکن است بهترین راه‌حل باشد.
- به هر حال تعریف سطح ریسک قابل‌پذیرش یک عمل بسیار دشوار است. همچنین تعیین آب‌وهوای «نرمال» یا استاندارد برای دوره عمر یک سازه یا برای دوره قرارداد نگهداری از آن، فرایند پیچیده‌ای است. جهت انجام این فرایندها و انعقاد قراردادهای مناسب تعمیر و نگهداری، ایجاد ارتباط نزدیک با محققان در زمینه‌های هواشناسی و هیدرولوژی لازم است.

برنامه‌ریزی

- طراحی تراز راه: ارتفاع راه در سطحی بالاتر از مسیرهای سیل قرار گیرد.
- طراحی مسیر راه: راه به دور از ریسک‌های بالقوه لغزش زمین احداث شود. تا حد امکان راه کمتر در معرض برف و باد قرار بگیرد.
- رویکرد جامع برای مدیریت آب‌های جاری: ساخت حوضچه‌های کنترل‌کننده جریان آب که ته‌نشینی مواد زائد نیز در آنها صورت پذیرد. آب‌روهای عبوری از عرض راه مد نظر قرار گیرند.
- در نظر گرفتن اجرای موارد مذکور در مرحله نگهداری راه.

طراحی و ساخت

- اطمینان از ظرفیت کافی زهکشی و محافظت مناسب در برابر فرسایش؛
- بازنگری در آیین‌نامه‌های طراحی برای تطبیق با شرایط آب‌وهوایی سخت؛
- توسعه مدل‌ها برای ارزیابی تحلیلی ریسک‌های مرتبط با لغزش زمین، بدون وابستگی به اطلاعات پیشین؛
- طراحی روسازی‌ها به شکلی که در برابر گرمای شدید مقاوم‌تر باشند؛
- مد نظر قرار دادن موضوعات زیست‌محیطی: کنترل آلودگی، گیاهان و جانوران منطقه و غیره؛
- مد نظر قراردادن طراحی راه در نگهداری آن؛
- مد نظر قرار دادن مسایل آب‌وهوایی در قرارداد ساخت.

بهره‌برداری و نگهداری

- ارزیابی ریسک‌ها در تمامی فازها و در تمامی سطوح، شناسایی دارایی‌های با آسیب‌پذیری زیاد در برابر تغییرات آب‌وهوایی پیش‌بینی‌شده، کاهش خسارت، اولویت‌بندی نیازها؛
- مدیریت ریسک‌های مرتبط با شرایط نامطلوب، آمادگی و برنامه‌های اضطراری برای مدیریت شرایط پس از رخداد حوادث نامطلوب؛
- جلوگیری از انباشتگی کارهای نگهداری، انباشته شدن کارهای نگهداری یکی از موانع برای تطبیق با شرایط جدید و مدیریت راهها می‌باشد؛
- مدیریت ترافیک، استفاده از سیستم مانیتورینگ و ارتباطات برای کنترل ترافیک در زمان رخداد حوادث نامطلوب؛
- آمادگی برای شرایط آب‌وهوایی سخت به منظور بهره‌برداری از راه در زمستان: قرارداد مناسب، داشتن برنامه‌های مواجهه با شرایط اضطراری و غیره؛
- بهبود قراردادها: تعریف بهتر استانداردها در مقابل شرایط استثنایی، تعریف روش‌ها برای تقسیم ریسک‌ها، ایجاد الزامات مناسب برای بازرسی دوره‌ای و مستندسازی.

ارتقای دانش

- ارتقای دانش برای تطابق: نظارت، برداشت اطلاعات جغرافیایی وقایع و مستندسازی رخدادها؛

- تحقیق: هماهنگ‌سازی تحقیقات جاری، افزایش دانش درباره اثرات تغییرات آب‌وهوایی بر شبکه راهها، توسعه روش‌هایی برای تعریف ریسک قابل پذیرش بر اساس شرایط موجود؛
- ارتقای آگاهی ذی‌نفعان و عموم جامعه در رابطه با اهمیت موضوع تطابق با تغییرات شرایط آب‌وهوایی.

کنوانسیون تغییرات آب‌وهوا سازمان ملل متحد[1] (UNFCCC) و بانک جهانی به اتفاق آرا اعتقاد دارند، زیرساخت‌های کشورهای کمتر توسعه‌یافته به دلیل ظرفیت‌های پایین تطابق، از تغییرات آب‌وهوایی بیشتر تأثیر می‌پذیرند. برای آن کشورها، دستیابی به مقیاس‌های کارایی مذکور بسیار دشوار خواهد بود. بانک جهانی تخمین می‌زند بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۵۰ هزینه تطابق با تغییرات آب‌وهوا برای این کشورها بین ۷۰ تا ۱۰۰ میلیارد دلار در سال (بر مبنای قیمت دلار در سال ۲۰۰۵) خواهد بود و در حدود ۲۳ درصد از این برآورد مربوط به هزینه‌های راهها می‌باشد. در کشورهای کمتر توسعه‌یافته، استفاده از ابزارهای مدیریت و ارزیابی ریسک به دلیل محدودیت در جمع‌آوری اطلاعات بسیار دشوار است[۱۸]. به همین دلیل UNFCCC، در چارچوب برنامه تطابق Cancun، برنامه کاری نایروبی را ایجاد نمود که هدف آن ظرفیت‌سازی جهانی برای همکاری بین جوامع و دولت‌ها در خصوص تطابق با تغییرات آب‌وهوایی است. یکی از جنبه‌های کار UNFCCC، تأکید بر همکاری، انتقال دانش و استفاده از ابزارهای ریسک برای حل مسایل و چالش‌های تطابق و سازگاری با تغییرات آب‌وهوا می‌باشد. در آینده، کشورهای عضو پیارک باید به طور فعال به دنبال درگیر شدن در تلاش‌های بین‌المللی مانند UNFCCC باشند و دانش خود را در زمینه تغییرات آب‌وهوایی به اشتراک بگذارند.

1. **U**nited **N**ations **F**ramework **C**onvention on **C**limate **C**hange

۵- جعبه‌ابزار تحت وب مدیریت ریسک (نسخه بتا)

۵-۱- معرفی

در سال ۲۰۰۷، کمیته فنی پیارک در مدیریت ریسک در راهها توسعه اولین نسخه جعبه‌ابزار فنی مدیریت ریسک راهها را آغاز کرد (پیوست ت). ریاست وقت کمیته، پیشنهاد ارتقای نسخه موجود به یک برنامه تحت وب کاربرپسند را ارایه داد. هدف کمیته، ارایه نسخه بتا برنامه تحت وب پیارک تا پایان دوره چهارساله فعالیتش بود. برنامه تحت وب این امکان را فراهم می‌کند که اعضای پیارک به یک پایگاه داده مدیریت ریسک تحت وب و دارای قابلیت جستجو متصل شوند و فایل‌های جدید مدیریت ریسک را در آن بارگذاری نمایند. جعبه‌ابزار تحت وب همچنین به کمیته مدیریت ریسک این امکان را می‌دهد که جوامع مدیریت ریسک را به یکدیگر متصل نمایند.

۵-۲- هدف

نسخه بتا کنونی، برای انطباق با پروتکل‌های مربوطه پیارک، نیاز به بازسازی دارد. اهداف نهایی ابزار تحت وب در ادامه ارایه شده‌اند:

- انتقال فایل‌های جعبه‌ابزار؛
- انتقال فایل‌های اکسل موجود در داخل لوح فشرده به یک پایگاه داده اینترنتی قابل جستجو؛
- طراحی پایگاه داده‌ها به طوری که اعضای پیارک بتوانند به محتوای آن اضافه کنند؛
- ایجاد فضایی برای اعضای پیارک برای به اشتراک‌گذاری ایده‌ها درباره موضوعات مدیریت ریسک؛
- ایجاد مخازن مرکزی اطلاعات درباره موضوعات و مسایل مرتبط با مدیریت ریسک راهها در زمینه‌هایی از قبیل برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت‌وساز، بهره‌برداری (تعمیر و نگهداری) و بازسازی.

۵-۲-۱- انتقال فایل‌های جعبه‌ابزار (فایل‌های اکسل لوح فشرده) به یک پایگاه داده‌های اینترنتی با قابلیت جستجو

نسخه‌های قبلی جعبه‌ابزار، مجموعه‌ای گسترده از فایل‌های اکسل می‌باشند که در آنها اطلاعات فنی در قالب صفحات اکسل به نام «صفحات فهرست» به یکدیگر متصل شده‌اند. درمجموع ۱۲۴ صفحه فهرست، آماده معرفی

فناوری‌های مدیریت ریسک (که به‌طور عمده در ژاپن و نیوزیلند توسعه یافته‌اند) به کشورهای در حال توسعه می‌باشند. فناوری‌ها و ابزارهای مدیریت ریسک توسعه یافته در کشورهای مختلف، به‌صورت دوره‌ای به جعبه‌ابزار اضافه می‌شوند. جعبه‌ابزار از طریق لوح فشرده توزیع شده و از زمان توزیع، به‌روزرسانی یا بازتوزیع نشده است.

۵-۲-۲- طراحی پایگاه داده‌ها به گونه‌ای‌که محتوای آن توسط اعضای پیارک ارایه شود

یکی از کاستی‌های اولین نسخه از جعبه‌ابزار این بود که استفاده از لوح‌های فشرده سبب می‌شد به‌روزرسانی مداوم و مدیریت محتوای جعبه‌ابزار برای اعضای پیارک بسیار دشوار گردد. این امر سبب شد اضافه کردن نمونه‌ها و مثال‌های مدیریت ریسک شبکه راهها به جعبه‌ابزار در دوره پیش به‌سختی صورت پذیرد.
طراحی جعبه‌ابزار بر روی لوح فشرده، استفاده از جعبه‌ابزار را پیچیده می‌کند و کاربر باید قبل از استفاده، متن آموزشی کوتاهی را برای درک چگونگی استفاده درست از جعبه‌ابزار مطالعه کند. ضعف دیگر این بود که جعبه‌ابزار تنها در اختیار افرادی که به لوح فشرده دسترسی داشتند یا فایل‌های موجود در آن را بر روی رایانه خود ذخیره کرده بودند، قرار داشت. برای اصلاح این کاستی‌ها، ابزار تحت وب با یک رابط کاربری کاربرپسند جهت مدیریت ریسک راهها در پایگاه داده‌های SQL طراحی‌شد. در این ابزار تحت وب یک موتور جستجوی قوی، پوشه‌های اطلاعاتی و منوهای کشویی نیز وجود دارد که یافتن اطلاعات را برای کاربر تسهیل نموده‌اند.
ابزار تحت وب با استفاده از نرم‌افزارهای رایگان متن‌باز (Drupal و mySQL) و از طریق یک سرویس میزبانی وب ساخته شده است. با استفاده از یک نرم‌افزار تحت وب، روشی آسان، متمرکز، همیشه در دسترس و ساده برای اعضای پیارک فراهم می‌شود که به کمک آن این اعضا در زمینه روش‌های مدیریت ریسک همکاری می‌کنند.

۵-۲-۳- ایجاد فضایی برای اعضای پیارک جهت به‌اشتراک‌گذاری ایده‌ها در مورد مدیریت ریسک راهها

ریسک‌های شبکه راهها ناشی از بلایای طبیعی، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تغییرات آب‌وهوایی در حال افزایش است و به اشتراک‌گذاری ایده‌ها در مورد چگونگی مدیریت این ریسک‌ها بسیار ضروری است. ابزار تحت وب به شکلی ساخته شده است که اعضای پیارک قادر به ایجاد پروفایل‌های عضویت، بحث و تبادل‌نظر و ایجاد وبلاگ در رابطه با موضوعات مدیریت ریسک باشند. بر حسب نیاز، دیگر برنامه‌های مرتبط با شبکه‌های اجتماعی نیز می‌تواند به این ابزار اضافه شود. برنامه‌های شبکه‌های اجتماعی سبب تسهیل گفتگو در مورد مدیریت ریسک راهها در میان اعضا می‌شوند.

۵-۲-۴- تأمین یک بانک اطلاعاتی مرکزی

ابزار تحت وب به شکلی پیکربندی شده است که برای اعضای پیارک این امکان را فراهم می‌سازد تا اطلاعات مربوط به ابزارهای مدیریت ریسک را در آن بارگذاری، بارگیری، دسته‌بندی، جستجو، چاپ و مرتب‌سازی نمایند. همچنین این ابزار تحت وب دارای یک تابع داخلی است که محیط وب را برای یافتن دیگر موضوعات مرتبط با ریسک جستجو می‌کند.

۶- نتیجه‌گیری

این گزارش خروجی کارگروه C.3.2 در رابطه با «خطرات مرتبط با بلایای طبیعی، تغییرات آب‌وهوا، رویدادهای ناشی از دخالت بشر و تهدیدات امنیتی است». این گزارش محصول فعالیت‌های مختلفی است که شامل ارایه نمونه‌ها، مثال‌ها، تحقیقات و مطالعات مختلف می‌باشد. در تدوین این گزارش از فعالیت‌های دوره قبلی این کارگروه استفاده شده است.

ابزار کپتا یک راهنمای کاربر گام‌به‌گام مبتنی بر ریسک است و به مدیران و مسؤولان شبکه‌های راه در ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تمامی خطرات کمک می‌کند. راهنما به شکلی طراحی شده است که به سرعت به تصمیم‌گیرندگان برای رسیدن به گزینه‌های منطقی بر اساس اولویت‌های سازمان و ویژگی‌های دارایی‌های مربوطه، یاری رساند. ابزار کپتا به تصمیم‌گیری درباره چگونگی صرف بودجه برای کاهش ریسک‌ها کمک می‌کند. ابزار کپتا پیامدهای مختلف، تعداد و نوع تهدیدات و خطرات و حالت‌های مختلف حمل‌ونقل را به منظور به دست آوردن یک روش منسجم برای تخصیص منابع، مد نظر قرار می‌دهد.

این گزارش شامل برخی از روش‌های عملی ابداع شده در ژاپن برای مدیریت ریسک‌های مرتبط با بارش باران‌های سنگین و زلزله است. همچنین در این گزارش یک دید کلی در رابطه با راهبردهای انطباق با تغییرات آب‌وهوایی و چگونگی شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌های مرتبط با شرایط آب‌وهوایی، ارایه شده است. از آنجا که دو واژه «انطباق» و «تخفیف اثرات» اغلب به اشتباه به جای یکدیگر استفاده می‌شوند، بحثی آگاهانه در مورد تفاوت بین این دو واژه ارایه شده است. بخشی از گزارش به شرح تلاش‌های ایالات‌متحده و جامعه بین‌المللی برای توسعه روش‌ها و ابزارهای ارزیابی خطرات تغییر آب‌وهوا، تعیین اثرات بالقوه و ایجاد برنامه‌های انطباق، پرداخته است. این گزارش شامل مطالعات موردی از سراسر جهان در رابطه با ریسک‌های مرتبط با بلایای طبیعی، تغییرات آب‌وهوا و رویدادهای ناشی از دخالت بشر است.

برای تبدیل نسخه اصلی جعبه‌ابزار به یک نرم‌افزار تحت وب کاربرپسند، پیشنهاد توسعه یک جعبه‌ابزار تحت وب جهت مدیریت ریسک (نسخه بتا)، ارایه شد. ابزار تحت وب این امکان را فراهم می‌سازد که اطلاعات مربوط به ابزارهای مدیریت ریسک در آن بارگذاری، بارگیری، دسته‌بندی، جستجو، چاپ و مرتب‌سازی شوند.

۷- واژه‌نامه

در این گزارش از واژگان اختصاری زیر استفاده شده است.

ردیف	کلمه اختصاری	شرح
۱	AASHTO	انجمن ادارات راه و حمل‌ونقل ایالتی آمریکا
۲	AADT	حجم متوسط ترافیک روزانه در سال
۳	ADT	متوسط ترافیک روزانه، متوسط تعداد وسایل نقلیه عبوری از دو طرف، در یک نقطه خاص در یک دوره ۲۴ ساعته است.
۴	CAPTA	هزینه حفاظت از دارایی‌ها: یک راهنمای در بر گیرنده تمامی خطرات متوجه ادارات راه و حمل‌ونقل است که شامل یک ابزار برنامه‌ریزی برای برآورد سرمایه و بودجه عملیاتی جهت کاهش ریسک‌ها به سطوح قابل‌قبول است.
۵	EEA	منطقه اقتصادی اروپا
۶	FHWA	سازمان راههای فدرال (FHWA)، بخشی از وزارت حمل‌ونقل ایالات‌متحده است که در واشنگتن‌دی‌سی مستقر است و با داشتن دفاتری واقع در سراسر ایالات‌متحده به مدیریت برنامه‌های فدرال مربوط به راهها می‌پردازد.
۷	HAZMAT	مواد خطرناک جامد، مایع یا گازهایی که می‌توانند به مردم، دیگر موجودات زنده، اموال یا محیط‌زیست آسیب برسانند.
۸	IPCC	هیأت بین‌المللی تغییرات آب‌وهوایی که توسط برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEP) و سازمان جهانی هواشناسی (WMO) تأسیس شده است و برای ارایه یک دیدگاه علمی روشن درباره وضعیت فعلی دانش مرتبط با تغییر آب‌وهوا و اثرات بالقوه آن بر شرایط زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی ایجاد شده است.
۹	NCHRP	برنامه مشارکت ملی تحقیقات راه در سال ۱۹۶۲ به عنوان ابزاری برای انجام پژوهش در خصوص مشکلات تأثیرگذار بر برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری راه در ایالات متحده ایجاد شد و توسط انجمن تحقیقات حمل‌ونقل اداره می‌شود.
۱۰	NRA	سازمان راههای ملی (اروپا)
۱۱	RIMAROCC	یک رویکرد مشترک در اروپا برای مدیریت ریسک در شبکه راهها در برابر تغییرات آب‌وهوا.
۱۲	SGI	مؤسسه ژئوتکنیک سوئد
۱۳	SQL	زبان جستجوی ساختاریافته؛ زبان پایگاه داده‌ها می‌باشد که برای مدیریت داده‌ها طراحی شده است.
۱۴	TNT	تری‌نیتروتولوئن، یک ترکیب شیمیایی زردرنگ که به‌عنوان مواد منفجره مفید شناخته می‌شود.
۱۵	TRB	انجمن تحقیقات حمل‌ونقل یکی از ۶ بخش اصلی شورای پژوهش‌های ملی است، یک مؤسسه غیرانتفاعی خصوصی که مسؤول اصلی اداره آکادمی‌های ملی در زمینه ارایه خدمات به دولت، مردم و جوامع علمی-مهندسی می‌باشد.
۱۶	USDOT	وزارت حمل‌ونقل ایالات‌متحده که توسط کنگره ایالات‌متحده آمریکا در ۱۵ اکتبر سال ۱۹۶۶ برای نظارت فدرال بر راهها، حمل‌ونقل هوایی، راه‌آهن و حمل‌ونقل دریایی تأسیس شد.

۸- مراجع

1. Adaptation Advisory Group of the Governor's Sub-Cabinet on Climate Change. "Adaptation Advisory Group Draft Final Report", Revised 2010. *http://www.climatechange.alaska.gov/aag/aag.htm*
2. HUPPERT, D.D. MOORE, A., DYSON, K. (2009) "Chapter 8: Impacts of Climate Change on the Coasts of Washington State", in "Washington Climate Change Impacts Assessment", Climate Impacts Group, Seattle, Washington, 2009.
3. Chicago Department of Transportation. The Green Alley Handbook: An Action Guide to Create a Greener, Environmentally Sustainable Chicago", Chicago, IL.
4. Committee on Climate Change and U.S. Transportation. "Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation Special Report 290", Transportation Research Board, National Research Council (U.S.), 2008.
5. Houston-Galveston Area Council, "The 2035 Houston-Galvestion Regional Plan", 2008.
6. KLAUS J., ROSENZWEIG. C., HORTON, R., MAJOR, D. and GORNITZ, V. "MTA Adaptations to Climate Change: A categorical Imperative", Metropolitan Transit Authority, New York, NY, October 2008. *http://www.mta.info/sustainablity/pdf/jacob_et%20al_MTA_Adaptation_Final_0309.pdf*
7. LUERS, A.L., MOSER, S.C. "Preparing for the impacts of Climate change in California: Opportunities and constraints for adaptation". Report prepared for the California Energy Commission (CEC) and California Environmental Protection Agency, CEC-5000-198-SF, CEC, Sacramento, CA, 2006.
8. MEYER, M.D. "Design Standards for U. S. Transportation Infrastructure The implications of Climate Change". Commissioned by the Executive Committee of the Transportation Research Board to help develop TRB Special Report 290, "The Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation", 2008. Portland Bureau of Environmental Services. "Portland Green Street Program".
9. Portland Bureau of Environmental Services. "*Portland Green Street Program*". *http://www.portlandonline.com/BES/index.cfm?c=44407*
10. QUINN, F.H. "The Potential Impacts of Climate Change on Great Lakes Transportation", Commissioned by the Executive Committee of the Transportation Research Board to help develop TRB Special Report 290, "The Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation", 2008.

11. REIN, L. "Paving an Environmentally Friendly Path." Washington Post, Washington, DC. July 23, 2009.
http://www.wahingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2009/07/22/AR2009072203470.html

12. ROSENZWEIG, C., CASASSA, G., KAROLY, D.J., IMESON, A., LIU, C., MENZEL, A., RAWLINS, S., ROOT, T.L., SEGUIN, B., TRYJANOWSKI, P., 2007: Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability", Contribution of Working Group II to the "Fourth Assessment Report of IPCC", PARRY, M.L., CANZIANI, O.F., PALUTIKOF, J.P., VAN DER LINDEN, P.J., and HANSON, C.E., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, p.79-131, 2007.
http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter1.pdf

13. The National Academies of Science and the Transportation Research Board (TRB). "NCHRP Report 525 Costing Asset Protection: An All Hazards Guide for Transportation Agencies (CAPTA)—Surface Transportation Security"— Volume 15, 2009. The TRB provides the following disclaimer regarding use of these materials: Cooperative Research Programs (CRP) grants permission to reproduce material in this publication for classroom and not-for-profit purposes. Permission is given with the understanding that none of the material will be used to imply TRB, AASHTO, FAA, FHWA, FMCSA, FTA, or Transit Development Corporation endorsement of a particular product, method, or practice. It is expected that those reproducing the material in this document for educational and not-for-profit uses will give appropriate acknowledgment of the source of any reprinted or reproduced material.

14. Town of Edmonston, Maryland. "Going Green." http:/edmonstonmd.gov/ Going Green.html
http://edmontonmd.gov/GoingGreen.html

15. United States Department of Transportation. The Marine Highway Program. *http://www.maraddot.gov/ships shipping landing page/mhi home/mhi home.htm*

16. UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2010. Climate Change: Impacts, Vulnerabilities, and Adaptation in Developing Countries. Bonn, Cancun, Mexico: United Nations Cancun Adaptation Framework. Accessed December 19 from
http://unfccc.int/adaptation/cancun_adaptation_framework/items/5852.php

17. WOUDSMA C., KANAROGLOU, P., MAOH, H and. MARSHALL S. (2007), Climate Change and Canadian Road Transport: Assessing Impacts and Adaptations, Final Report submitted to Natural Resources Canada, Climate Change Impacts and Adaptations Directorate, Ottawa, 133 pages.

18. World Bank. 2010. Economics of Adaptation to Climate Change: Synthesis Report. Washington, DC.

19. CEDR: « Adaptation to Climate Change – Task 16 Report 2011). Annex to 7.2 – GB Lucerne 2011, October 2011, 48 pages.

20. LEMIEUXL. Canada 3: Excerpted from Forest Fire in Chibougamau. Prepared for PIARC W3.2. Ministère des Transports du Québec (MTQ). March 2010.

21. Ministry of the Environment, Japan Global Environment Research Fund Strategic R&D Area Project, Comprehensive Assessment of Climate Change Impacts to Determine the Dangerous Level of Global Warming and Appropriate Stabilization Target of Atmosphere GHG Concentration – Project for Comprehensive Projection of Climate Change Impacts — Global Warming Impacts on Japan, Nobuo Mimura, Professor of Tohoku University 2008, 2009.

پیوست الف- راهنمای گام‌به‌گام استفاده از CAPTool

راهنمای پایه CAPTool [۱۳].

راهنمای پایه CAPTool شامل یک فرایند شش مرحله‌ای به شرح زیر است:

- ریسک‌های مرتبط
- آستانه‌ها؛
- فهرست دارایی‌ها و طبقه‌بندی دارایی‌ها؛
- فهرست دارایی‌های (طبقه‌بندی دارایی‌های) دارای پیامد شدید در مقابل ریسک؛
- اقدام‌های متقابل؛
- خلاصه نتایج.

مرحله ۱: ریسک‌های مرتبط

معرفی

در مرحله اول این ارزیابی سطح بالا، مالک (کارفرما) موارد زیر را شناسایی می‌کند:

- خطرات و تهدیدها،
- طبقه‌بندی دارایی‌های مورد نظر.

این مرحله ابتدایی، محدوده دارایی‌های مورد نظر را کاهش می‌دهد. در این مرحله، کاربر طبقه‌بندی دارایی مورد نظر که تحت مدیریت، نفوذ یا کنترل سازمان‌های مربوطه قرار می‌گیرند را مشخص می‌کند. هنگامی که کاربر با طبقه‌بندی دارایی‌ها مواجه شود که تحت کنترل نهاد تحلیل‌کننده نیستند، کاربر می‌تواند از CAPTool استفاده نماید ولی هنگام نتیجه‌گیری می‌تواند بودجه دارایی موردنظر را بنا به نیاز از نتایج حذف نماید.

از کاربر خواسته می‌شود خطرات و تهدیدهای موردنظر خود را انتخاب نماید. به عنوان مثال، در منطقه‌ای که

تجربه طوفان وجود دارد، ممکن است زمین‌لرزه یا رانش زمین اتفاق نیفتاده باشد. کاربر می‌تواند ارزیابی را به نواحی محلی مرتبط سازد و طبقه‌بندی دارایی‌ها را به اطلاعات موجود از قبیل کاربری، نوع، طول و هزینه مرتبط سازد. این جزییات در ادامه به وسیله CAPTool فرا خوانده می‌شوند.

ابزار CAPTool شامل طیف وسیعی از خطرات و تهدیدها می‌باشد. خطرات و تهدیدهای مورد نظر در شرایط خاص می‌تواند زیرمجموعه‌ای از آن فهرست‌ها باشد. در جدول ۱، فهرست اغلب خطرات و تهدیدهایی که ادارات راه قادر به تشخیص آنها هستند، ارایه شده است.

جدول ۱: خطرات و تهدیدات

نوع	خطر/ تهدید
خطرات غیرعمد	آتش شکست سازه‌ای آزادشدن غیرعمدی مواد سمی
خطرات طبیعی	سیل زلزله شرایط جوی سخت زمین‌لغزه
تهدیدات عمدی	انفجار کوچک انفجار بزرگ آزادشدن عمدی مواد شیمیایی/مواد سمی/ مواد رادیواکتیو

هدف

اهداف مرحله ۱ عبارتند از:

- شناسایی دارایی‌های تحت نظارت، نفوذ یا کنترل سازمان مربوطه،
- شناسایی خطرات و تهدیدهای مربوط به ناحیه مورد نظر.

طبقه‌بندی دارایی‌ها، خطرات و تهدیدها باید بر اساس حقایق انتخاب شوند. خطرات و تهدیدها باید بر اساس ناحیه مورد نظر انتخاب شوند. این ارتباط ممکن است بر مبنای رویدادهای تاریخی، داده‌های آماری، پیش‌بینی کارشناسان (مانند پتانسیل فعالیت‌های لرزه‌ای) یا نگرانی در مورد حملات و درگیری‌های بین‌المللی باشد.

تعاریف

خطرات- برخی از خطرات و تهدیدهای ارایه‌شده در جدول ۱، جزیی از طبیعت منطقه هستند و می‌توانند به شکل همزمان چند دارایی را تحت تأثیر خود قرار دهند. بسیاری از حوادث طبیعی، از جمله زلزله، سیل، شرایط جوی سخت (برف، یخ، باد) و رانش زمین، بر تمام دارایی‌های موجود در منطقه جغرافیایی وقوع رویداد، تأثیرمی‌گذارند.

- **آتش:** آتش‌سوزی گسترده و انتشار دود با تولید انرژی بیش از ۱۰۰ مگاوات. آتشی با این ابعاد، قابل کنترل نیست.
- **شکست سازه‌ای:** هر کاهش و تخریب در اعضا و یکپارچگی سازه که سبب کاهش مؤثر مقاومت آن سازه شود.
- **انتشار مواد خطرناک:** انتشار مایعات، گازها یا مواد جامدی که در صورت تماس با افراد یا اموال سبب آسیب به آنها خواهند شد.
- **سیل:** جریان بیش ازحد آب در یک منطقه بیش از ظرفیت زهکشی آن منطقه که می‌تواند سبب در معرض خطر قرار گرفتن افراد و اموال شود.
- **زلزله:** انتشار امواج لرزه‌ای ناشی از اختلالات زمین‌گرمایی.
- **شرایط جوی سخت:** هرگونه شرایط آب‌وهوایی که از معیارهای ۱۰۰ ساله پیش‌بینی‌شده مربوط به باد، برف، باران یا یخ، تجاوز نماید.
- **گل‌ولای/ زمین‌لغزه:** هر نوع شکست در شرایط خاک که سبب ایجاد شرایط خطرناک برای افراد یا اموال شود.

تهدید- رویدادهای ناشی از دخالت بشر غالباً به شکل غیرعمد هستند. حوادث عمدی اغلب تنها بر دارایی‌های خاص تأثیر می‌گذارند. با این حال، حوادثی مانند نشت مواد سمی یا انفجارهای بزرگ (به‌خصوص اگر دارای مواد شیمیایی، پرتوزا یا زیستی باشند)، می‌توانند دارایی‌های زیادی را برای مدت‌زمان طولانی غیرقابل استفاده نمایند.

- **انفجار کوچک:** انفجار ناشی از مواد منفجره قابل‌حمل با دست، با نیروی انفجاری کمتر از ۲۵۰ پوند TNT.
- **انفجار بزرگ:** انفجار ناشی از مواد منفجره قابل‌حمل با وسیله نقلیه، با نیروی انفجاری بیش از ۵۰۰ پوند TNT.
- **مواد شیمیایی/ زیستی/ پرتوزا:** مواد شیمیایی مضر، عامل زیستی یا پرتوزا که محیط را در معرض مقدار خطرناکی از آلودگی قرار می‌دهند. این مواد می‌توانند موجب آسیب‌رسانی به افراد یا غیر قابل استفاده نمودن دارایی‌ها شوند.
- **اعمال مجرمانه:** هرگونه اغتشاش مدنی که ناقض قوانین محلی، ایالتی یا فدرال باشد.

دسته‌بندی دارایی‌ها: کپتا هشت نوع از دارایی‌های موجود در حمل‌ونقل رابه شرح زیر به رسمیت می‌شناسد:

- **پل‌های جاده‌ای:** همه پلتفرم‌های هوایی طراحی‌شده برای حمل‌ونقل جاده‌ای شامل پل‌های فولادی، بتنی، دارای تیر، دره‌گذر، معلق یا کابلی.

- **تونل‌های جاده‌ای:** تمامی قطعه‌های زیرزمینی طراحی‌شده برای حمل‌ونقل جاده‌ای شامل تونل، خاکبرداری و پوشش، تونل‌های زیردریایی و راههای عبوری از کوهستان.
- **ایستگاه‌های راه‌آهن:** تمامی امکانات زیرزمینی یا روزمینی که امکان سوار و تخلیه شدن مسافران را فراهم می‌نمایند.
- **پل‌های حمل‌ونقل ریلی:** تمامی پلتفرم‌های هوایی که برای حمل‌ونقل ریلی استفاده می‌شوند، از جمله پل‌های فولادی، بتنی، معلق یا کابلی.
- **تونل‌های حمل‌ونقل ریلی:** تمامی پلتفرم‌های زیرزمینی یا حفاری‌های صورت گرفته برای حمل‌ونقل ریلی شامل تونل، خاکبرداری و پوشش، تونل‌های زیردریایی و راههای عبوری از کوهستان.
- **تسهیلات اداری و پشتیبانی:** تمام امکانات و دارایی‌های ثابت مورد استفاده در حمایت از مأموریت و اهداف یک سازمان حمل‌ونقل، به استثنای ایستگاه‌های مسافری راه‌آهن. این کلاس از دارایی‌ها شامل پایانه‌های هوایی، دریایی یا زمینی، ساختمان دفتر مرکزی، انبارها، تسهیلات تعمیر و نگهداری و مراکز کنترل عملیات می‌باشند.
- **کشتی:** تمامی وسایل نقلیه شناور مورد استفاده در حمل‌ونقل مسافر.
- **ناوگان:** تمام وسایل نقلیه مسافری، از جمله وسایل نقلیه ریلی و اتوبوس و تمام وسایل نقلیه مرتبط با تعمیر و نگهداری.

فرضیات

جهت انجام مرحله ۱ و تعیین جزییات ریسک‌های مربوط به یک دسته از دارایی‌های حمل‌ونقل، کاربر باید موارد زیر را داشته باشد:

- نقشه خطر، سوابق تاریخی و اطلاعات مربوط به خطرات و تهدیدات تجربه‌شده؛
- دیگر رویدادها یا اختلالاتی که باید در تحلیل گنجانده شوند. این شرط مربوط به حوادثی است که هرگز در محدوده مدیریت سازمان مربوطه (مانند حملات تروریستی یا زلزله) رخ نداده است، اما طبق الزامات باید در تحلیل در نظر گرفته شوند.

تهدیدات تروریستی می‌تواند با توجه به سیاست‌های داخلی و بین‌المللی، در معرض دید بودن دارایی و درک تروریست‌ها از ارزش دارایی متفاوت باشد؛ بنابراین، فرکانس یا احتمال حمله بسیار ذهنی است و در داخل CAPTool هیچ تلاشی در زمینه کمّی‌سازی احتمال حمله تروریستی به یک دارایی ویژه یا یک طبقه‌بندی از دارایی‌ها صورت نگرفته است.

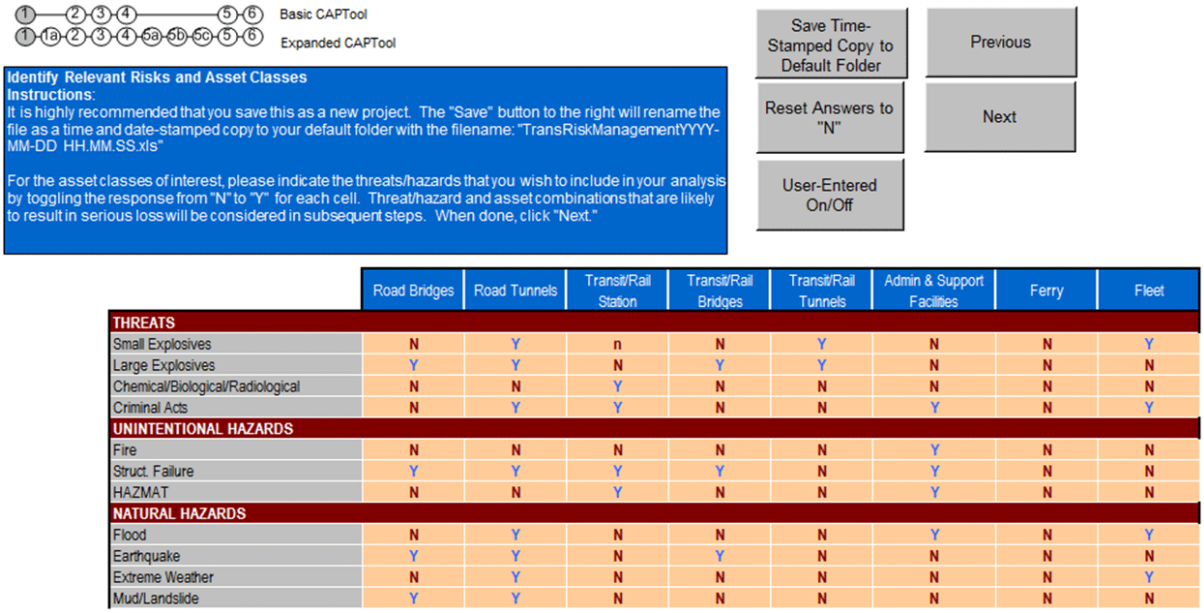
ورودی کاربران

در مرحله ۱ کاربر، خطرات و تهدیدات (شکل ۱) که مربوط به دارایی‌ها و طبقه‌بندی آنهاست را انتخاب می‌کند. در شکل ۱، صفحه ورودی از صفحه گسترده که در آن کاربر با انتخاب بله یا خیر، ترکیبی از خطرات و تهدیدات و دارایی حمل‌ونقل مد نظر خود را انتخاب می‌نماید، نمایش داده شده است.

ایجاد تمایز بین دارایی‌های جاده‌ای و دارایی‌های حمل‌ونقل عمدی است. این دو دسته از دارایی‌ها در ساختار، ظرفیت و تحمل اختلال، کاملاً متمایز هستند. کاربران تنها دسته دارایی‌های موردنظر خود را انتخاب می‌نمایند و فقط خطرات و تهدیداتی را انتخاب می‌کنند که به احتمال زیاد با آنها مواجه خواهند شد.

خروجی

خروجی این مرحله، جدول کاملی از طبقه‌بندی دارایی‌های حمل‌ونقل در برابر خطرات و تهدیدات مرتبط است. همان‌طور که در شکل ۱، نمایش داده شده است، نتیجه مرحله ۱، انتخاب خطرات و تهدیدات موردنظر و طبقه‌بندی دارایی‌هایی است که در اثر حوادث ناشی از این خطرات و تهدیدات ممکن است پیامدهای شدیدی در آنها ایجاد شود. باید توجه داشت که برخی از ترکیبات تهدیدها یا خطرات و طبقه‌بندی دارایی‌ها ممکن است در جدول خروجی ظاهر نشود. دلیل آن هم این است که قوانین به کار رفته در کپتا بازتاب‌دهنده قضاوت در مورد این مسأله است که آیا خطر یا تهدید می‌تواند سبب تخریب طبقه‌بندی دارایی شود یا خیر.



	Road Bridges	Road Tunnels	Transit/Rail Station	Transit/Rail Bridges	Transit/Rail Tunnels	Admin & Support Facilities	Ferry	Fleet
THREATS								
Small Explosives	N	Y	n	N	Y	N	N	Y
Large Explosives	Y	Y	N	Y	Y	N	N	N
Chemical/Biological/Radiological	N	N	Y	N	N	N	N	N
Criminal Acts	N	Y	Y	N	N	Y	N	Y
UNINTENTIONAL HAZARDS								
Fire	N	N	N	N	N	Y	N	N
Struct. Failure	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	N
HAZMAT	N	N	Y	N	N	Y	N	N
NATURAL HAZARDS								
Flood	N	Y	N	N	N	Y	N	Y
Earthquake	Y	Y	N	Y	N	N	N	N
Extreme Weather	N	Y	N	N	N	N	N	Y
Mud/Landslide	Y	Y	N	N	N	N	N	N

شکل ۱: صفحه اطلاعات ورودی برای خطرات/ تهدیدات و طبقه‌بندی دارایی‌ها

مثال ATA

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، سازمان فرضی ATA (Apex Transportation Authority)، دارای جاده، شبکه ترانزیت و کشتی است؛ این سازمان طبقه‌بندی دارایی‌ها، خطرات و تهدیدات مد نظر خود را در CAPTool با انتخاب "Y"مشخص نموده است.

مرحله ۲: آستانه‌ها

معرفی

در مرحله ۲، کاربر مجموعه‌ای از آستانه‌های پیامد را برای طبقه‌بندی‌های مختلف دارایی‌ها تعیین می‌نماید. آستانه پیامد نقطه‌ای است که توسط کاربر، مالک، متصدی یا سیستم تعیین می‌شود. بدون در نظر گرفتن تهدیدات و خطرات، تنظیم یک آستانه پیامد باید با تمرکز بر روی دارایی‌های مربوطه و حذف دارایی‌هایی که از آستانه پیامد گذر نمی‌کنند، صورت پذیرد.

آستانه‌ها برای هر طبقه‌بندی دارایی‌ها و برای هر دسته‌بندی پیامد تعیین می‌شوند. برای شناسایی دارایی‌هایی که در گام‌های بعدی به عنوان نامزد اجرای برنامه‌های اقدام متقابل در نظر گرفته می‌شوند، از آستانه‌های پیامد استفاده می‌شود. کاربر می‌تواند آستانه را برای هر یک از پیامدها تغییر دهد و به شکل دلخواه تنظیم نماید و بدین ترتیب چگونگی اثر این تغییرات بر دارایی‌های موجود در فهرست دارایی‌های با پیامد بالا که نامزد اخذ سرمایه از منابع اضافی هستند را تعیین نماید.

هدف

هدف از این مرحله، ایجاد آستانه‌های پیامدی فراتر از حدی است که در صورت وقوع آن صاحب دارایی، اپراتور یا کاربر سیستم، جهت انجام اقدامات متقابل برای جلوگیری از تلفات یا کاهش پیامدها، حاضر به سرمایه‌گذاری است.

تعاریف

- **پیامد:** نشانه‌ای از اثرات منفی از یک رویداد بر دارایی‌های موردنظر. دارایی‌های مورد نظر اغلب، انسان‌ها، سازه‌ها یا تجهیزات می‌باشند.
- **پیامد مستقیم:** از دست دادن زندگی یا آسیب‌دیدگی یک فرد یا آسیب و تخریب اموال.

- **پیامد غیرمستقیم:** عوارض مضر اجتماعی، اقتصادی یا روحی ناشی از یک رویداد.
- **آستانه پیامد:** یک عامل برنامه‌ریزی مورد استفاده برای تعیین سطح پیامدها فراتر از مقداری که توسط آن سرمایه‌گذاری اضافی برای انجام اقدامات متقابل ممکن، توجیه می‌شود. به سبب این که در صورت وقوع رخدادهای شدید، پیامدهای فیزیکی و اقتصادی را نمی‌توان به‌آسانی با منابع در دسترس دوباره بازسازی نمود، کاربر این سطح را انتخاب می‌نماید.

فرضیات

- سطوح پیامد باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که با قصد سازمان در اختصاص منابع جهت از بین بردن یا کاهش پیامدها، سازگار باشند.
- با استفاده از تکرارهای مجدد در CAPTool کاربر می‌تواند سطوح آستانه را تغییر دهد و آنها را تنظیم نماید.

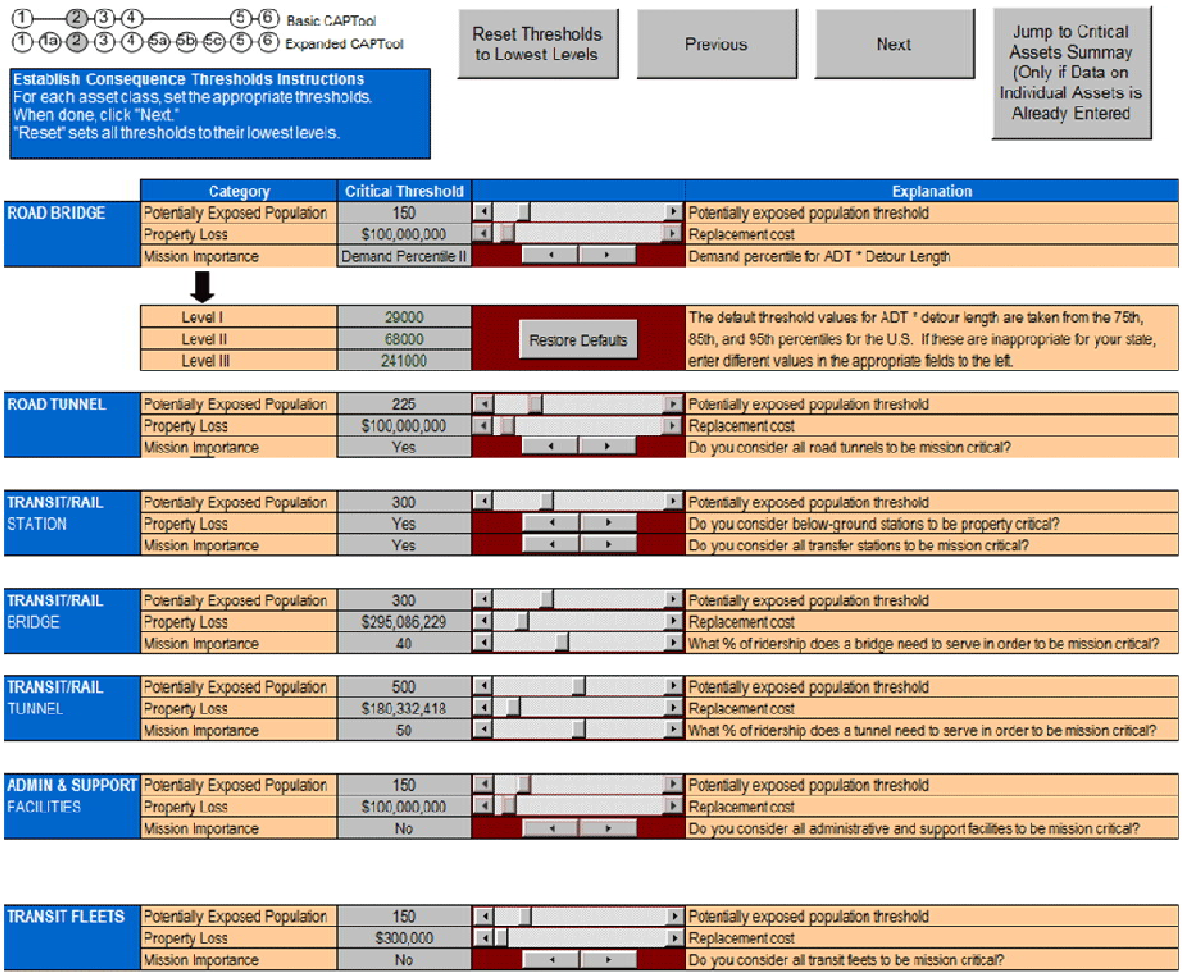
انتخاب یک آستانه پیامد به این معنا نیست که ضرر و زیان‌های کمتر از این سطح بی‌اهمیت هستند، بلکه به این معنی است که پیامدها و زیان‌های در زیر این سطح را می‌توان با منابع موجود سازمان مدیریت نمود.

ورودی کاربران

ورودی‌های کاربر در این مرحله ایجاد آستانه پیامد برای هر یک از دسته‌بندی‌های پیامد و برای هر دسته‌بندی دارایی‌هاست (شکل ۲). نیاز این مرحله این است که کاربر ترکیبی از آستانه‌های پیامد را انتخاب نماید. کاربر مقادیر آستانه برای هر یک از مناطق موردنظر را مطابق با سطح مسؤولیت و نگرانی‌های خود انتخاب می‌نماید. آستانه انتخاب‌شده بدین معنا نیست که پیامدهای کوچک‌تر از آستانه قابل‌چشم‌پوشی هستند، بلکه مقابله با اثرات آنها جزو مسؤولیت‌های نهادهای دیگر است.

کاربر با شناسایی آستانه پیامد که در آن سرمایه‌گذاری‌های اضافی ممکن است در نظر گرفته شود، کار خود را آغاز می‌نماید. از طریق تکرارهای متواتر، آستانه‌های پیامد تنظیم می‌شوند. سطح سرمایه‌گذاری در مرحله ۵ تعیین می‌گردد. پس از مشاهده تخصیص منابع به یک آستانه پیامد منتخب، تصمیم‌گیرنده ممکن است برای تعیین چگونگی تغییر هزینه با تغییر در مقادیر آستانه، سطح مقادیر آستانه را بالا یا پایین ببرد.

برای نیل به اهداف این مرحله، مستندات کارهای قبلی صورت گرفته در این زمینه مبنایی را برای دسته‌بندی پیامدها فراهم می‌کند. هنگامی‌که این روش برای دارایی یا طبقه‌بندی‌های دارایی‌های خاص استفاده شود، دسته‌بندی پیامدها فرض نابودی کامل دارایی را در نظر می‌گیرند.



شکل ۲: مقادیر آستانه پیامد

دسته‌بندی‌های پیامدهای زیر در مرحله ۱ استفاده می‌شود:

- **جمعیت بالقوه در معرض ریسک:** این دسته با واژه تلفات انسانی بالقوه بیان می‌شود. در ابزار CAPTool، به‌جای استفاده از مقدار واقعی تلفات انسانی در نتیجه وقوع یک خطر یا تهدید، از جمعیت بالقوه در معرض ریسک استفاده می‌شود.
- **از دست دادن دارایی‌ها:** این دسته هزینه‌های جایگزینی دارایی را بیان می‌کند. هزینه بر حسب میلیون دلار بیان می‌شود.
- **اهمیت مأموریت:** این دسته در قالب توقف عملکرد یا تأخیر در حمل‌ونقل بیان می‌شود و مربوط به یک دارایی خاص یا طبقه‌بندی دارایی‌ها می‌باشد. برای مثال برای شبکه‌های حمل‌ونقل، اهمیت مأموریت، شامل اهمیت نسبی دارایی در شبکه حمل‌ونقل است که میزان آن با توجه به نقش در سیستم (برای مثال سیستم راههای بین‌ایالتی یا سیستم شاهراههای ملی) و ظرفیت (به عنوان مثال متوسط ترافیک روزانه -ADT)، تعیین می‌شود. جهت تعیین

اهمیت مأموریت پل‌های جاده‌ای، کپتا از ADT و فاصله مسیر انحرافی جهت جانشینی مأموریت پل، استفاده می‌نماید.

باید توجه داشت که ممکن است دیگر پیامدهای عمده مانند اختلال در برخی از خدمات دولتی، تأخیر در واکنش‌های اضطراری و موانع جهت استقرار نیروهای نظامی، نیز ممکن است حادث شود. با این حال، چنین پیامدهایی اغلب با پیامدهای اصلی (شامل تلفات انسانی، از دست رفتن اموال و اختلال در عملکرد) همبستگی دارند.

دسته‌بندی پیامدها یک نقطه شروع را فراهم می‌نماید که تصمیم‌گیرندگان گذر اولیه از فرایندها را انجام دهند و سپس، از طریق نظرات، بازخوردها و تنظیمات، راه‌حل‌های منطقی در چارچوب موردنظر همگرا می‌شوند.

خروجی

محصول این مرحله، آستانه پیامدهای انتخاب‌شده توسط کاربر بر اساس دسته‌بندی پیامدها است. اطلاعات ورودی در این مرحله، جهت شناسایی طبقه‌بندی دارایی‌ها و دارایی‌هایی که دارای پیامدهای بالا (بحرانی) هستند به CAPTool وارد می‌شود و برای بررسی بیشتر در تحلیل باقی می‌ماند.

مثال ATA

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است منابع در دسترس ATA، شامل سرمایه اضافی از قوه مقننه و بازار اوراق قرضه است. این سرمایه اضافی ATA را قادر می‌سازد برای حفظ زیرساخت‌های خود در مقابل پیامدها، آستانه پیامد خود را در حدود ۱۰۰ میلیون دلار تعیین نماید. تلقی سازمان ATA در رابطه با تلفات واقع‌بینانه است و آستانه این آسیب را متناسب با روش حمل‌ونقل خود به طور میانگین ۱۰۰ نفر بالقوه در معرض آسیب تعیین نموده است. سازمان ATA ناوگان حمل‌ونقل خود را برای مأموریت سازمان، بحرانی در نظر نگرفته است.

مرحله ۳: فهرست دارایی‌ها و طبقه‌بندی دارایی

معرفی

صاحبان، مدیران و کاربران دارایی‌های حمل‌ونقل اغلب مسؤولیت انواع دارایی‌ها را بر عهده دارند. در این مرحله، کاربر فهرستی از دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی را تشکیل می‌دهد تا این فهرست‌ها توسط CAPTool ارزیابی شوند. اطلاعات واردشده در این مرحله در برابر آستانه‌های انتخاب‌شده در مرحله ۲ ارزیابی می‌شوند.

این ورودی می‌تواند به صورت جداگانه با نام یا با طبقه دارایی وارد CAPTool شود. نام‌گذاری دارایی‌ها به طور معمول یک ساختار مفید است. نام‌گذاری سبب می‌شود دارایی‌ها در محدوده تحت مدیریت، منحصربه‌فرد باشند. همچنین، دارایی‌های دارای نام می‌توانند به علت اهمیت خود برای منطقه، وارد فهرست‌های مورد نظر شوند.
قبل از ورود به CAPTool، کاربر باید دارایی‌های مشابه را در طبقه‌بندی‌های دارایی گروه‌بندی نماید. نمونه‌هایی از تشکیل طبقه‌بندی‌های دارایی به شرح زیر است:

- پل‌های بتنی شاهراه با طول بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ متر و با ADT بین ۲۰هزار تا ۳۰هزار وسیله نقلیه.
- ساختمان‌هایی با فضای اداری بین ۲۰۰۰ تا ۳۳۰۰ متر مربع.
- ایستگاه‌های ترانزیت هم‌سطح با دو باند مجزا.

هنگامی‌که این طبقه‌بندی‌های دارایی تشکیل می‌شوند، کاربران باید دقت داشته باشند که تنها معیارهایی مانند طراحی و پارامترهای عملیاتی مؤثر، نمایانگر کل طبقه‌بندی‌های دارایی مورد نظر نباشد. این رویکرد توسط قرار دادن دارایی‌های مشابه در طبقه‌بندی‌های مشابه به دنبال کاهش تعداد و نوع دارایی‌ها در نظر گرفته شده است.
فهرست‌های مالک (کارفرما) با آستانه‌های به‌دست‌آمده از مرحله ۲ ترکیب می‌شود و به‌وسیله این ترکیب دارایی‌های دارای پیامد بالا که از حد آستانه‌های انتخاب شده تجاوز می‌نمایند، شناسایی می‌شوند. کاربر ممکن است با مشاوره و به دست آوردن اطلاعات از فهرست‌های در دسترس، مانند National Bridge Inventory یا از ارزیابی‌هایی که در گذشته صورت پذیرفته‌اند، اطلاعات موردنیاز برای این مرحله را تولید نماید.

هدف

ورود اطلاعات دارایی‌ها یا طبقه‌بندی دارایی‌های مورد نظر سازمان به CAPTool، هدف اصلی این مرحله است. هدف دوم، محاسبه این موضوع است که آیا یک دارایی یا طبقه‌بندی دارایی از آستانه پیامد انتخاب‌شده توسط کاربر، تجاوز می‌نماید یا خیر.

تعاریف

- **طبقه‌بندی دارایی:** تجمیع دارایی‌های مشابه حمل‌ونقل در درون یک فهرست. دارایی‌ها بر مبنای مشخصات عمومی مانند الزامات طراحی، گروه‌بندی می‌شوند.
- **دارایی دارای پیامد بالا:** دارایی است که یک خطر یا تهدید به احتمال فراوان می‌تواند پیامدی را در آن ایجاد نماید که از یک یا چند مقدار آستانه عبور نماید؛ بنابراین، اقدامات متقابل کاهش ریسک باید برای این دارایی در نظر گرفته شود.

ورودی‌های کاربر

کاربر اطلاعات تمامی دارایی‌ها و طبقه‌بندی دارایی که باید توسط ابزار CAPTool مدنظر قرار گیرد را در صفحه مناسب هر دسته دارایی وارد می‌نماید. دسته‌بندی‌ها در مرحله ۱ انتخاب می‌شوند. برخی از این دسته‌بندی‌ها به شرح زیر می‌باشند:

پل جاده‌ای، تونل جاده‌ای، پل راه‌آهن، تونل راه‌آهن، ایستگاه راه‌آهن، امکانات پشتیبانی و اداری، کشتی، ناوگان (راه‌آهن و اتوبوس).

سپس کاربر کار گزینش آستانه پیامد را برای هر یک از طبقه‌بندی‌های دارایی آغاز می‌کند.

جدول ۲: معیارهای مورد استفاده برای تعیین عبور آستانه‌های پیامد از حد مجاز

طبقه‌بندی دارایی	معادل‌سازی PEP	معادل‌سازی دارایی	معادل‌سازی مأموریت
پل‌های جاده‌ای	تفکیک به جهت اصلی و جهت فرعی برای هر یک، چنانچه تعداد وسایل نقلیه در هر خط عبوری بیش از ۲۴۰۰ وسیله باشد، ۴۰ وسیله در هر ۱۰۰۰ فوت فرض می‌شود در غیر این صورت ۷/۵ وسیله در هر ۱۰۰۰ فوت در نظر گرفته می‌شود[۱].	۲۰۰۰۰ دلار به ازای هر فوت	ADT * طول مسیر انحرافی
تونل‌های جاده‌ای	تفکیک به جهت اصلی و جهت فرعی برای هر یک، چنانچه تعداد وسایل نقلیه در هر خط عبوری بیش از ۲۴۰۰ وسیله باشد، ۴۰ وسیله در هر ۱۰۰۰ فوت فرض می‌شود در غیر این صورت ۷/۵ وسیله در هر ۱۰۰۰ فوت در نظر گرفته می‌شود[۱].	۱۰۰۰۰۰ دلار به ازای هر فوت	برای وضعیت بحرانی بر اساس ورودی توسط کاربر
ایستگاه راه‌آهن/ترانزیت	چهار برابر حداکثر ظرفیت وسایل نقلیه ریلی[۲]	زیر زمین = بحرانی	چنانچه وضعیت ایستگاه بحرانی باشد، بر اساس ورودی توسط کاربر
پل راه‌آهن	دو برابر حداکثر ظرفیت وسایل نقلیه ریلی[۲]	۱۵۶۰۰ دلار به ازای هر فوت	ورودی توسط کاربر: درصد استفاده‌کنندگانی که به صورت منظم از این دارایی حمل‌ونقل ریلی/ ترانزیتی استفاده می‌کنند.
تونل راه‌آهن	دو برابر حداکثر ظرفیت وسایل نقلیه ریلی[۲]	۴۰۰۰۰ دلار به ازای هر فوت	ورودی توسط کاربر: درصد استفاده‌کنندگانی که به صورت منظم از این دارایی حمل‌ونقل ریلی/ ترانزیتی استفاده می‌کنند.
تسهیلات اداری و پشتیبانی	یک نفر در هر ۱۷۵ فوت مربع[۳]	۲۱۰ دلار به ازای هر فوت	هرگز بحرانی نمی‌شود مگر آن که کاربر اعلام نماید.
کشتی	حداکثر ظرفیت کشتی	ورودی مشخص نشده	هرگز بحرانی نمی‌شود مگر آن که کاربر اعلام نماید.
ناوگان	حداکثر اشغال یک ناوگان وسیله نقلیه	حاصلضرب میانگین هزینه به ازای وسیله نقلیه در حداکثر تعداد وسایل نقلیه	هرگز بحرانی نمی‌شود مگر آن که کاربر اعلام نماید.

۱- راهنمای ظرفیت راه (HCM)، انجمن تحقیقات حمل‌ونقل، شورای ملی پژوهش، واشینگتن دی‌سی، ۲۰۰۰.
۲- NFPA 130: استاندارد حمل‌ونقل ریلی مسافری و ترانزیت، انجمن ملی حفاظت در برابر آتش، کوینسی، ماساچوست، ۲۰۰۷.
۳- NFPA 101: آیین‌نامه ایمنی زندگی، انجمن ملی حفاظت در برابر آتش، کوینسی، ماساچوست، ۲۰۰۶.

راهنمای ورود اطلاعات مربوط دارایی‌ها/ طبقه‌بندی‌های دارایی در ابزار کپتا

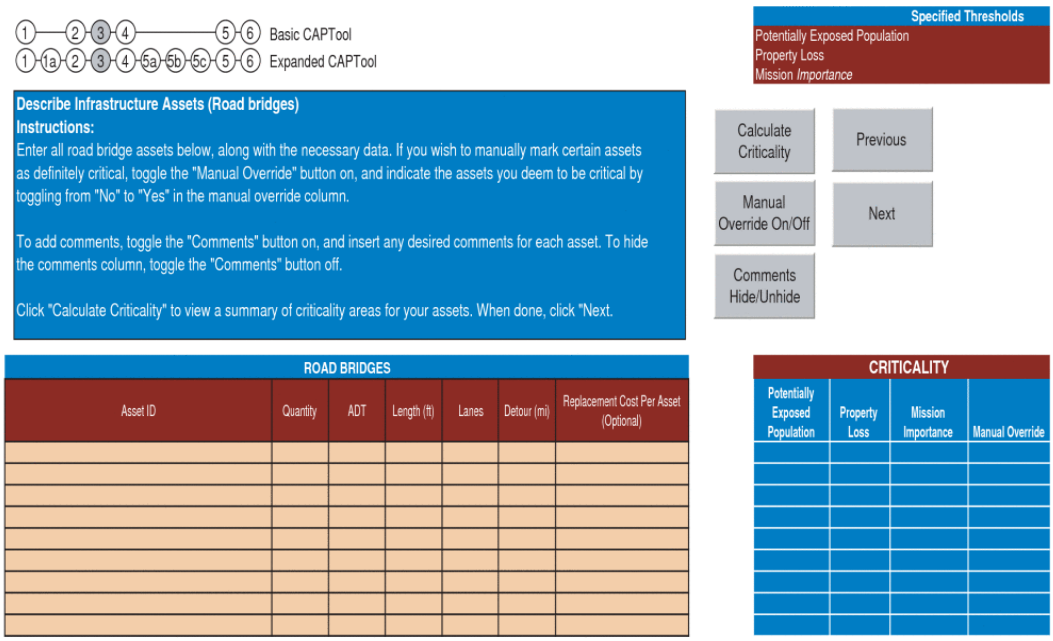
اطلاعات خاص موردنیاز با توجه به طبقه‌بندی‌های دارایی متغیر است. ابزار CAPTool با استفاده از این داده‌ها پیامدهای بالقوه هر یک از دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی را محاسبه می‌نماید.

داده‌های خاص موردنیاز برای هر یک از دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی عبارتند از:

- **تونل‌ها یا پل‌های جاده‌ای**
  - متوسط ترافیک روزانه در سال (AADT)،
  - طول،
  - تعداد خطوط،
  - مسیرهای انحرافی،
  - نوع مصالح مورداستفاده در ساخت،
  - تعیین نوع پل برای مثال اینکه یک پل کابلی است و یا معلق (این امر نیاز به یک ورودی منحصربه‌فرد دارد).
- **پل‌ها یا تونل‌های راه‌آهن**
  - حداکثر ظرفیت وسیله عبوری،
  - نوع مصالح ساختمانی (فولاد یا بتن)،
  - مساحت.
- **ایستگاه‌های راه‌آهن/ ترانزیت**
  - شناسایی منحصربه‌فرد ایستگاه،
  - حداکثر ظرفیت،
  - شاخص بالا یا زیر سطح زمین بودن،
  - شاخص نقطه انتقال.
- **تسهیلات اداری و پشتیبانی**
  - مساحت،
  - هزینه جایگزینی،
  - حداکثر ظرفیت.
- **کشتی‌ها**
  - حداکثر ظرفیت،
  - حداکثر تعداد وسایل نقلیه که می‌توانند بارگیری شوند.

- **ناوگان**
  - حداکثر تعداد وسایل نقلیه،
  - حداکثر ظرفیت وسایل نقلیه،
  - هزینه جایگزینی هر خودرو.

بخش ورودی برای پل‌ها و تونل‌های جاده‌ای دارای قسمتی برای ورود اطلاعات مربوط به پل‌های کابلی و معلق است. این سازه‌های منحصربه‌فرد نیاز به داده‌های خاص مربوط به هزینه‌های جایگزینی دارند. شکل ۳ داده‌های مورد نیاز برای تسهیلات اداری و پشتیبانی را نمایش می‌دهد. این داده‌ها برای تعیین احتمال اینکه در صورت وقوع خطرات یا تهدیدات، دارایی‌ها از مقادیر آستانه پیامد تجاوز می‌نمایند، استفاده می‌شوند. باید توجه داشت که با توجه به شکل ۳ ساختمان‌ها تنها در صورتی بحرانی هستند که کاربر آنها را در ستون آخر انتخاب کرده باشد.



شکل ۳- الگوی ورود اطلاعات مربوط به پل‌های جاده‌ای

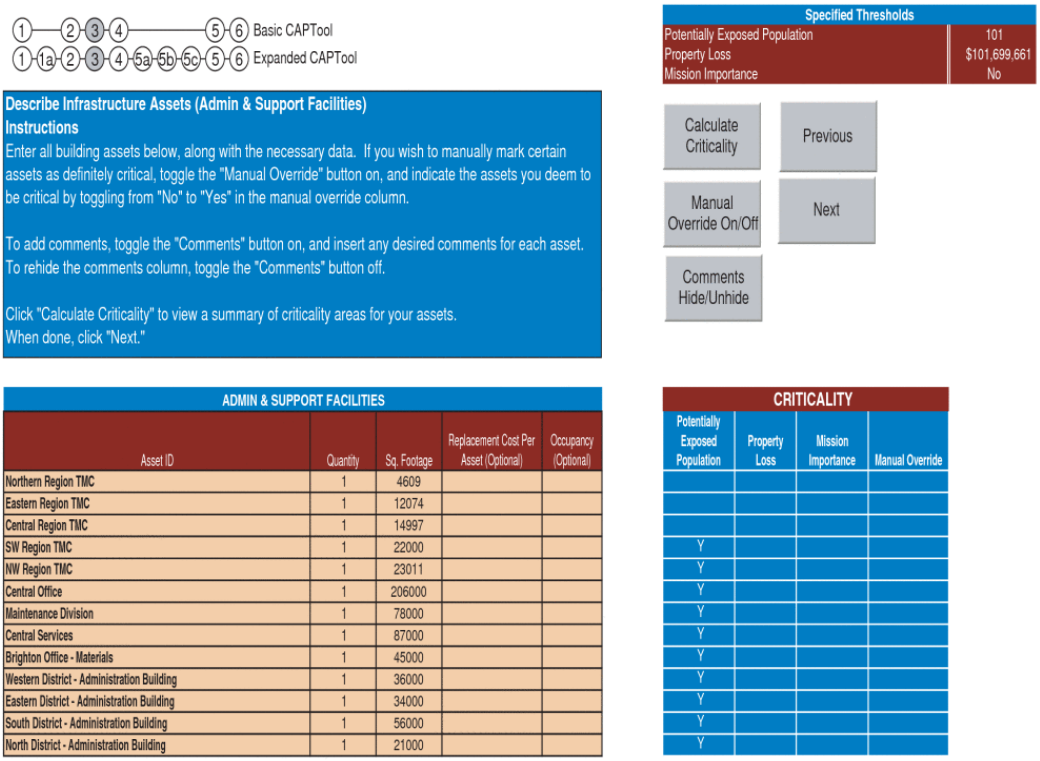
با بررسی شکل ۴ و خروجی مربوطه، مالکان و مدیران شبکه حمل‌ونقل می‌توانند به سرعت مشخص نمایند که کدام دارایی به احتمال زیاد در معرض خطرات و تهدیدات قرار می‌گیرد و بدین‌وسیله در نهایت، اقدامات متقابل مورد نیاز برای کاهش ریسک را تعیین کنند.

دستورالعمل برای محاسبه پیامدهای شدید (پیامدهای بحرانی)

پس از ورود اطلاعات تمام دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی مدنظر، ابزار CAPTool محاسبه می‌نماید که کدام یک از دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی از حد آستانه انتخاب‌شده توسط کاربر تجاوز می‌کنند و سپس به ارزیابی اقدامات متقابل محتمل خواهد پرداخت.

برای هر یک از صفحات ورود اطلاعات دارایی‌های شبکه حمل‌ونقل، کلید «محاسبه حساسیت» در سمت راست و بالای جعبه انتخاب دیگر واقع شده است. این گزینه هر طبقه دارایی یا دارایی وارد شده را در برابر آستانه پیامد انتخاب‌شده، ارزیابی می‌کند. طبقه‌بندی‌های دارایی یا دارایی‌هایی که حد آستانه آنها بیش از مقادیر تعیین‌شده باشد در ستون سمت راست با "Y" تمیز داده می‌شوند.

شکل ۴، مرحله ۳ را نمایش می‌دهد. باید توجه داشت که هر یک از دارایی‌های مشخص‌شده در این شکل ممکن است یک طبقه‌بندی از دارایی‌ها با ویژگی‌های یکسان را نمایندگی کنند. شناسه "Y" در جدول «بحرانی» در سمت راست هر شکل، نشان می‌دهد که آیا دارایی از یک یا بیش از یک آستانه پیامد عبور نموده است یا خیر (E: جمعیت در معرض ریسک، P: آسیب اموال، M: مأموریت، MO: تصحیح دستی). جهت اطمینان از این‌که یک دارایی حتماً در میان دارایی‌های دارای پیامد بالا گنجانده شده باشد، کد MO توسط کاربر و به صورت دستی وارد می‌شود.



شکل ۴- ارزیابی بحرانی برای امکانات مدیریتی و پشتیبانی

خروجی

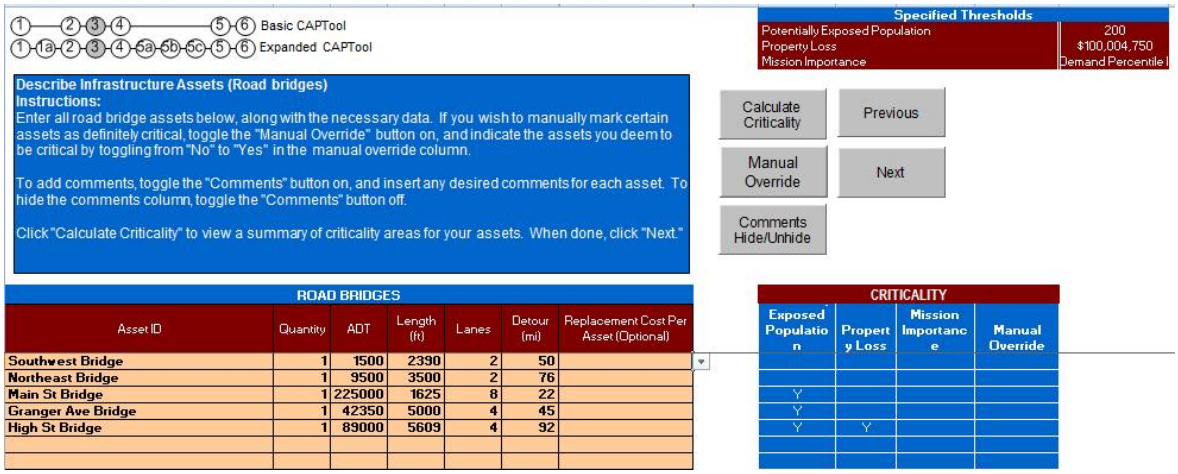
بر اساس اطلاعات ارایه‌شده توسط کاربر، ابزار CAPTool دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی که پیامدهای ایجادشده در آنها بیش از حدود آستانه (انتخاب‌شده در مرحله ۲) باشد، شناسایی می‌نماید. طبقه‌بندی‌هایی که از حدود آستانه عبور نکرده باشند از ادامه فرایند حذف شده و وارد مراحل بعد نمی‌شوند.

مرحله طبقه‌بندی دارایی، اثرات محتمل زیر را بر فهرست دارایی‌های بحرانی می‌گذارد:

- خودروها در طبقه‌بندی‌های عمومی گروه‌بندی‌شده و به احتمال زیاد از آستانه بحرانی عبور نمی‌کنند و در نتیجه، در اکثر موارد، از فرایند حذف می‌شوند مگر اینکه کاربر با تصحیح دستی، این دارایی‌ها را در ادامه فرایند حفظ نماید. وسایل نقلیه خاص (به عنوان مثال، مورد استفاده جهت اجرای قوانین و ایجاد نظم) نیاز به تحلیل بسیار دقیق‌تری از فرایند ارایه شده در این راهنما، دارند.
- امکاناتی از قبیل پایانه‌ها و مراکز مدیریت ترافیک دارای اندازه و پیکربندی متفاوتی از یکدیگر هستند. اقدامات متقابل توصیه شده، با چند استثنا، عمدتاً به‌اندازه این امکانات مرتبط است. سهولت نسبی جایگزینی آنها سبب می‌شود این امکانات به احتمال زیاد از آستانه‌های بحرانی عبور نکنند و از ادامه فرایند حذف خواهند شد.
- ایستگاه‌ها و پایانه‌ها بر اساس جمعیت بالقوه در معرض خطر به طبقه‌بندی‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. بعید است ایستگاه‌های کوچک‌تر از حدود آستانه‌های بحرانی عبور نمایند.
- دارایی که جمعیت بزرگی را در خود جای می‌دهد، هزینه جایگزینی بالایی دارد یا نقش عمده‌ای در سیستم حمل‌ونقل ایفا می‌نماید و به احتمال فراوان از آستانه‌های بحرانی عبور می‌کند. این دارایی‌ها (پل‌ها، تونل‌ها، ساختمان‌های اداری) نیاز به یک سطح دوم از طبقه‌بندی بر اساس موارد ذیل دارند:
  - اطلاعات موجود در پایگاه‌های داده در دسترس (به عنوان مثال، پرسشنامه ملی پل).
  - طبقه‌بندی عمومی بر اساس پارامترهای سطح بالا (به عنوان مثال، مساحت دفتر بر حسب فوت مربع).

مثال ATA

شکل ۵ ورود داده‌های مربوط به پل‌های جاده‌ای تحت مدیریت ATA به ابزار کپتا را نشان می‌دهد.



شکل ۵- مثال ATA

مرحله ۴: فهرست دارایی‌ها/ طبقه‌بندی‌های دارایی دارای حد بالای پیامد

معرفی

در مرحله ۴، نتایج حاصل از مراحل ۲ و ۳ با یکدیگر ترکیب شده و دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی که از یک یا چند آستانه پیامد عبور کرده‌اند، شناسایی می‌شوند. این اولین فرصت برای کاربر است که دارایی‌های با پیامدهای بحرانی را مشاهده نماید. ابزار CAPTool دارایی‌ها (در ستون) را در برابر خطرات و تهدیداتی (در ردیف) که دارایی‌ها در مقابل آنها آسیب‌پذیر هستند، نمایش می‌دهد.

هدف

هدف اصلی این مرحله شناسایی دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی است که از آستانه‌های پیامد عبور کرده‌اند. هدف ثانویه ارایه آرایشی از دارایی‌های دارای پیامدهای بحرانی در برابر خطرات و تهدیداتی است که دارایی‌ها در مقابل آنها آسیب‌پذیر هستند.

تعاریف

- **طبقه‌بندی‌های دارایی:** در این مرحله طبقه‌بندی‌های دارایی، یک مجموعه کاهش‌یافته از نتایج مرحله ۲، می‌باشد.
- **دارایی‌های خاص:** دارایی‌های خاص دارای ویژگی‌های خاص می‌باشند و بخشی از یک طبقه‌بندی دارایی بزرگ‌تر نیستند. این دارایی‌ها به‌صورت معمول شامل پل‌ها، ساختمان‌ها و ایستگاه‌های بزرگ و به خوبی شناخته شده هستند.

فرضیات

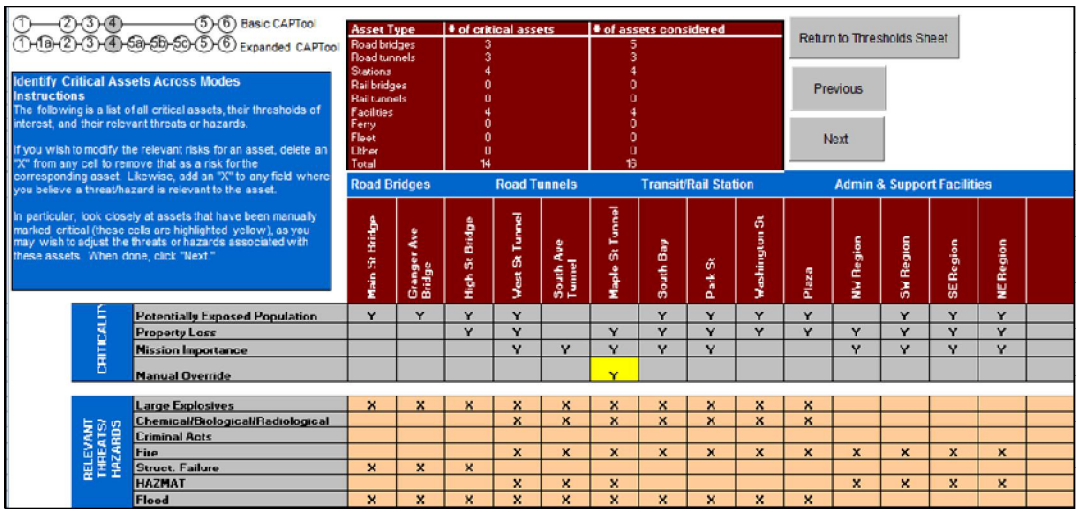
- روش کپتا پیامدهای بالقوه را به عنوان تابعی از ویژگی‌های دارایی و بدون در نظر گرفتن خطر یا تهدیدی که منجر به ضرر و زیان می‌شود، تعیین می‌نماید؛
- مقادیر پیش‌فرض بر اساس طبیعت دارایی‌ها و عملکرد معمول آنها متناسب با مأموریت، ظرفیت اشغال بالقوه و ویژگی‌های فیزیکی، تعیین می‌گردند.
- همه مقادیر پیش‌فرض در محدوده‌ای سازگار با اهداف این فرایند قرار می‌گیرند.
- کاربر قادر است هر دارایی شناخته‌شده‌ای را برای بررسی بیشتر انتخاب نماید. این انتخاب ممکن است بر اساس ویژگی‌هایی باشد که در روش کپتا مد نظر گرفته نشده‌اند.

ورودی‌های کاربر

در این مرحله نیاز به ورود اطلاعات توسط کاربر نیست. در این مرحله محاسبات بر اساس مقادیر پیش‌فرض صورت می‌پذیرد مگر اینکه کاربر آنها را تصحیح نماید.

خروجی

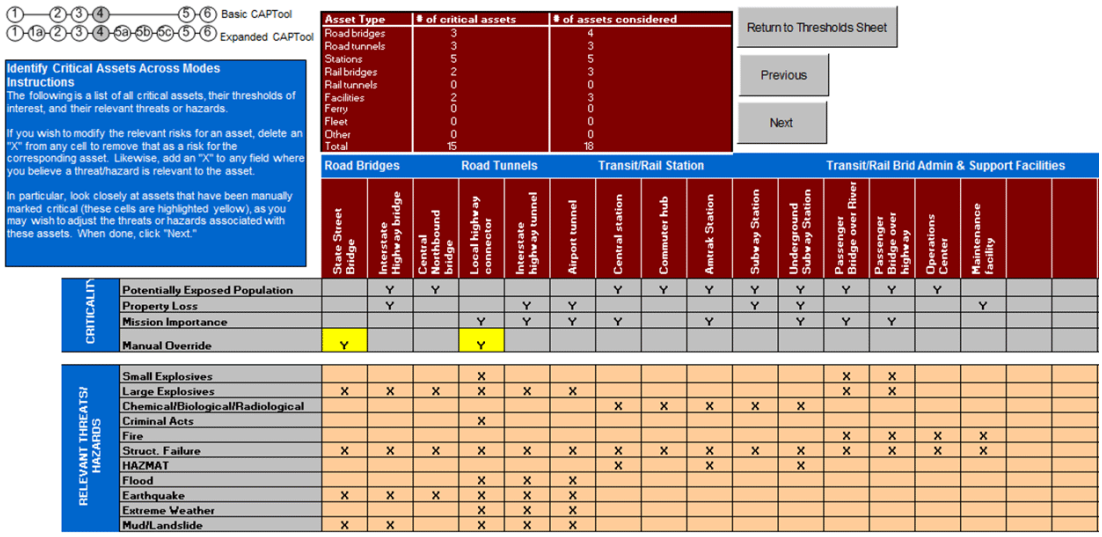
خروجی این مرحله فهرستی از دارایی‌هاست که پتانسیل ایجاد پیامد در آنها با توجه به خطرات و تهدیدات در نظر گرفته‌شده بیش از آستانه انتخاب‌شده می‌باشد (شکل ۶). با استفاده از دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی مدنظر، کاربر اقدام به انتخاب معیارهایی برای تعیین اقدامات کاهش پیامدها می‌نماید.



شکل ۶- تعیین دارایی‌های دارای پیامد شدید

مثال ATA

در مثال ATA که در شکل ۷ نمایش داده شده است، پل جاده‌ای، تونل جاده‌ای و برخی از دارایی‌های اداری و پشتیبانی در برابر مخاطرات و تهدیدات مرتبط به آنها نمایش داده شده‌اند. حدود آستانه‌های پیامد توسط کاربر تعیین‌شده است.



شکل ۷- مثال ATA، آرایش دارایی‌ها در مقابل رخدادهای ایجادکننده شرایط بحرانی در دارایی

مرحله ۵: اقدامات متقابل

معرفی

در گام ۵، ابزار کپتا اطلاعات موجود در پایگاه داده‌های اقدامات متقابل را با معیارهای انتخاب اقدامات متقابل ترکیب می‌کند. به‌کارگیری این اقدامات متقابل به احتمال زیاد سبب کاهش پیامدهای ایجاد شده در دارایی‌ها یا کلاس‌های دارایی خاص می‌گردد. اقدامات متقابل نمایش داده شده، زیرمجموعه‌ای از پایگاه داده کلی اقدامات متقابل می‌باشند که این پایگاه داده شامل طیف گسترده‌ای از اقدامات متقابل امنیتی، طراحی و عملیاتی است. تنها اقدامات متقابلی نمایش داده شده‌اند که برای ترکیبی از دارایی- خطر/ تهدید- پیامد مد نظر، کارایی مناسب داشته باشند.

هدف

هدف از این مرحله تعیین اقدامات متقابلی است که قادر به کاهش ریسک‌های مشخص‌شده در مرحله ۴، باشند.

تعاریف

اقدامات پیشگیرانه و تدابیر مؤثر بالقوه تعیین می‌کنند که اقدام دارای پتانسیل کاهش اختلال، حفظ مأموریت، کاهش تلفات انسانی و کاهش خسارت به دارایی‌ها می‌باشد یا خیر.

فرضیات

- ابزار CAPTool تمامی اقدامات پیشگیرانه مناسب برای خطرات و تهدیدات مد نظر را نمایش می‌دهد.
- با استفاده از یک کد رنگ، ابزار CAPTool میزان اثرگذاری اقدامات پیشگیرانه در نظر گرفته را نمایش می‌دهد. برای اقدامات پیشگیرانه با اثربخشی زیاد رنگ نارنجی (در چاپ خاکستری دیده می‌شود) و زرد برای اثر متوسط (در چاپ خاکستری روشن دیده می‌شود) در نظر گرفته شده است.
- اقدامات متقابل بدون در نظر گرفتن هزینه‌ها ارایه شده‌اند.
- ابزار کپتا اجازه می‌دهد کاربر از مجموعه وسیعی از اقدامات پیشگیرانه، اقدام موردنظر خود را انتخاب نماید و آن را به دارایی یا طبقه‌بندی دارایی اختصاص دهد.

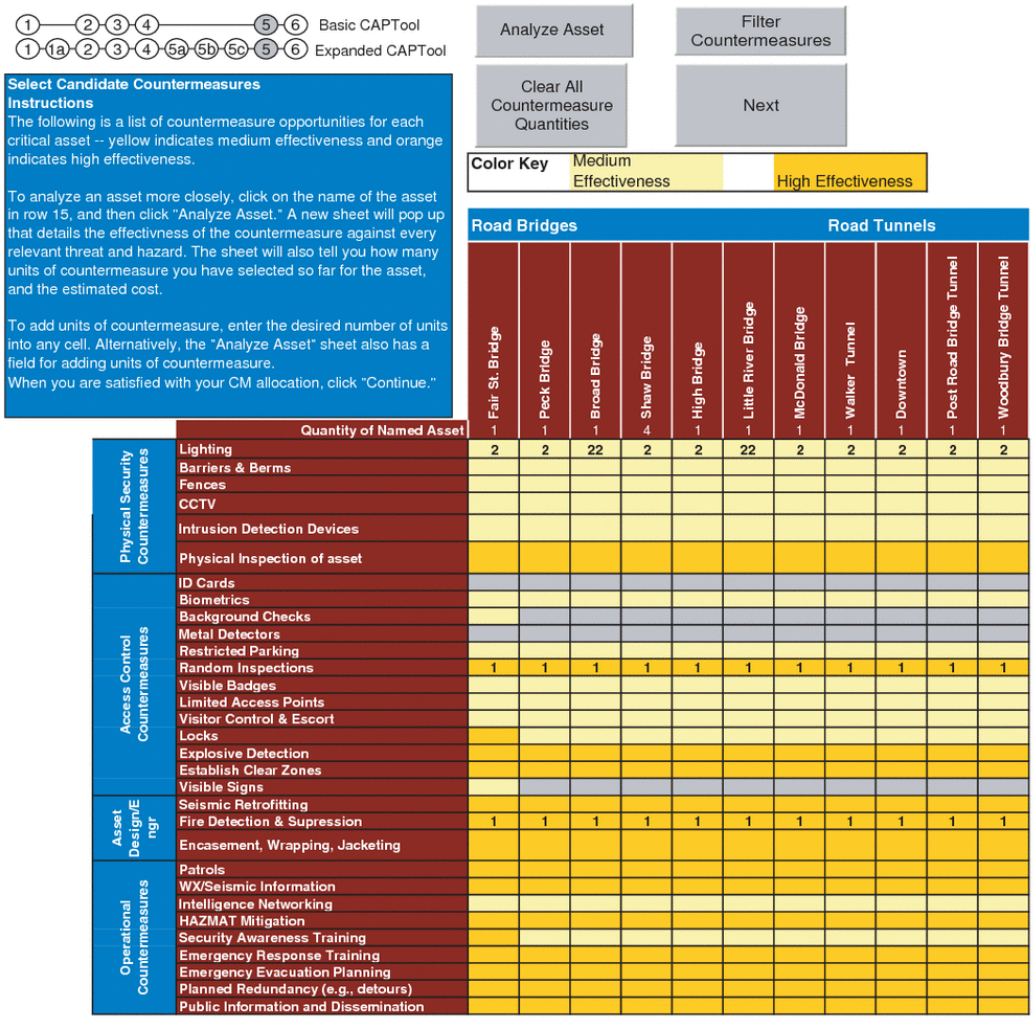
ورودی‌های کاربر

کاربر مقدار هر یک از اقدامات پیشگیرانه نمایش داده شده را برای هر یک از دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی انتخاب می‌کند. ابزار CAPTool به‌طور خودکار ترکیبی از دارایی‌ها و اقدامات پیشگیرانه را نمایش می‌دهد. مثالی از این موضوع در شکل ۸، نمایش داده شده است.

کاربر می‌تواند مجموعه‌ای از اقدامات متقابل بالقوه را بر اساس خطرات و تهدیدات مربوطه و دارایی‌های مد نظر خود انتخاب نماید. از آنجا که بسیاری از اقدامات متقابل به‌طور گسترده بر طیف وسیعی از دارایی‌ها، خطرات و تهدیدات قابل اعمال هستند، کاربر ممکن است تمایل داشته باشد تعداد اقدامات متقابل را بر اساس معیارهای اضافی مانند در دسترس بودن منابع، ارجحیت برخی از راهبردهای اقدامات متقابل و ملاحظات دیگر، محدود نماید. علاوه بر این، برخی از اقدامات متقابل را می‌تواند همزمان به چندین دارایی یا طبقه‌بندی‌های دارایی اختصاص داد و نیاز نیست این انتخاب برای هر دارایی یا طبقه‌بندی دارایی به صورت جداگانه صورت پذیرد.

پس از انتخاب اولیه اقدامات متقابل برای دارایی‌ها یا طبقه‌بندی‌های دارایی، کاربر ممکن است یک دارایی خاص را انتخاب کند و اقدامات متقابل منتخب برای آن دارایی و همچنین هزینه‌های آن اقدامات را مشاهده نماید. کاربر جهت دسترسی به داده‌های یک دارایی مشخص و گزینه‌های اقدامات متقابل، باید بر روی فهرست دارایی‌های موجود در بالای جدول کلیک کند و سپس بر روی دکمه «تحلیل دارایی» (موجود در بالای صفحه) کلیک کند.

بدین وسیله کاربر قادر خواهد بود همه گزینه‌های اقدامات متقابل و هزینه نسبی هر یک از آنها را در هنگام اختصاص آنها به یک دارایی خاص مشاهده نماید.



شکل ۸- انتخاب اقدامات متقابل

خروجی

محصول این مرحله فهرستی از اقدامات متقابل برای هر طبقه‌بندی دارایی یا دارایی خاص است. اقدامات متقابل از پایگاه داده اقدامات متقابل و بر اساس اثر خود در کاهش ریسک‌های مرتبط با طبقه‌بندی دارایی، تهدیدات یا خطرات و منطقه وقوع پیامد، اخذ شده‌اند. مجموعه‌ای از اقدامات متقابل باید در هنگام تصمیم‌گیری درباره بودجه‌بندی سرمایه در نظر گرفته شوند. اقدامات متقابل با رنگ نارنجی (خاکستری تیره در چاپ) در برابر یک یا بیش از خطر یا تهدید، دارای بیشترین اثر هستند؛ اقدامات متقابل با رنگ زرد (خاکستری روشن در چاپ) در برابر یک یا چند خطر یا تهدید شناسایی‌شده، دارای اثر کمی هستند.

مثال ATA

مثال نمایش داده‌شده جهت ساده‌سازی محدود به پل‌ها و تونل‌های جاده‌ای است (شکل ۸). در این مثال به انتخاب اقدامات متقابل در برابر خطرات و تهدیدات پل‌ها و تونل‌های جاده‌ای تمرکز شده است. آتش در مراحل قبل به عنوان یک خطر محتمل انتخاب شد و حفاظت دارایی در برابر آتش یا خاموش نمودن آتش به عنوان برجسته‌ترین اقدامات متقابل انتخاب گشتند. همچنین کاربر بودجه مالی اضافی را برای بازرسی‌های بیشتر پل‌ها و تونل‌ها و نصب سیستم روشنایی، انتخاب کرده است. بازرسی و سیستم روشنایی، امنیت و ایمنی پل و تونل را افزایش می‌دهند، در حالی که سیستم حفاظت در برابر آتش سبب افزایش قابلیت پاسخ در برابر خطر می‌گردد.

مرحله ۶: خلاصه نتایج

معرفی

در مرحله ۶، ابزار CAPTool برای کاربر خلاصه‌ای یک صفحه‌ای از نتایج را بر اساس تمامی ورودی‌ها و مقادیر پیش‌فرض ارایه می‌نماید. خلاصه نتایج بر اساس طبقه‌بندی دارایی‌ها توسط صفحات گسترده برای هر دارایی در دسترس کاربر قرار می‌گیرد. این مرحله نیاز به داده‌های اضافی ندارد اما فرصتی را برای کاربر فراهم می‌نماید که پس از مشاهده نتایج (بر اساس مقادیر آستانه و پیکربندی اقدامات متقابل انتخاب‌شده)، به مراحل قبل بازگردد و بر اساس این نتایج ورودی‌های خود را اصلاح نماید.

فرضیات

تمامی فرضیات و محاسباتی که در سراسر فرایند کپتا صورت پذیرفته است در خلاصه نتایج منعکس می‌گردد.

ورودی‌ها و اقدامات کاربر

در این مرحله به هیچ نوع از ورودی کاربر، نیاز نیست. بر اساس نتایج نمایش داده شده در خلاصه، کاربر گزینه‌ای برای بازگشت به ابتدای فرایند و تکرار فرایند با استفاده از مقادیر آستانه مختلف، خواهد داشت.

مثال ATA

مثال ATA در شکل ۹ نمایش داده شده است. در این شکل طیفی از اقدامات متقابل که بر مجموعه‌ای از دارایی‌ها قابلیت اعمال دارند، نمایش داده شده است. با تمرکز بر روی اولین ستون دارایی‌ها در شکل مذکور (پل‌های

جاده‌ای)و با حرکت رو به پایین، تمام اطلاعات مربوط به این طبقه‌بندی دارایی از قبیل آستانه‌های پیامد، اقدامات متقابل انتخاب شده و هزینه‌های مرتبط با این انتخاب، مشاهده می‌گردد. اقدام متقابل انتخاب‌شده برای پل‌های جاده‌ای نسبتاً کم بوده و بر سیستم روشنایی، بازرسی‌ها و حفاظت در مقابل آتش تمرکز دارد.

1—2-3-4———5-6 Basic CAPTool
1-1a-2-3-4-5a-5b-5c-5-6 Expanded CAPTool

Return to Beginning | Save Results Only | Edit Countermeasure Selection | Save Time-Stamped Copy to Default Folder

Report Date and Time:
8/19/2008 21:00

Summary Report
Click Heading for Detailed Expenditure Report

		Road Bridges	Road Tunnels	Transit/Rail Stations	Transit/Rail Bridges	Transit/Rail Tunnels	Admin & Support Facilities	Ferries	Fleets	Other
Relevant Risks	Small Explosives			X			X	X		
	Large Explosives	X	X	X	X	X	X	X		
	Chemical/Biological/Radiological	X	X	X	X	X	X	X		
	Criminal Acts	X		X			X	X		
	Fire	X	X	X	X	X	X	X		
	Struct. Failure	X	X	X	X	X	X			
	HAZMAT	X	X	X	X	X	X	X		
	Flood		X	X		X	X			
	Earthquake	X	X	X	X	X	X	X		
	Extreme Weather	X	X	X	X	X	X	X		
	Mud/Landslide	X		X	X					
	User entered threat/hazard 1	X	X	X	X	X	X	X		
	User entered threat/hazard 2	X	X	X	X	X	X	X		
Thresholds	Potentially Exposed Population	Persons	Persons	Persons	Persons	Persons	Persons	Persons	Persons	--
		200	101	100	200	200	101	305	50	--
	Property Loss	Damage	Damage	Below Ground Stations Critical?	Damage	Damage	Damage	Damage	Damage	--
		$101,699,661	$101,699,661	Yes	$100,004,750	$100,004,750	$101,699,661	$101,699,661	$100,004,750	--
	Mission Importance	ADT * Detour Length	Road tunnels critical?	Transfer Stations Critical?	% of ridership that causes mission criticality	% of ridership that causes mission	Facilities critical?	Ferries critical?	Fleets critical?	--
		Demand Percentile II	No	Yes	20	20	No	No	No	--
Counts	# of Unique Critical Assets	7	4	0	0	0	10	0	0	0
	# of Unique Countermeasures	3	3	0	0	0	0	0	0	0
	Total # of Countermeasures	68	16	0	0	0	0	0	0	0
Expenditures	Physical Security Countermeasures (x1000)	$610.2	$90.4	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0
	Access Control Countermeasures (x1000)	$210.0	$120.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0
	Asset Design/Engr Countermeasures (x1000)	$3,219.9	$1,840.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0
	Operational Countermeasures (x1000)	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0
	Other Countermeasures (x1000)	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0	$0.0
	Total Countermeasure Expenditures (x1000)	**$4,040.1**	**$2,050.4**	**$0.0**	**$0.0**	**$0.0**	**$0.0**	**$0.0**	**$0.0**	**$0.0**

Totals	Physical Security Countermeasures	$700,600
	Access Control Countermeasures	$330,000
	Design/Engr Countermeasures	$5,059,912
	Operational Countermeasures	$0
	Other Countermeasures	$0
	Overall Total	**$6,090,501**

شکل ۹- خلاصه اطلاعات مربوط به مثال ATA

پیوست ب - نمونه‌هایی از انطباق با تغییرات آب‌وهوا

۱- خیابان‌های سبز برای انطباق با افزایش بارندگی

۱-۱- ادمونستون، مریلند: پروژه خیابان دکاتور

این دهکده کوچک با جمعیتی در حدود ۱۵۰۰ نفر، یکی از بخش‌های واشنگتن‌دی‌سی می‌باشد. این جامعه کوچک با مسأله جاری شدن سیل مواجه است و در حال حاضر فاقد سیستم کنترل آب‌های جاری ناشی از بارش‌های جوی است. پروژه خیابان دکاتور به شکل طبیعی قصد دارد مانع از ورود بیش از ۹۰٪ از آلودگی ناشی از ۴۰ اینچ بارش سالانه آب باران به رودخانه Anacostia گردد[۱۱]. پروژه خیابان دکاتور اولین خیابان سبز مریلند خواهد بود [۱۴].

۱-۲- شیکاگو، ایلینوی: برنامه کوچه سبز

وزارت حمل‌ونقل شیکاگو مدیریت ۱۹۰۰ مایل از خیابان‌ها با حدود ۳۵۰۰ جریب روسازی نفوذناپذیر را بر عهده دارد[۳]. اهداف برنامه کوچه سبز شامل موارد ذیل است:

- کاهش تغییرات آب‌وهوایی،
- راهبرد تطابق جهت بهبود مدیریت آب ناشی از بارش‌های شدید از طریق استفاده از روسازی نفوذپذیر،
- کاهش حرارت از طریق سطوح بازتابنده نور،
- کاهش ضایعات صنعتی از طریق استفاده از مواد بازیافت شونده.

شکل ۱- مقایسه شرایط قبل و پس از به‌کارگیری روسازی نفوذپذیر

۱-۳- پورتلند، اورگان: طرح جامع خیابان سبز

پورتلند به طور مستمر سیاست‌های آگاه‌سازی زیست‌محیطی در ایالات‌متحده را هدایت می‌نماید. طرح جامع خیابان سبز به ترویج استفاده از خیابان سبز در توسعه‌های دولتی و خصوصی می‌پردازد. طرح خیابان سبز هم سبب کاهش تغییرات آب‌وهوایی می‌گردد و هم راهبردی در زمینه تطابق با تغییرات آب‌وهوایی است[۹]. اهداف این طرح در ادامه آمده است:

- کاهش آلودگی‌های ناشی از ورود آب باران به رودخانه‌ها و نهرهای پورتلند،
- کاهش ورود آب جاری به سیستم فاضلاب و در نتیجه کاهش جاری شدن جریان‌های شدید در شبکه فاضلاب زیرزمینی و ورود سرریزهای فاضلاب ترکیب‌شده با آب جاری به رودخانه ویلامیت،
- کاهش سطح غیرقابل نفوذ، بدین شکل آب‌های جاری می‌توانند به زمین نفوذ کرده و منابع آب‌های زیرزمینی را تغذیه نمایند،
- بهبود کیفیت هوا و کاهش دمای هوا،
- کاهش تقاضا جهت ساخت و توسعه سیستم جمع‌آوری فاضلاب و در نتیجه کاهش هزینه.

۲- تغییرات در ساخت راهها برای مقابله با ذوب پهنه‌های منجمد (پرمافراست)

۲-۱- آلاسکا: ذوب پرمافراست

در آلاسکا، افزایش دمای هوا سبب گرم شدن پهنه‌های منجمد و حرکت یخچال‌های طبیعی می‌شود که این امر سبب خرابی در شبکه حمل‌ونقل و به‌ویژه در جاده‌های کوهستانی می‌گردد. تعداد رانش زمین ناشی از ذوب پهنه‌های منجمد، افزایش یافته است که این امر سبب بسته شدن جاده‌ها و قطع دسترسی ساکنان مناطق روستایی به سایر مناطق می‌شود. با توجه به حرکت یخچال‌های طبیعی و ذوب پهنه‌های منجمد، الگوی جریان در رودخانه‌ها

تغییر کرده است و پتانسیل افزایش جاری شدن سیل افزایش یافته است. با ادامه افزایش درجه حرارت هوا، آسیب‌پذیری زیرساخت‌های آلاسکا در مقابل فرسایش خاک، توفان، تغییر الگوهای آب‌وهوایی فصلی و سایش پایه‌های پل افزایش می‌یابد[۱].

برای انطباق با ذوب پهنه‌های منجمد و حرکت یخچال‌ها، در آلاسکا خاک‌ریزها با ارتفاع بیشتری ساخته می‌شوند؛ با استفاده از فوم‌های عایق، خاکریزها با قابلیت عبور هوا ساخته می‌شوند و از خنک‌کننده مکانیکی استفاده می‌شود. طرح‌هایی برای افزایش میزان جمع‌آوری داده‌های مربوط به سوابق جریان‌های سطحی، بارش‌های جوی و دیگر سوابق آب‌وهوایی مرتبط، اطلاعات ژئوتکنیک؛ داده‌های هیدرولوژیک؛ بررسی تکنیک‌های جایگزین طراحی، ساخت، روش‌های تعمیر و نگهداری برای توجه به محیط در حال تغییر، در حال اجرا است [۱].

شکل ۲- ذوب لایه‌های منجمد خاکی و نشست خاک در آلاسکا

۳- تطبیق بندرها و امکانات حمل‌ونقل دریایی برای مقابله با افزایش سطح آب دریا

۳-۱- ایالت واشنگتن: بندرها و لنگرگاه‌ها

افزایش سطح آب دریا ناشی از تغییرات آب‌وهوا تأثیر زیادی در بندرها و لنگرگاه‌های ایالت واشنگتن دارد. پیش‌بینی می‌شود که سطح آب دریا تا سال ۲۰۵۵ به میزان ۱/۸ فوت (۰/۵۵ متر) و ۴/۲ فوت (۱/۲۸ متر) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه Puget Sound، افزایش می‌یابد. با توجه به توافقات مالکیت، هرگونه طرح انطباق نیاز به یک برنامه گسترده هماهنگی بین مقامات بندر، مقامات خطوط راه‌آهن، مقامات شهری، مقامات ایالتی و سازمان‌های فدرال دارد. حفظ توانایی انجام وظیفه بندر در درون شبکه حمل‌ونقل در صورت جاری شدن سیل در مسیرهای حمل‌ونقل به دلیل افزایش سطح آب دریا، نگرانی اصلی است. برای رفع این نگرانی، برنامه‌های انطباق در حال توسعه هستند[۲].

۴- تطبیق سیاست دریایی جهت افزایش فصل حمل‌ونقل دریایی

۴-۱- مسیر حمل‌ونقل سنت لارنس

تغییر آب‌وهوا، می‌تواند سبب کاهش سطح آب در دریاچه‌ها و مسیرهای آبی Great Lakes و St.Lawrence شود. درجه حرارت بالاتر می‌تواند به تشکیل و مدت‌زمان جریان یخ‌ها در آبراه نیز اثرگذار باشد.
راهبرد سازگاری پیشنهادی، افزایش طول فصل ناوبری با بهره‌گیری از کوتاه شدن فصل یخبندان در جهت جبران کاهش ظرفیت جابجایی حمل ناشی از کاهش سطح آب می‌باشد. افزایش فصل ناوبری می‌تواند به کاهش هزینه‌های ذخیره‌سازی از طریق بهبود بازده تدارکات و افزایش کارایی عملیاتی، منجر شود. در آینده کشتی‌های مورداستفاده باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که ظرفیت حمل محموله را با توجه به تغییر سطح آب، به حداکثر میزان خود برسانند[۱۰].

۴-۲- مسیرهای کوتاه حمل‌ونقل دریایی

با وجود تأثیر قریب‌الوقوع تغییرات آب‌وهوایی بر زیرساخت حمل‌ونقل ساحلی، ایجاد یک شبکه پرجنب‌وجوش کشتیرانی در مسیرهای کوتاه در ایالات‌متحده یک راهبرد تطابقی است که در مراحل اولیه اتخاذ می‌گردد. در حال حاضر جهت تحقق این راهبرد تطابق، باید بر موانع قابل‌توجه سیاسی، زیست‌محیطی و اقتصادی غلبه شود. یک شاهراه دریایی با اضافه نمودن اتکا به سیستم حمل‌ونقل ساحلی تأثیر افزایش سطح آب دریا در زیرساخت‌های حمل‌ونقل ساحلی (جاده‌ها، پل‌ها و غیره) را محدود می‌نماید. سازمان مدیریت دریایی ایالات‌متحده حامی اصلی این پروژه است [۱۵].

۵- ایجاد حمل‌ونقل منطقه‌ای و طرح‌های کاربری زمین برای مقابله با اثرات تغییر آب‌وهوا

۵-۱- هوستون- گالوستون، تگزاس: برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و کاربری زمین

طرح منطقه‌ای ۲۰۳۵ هوستون- گالوستون تلاش می‌کند الگوهای توسعه را به‌وسیله تشویق به کاهش توسعه در زمین‌های واقع در دشت‌های سیلابی یا در نزدیکی دریا، تغییر دهد. همچنین هدف دیگر این طرح، حفاظت از محیط‌زیست طبیعی (تپه‌های شنی و تالاب‌های ساحلی) و اکوسیستمی است که از محیط‌زیست ساخته‌شده توسط انسان در مقابل امواج طوفان‌های دریایی محافظت می‌کند.

این انطباق بالقوه، شبکه حمل‌ونقل را با توجه به رابطه دینامیک بین توسعه استفاده از زمین و توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل، تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. علاوه بر این، منطقه هوستون- گالوستون در حال بهبود برنامه‌های تخلیه در شرایط طوفان است. با اجرای طرح ۲۰۳۵ و کاهش توسعه در دشت‌های سیلابی پیش‌بینی می‌شود، تعداد افرادی که نیاز به تخلیه از مناطق طوفان‌زده خواهند داشت کاهش یابد [۵].

۶- تطابق سیستم حمل‌ونقل با اثرات تغییر آب‌وهوا

۶-۱- نیویورک: راهبردهای سازگاری حمل‌ونقل و ترانزیت کلان‌شهری در برابر تغییرات آب‌وهوا

سیستم حمل‌ونقل شهری (MTA) نیویورک یکی از بزرگ‌ترین سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی در جهان است. سازمان مدیریت حمل‌ونقل نیویورک تغییرات آب‌وهوایی را اجتناب‌ناپذیر می‌داند و تدوین برنامه‌های سازگاری کوتاه‌مدت و بلندمدت را آغاز کرده است. برخی از برنامه‌های سازگاری در ادامه ارایه می‌شود [۶]:

- بالا بردن ارتفاع ورودی‌های تهویه هوا و ورودی‌های مترو به نحوی که از این مجاری جریان سیل وارد سیستم نگردد؛
- افزایش ظرفیت ایستگاه پمپاژ ثابت؛ فراهم نمودن ایستگاه‌های پمپاژ متحرک؛
- بهبود آب‌بندی دیوارها، سقف‌ها و کف تونل‌ها جهت کاهش نشست جریان آب به داخل تونل‌ها؛
- فراهم کردن ظرفیت‌های مربوط به سیستم‌های پمپاژ متحرک؛
- تمیز کردن خیابان‌ها قبل از طوفان‌های بزرگ برای به حداقل رساندن گرفتگی سیستم‌های فاضلاب؛
- اصلاح آیین‌نامه‌های طراحی ساختمان و دیگر مقررات جهت به حداقل رساندن میزان آب‌های جاری؛
- نصب درب‌های مسدودکننده جریان سیل در ورودی‌ها به گونه‌ای که بلافاصله قبل از وقوع طوفان‌های پیش‌بینی‌شده و در طول جاری شدن سیل، بسته شوند و مانع ورود جریان سیل به سیستم گردند؛
- ساخت کل مجموعه سیستم مترو به نحوی که در مقابل ترکیب ریسک‌های ناشی از طوفان‌های دریایی و افزایش سطح آب دریا به شکل بهینه قابل‌انعطاف و مقاومت باشد؛
- رشد هوشمند و توسعه حمل‌ونقل محور.

همان‌گونه که مثال‌های بالا نشان می‌دهند، تغییرات آب‌وهوا در مناطق مختلف جغرافیایی در ایالات‌متحده اثرات متفاوتی برجای می‌گذارند و سبب افزایش یا کاهش ریسک‌های فصلی آب‌وهوایی می‌گردند. در حالی که اثرات تغییرات آب‌وهوایی ممکن است در مناطق جغرافیایی به‌صورت جداگانه واقع شود، تأثیر این تغییرات در شبکه حمل‌ونقل تنها به شکل محلی نخواهد بود. برای مثال، تغییر شرایط آب‌وهوایی در دریاچه‌های بزرگ واقع در شمال آمریکا بر تجارت در سراسر جهان تأثیر می‌گذارد.

ارزیابی تأثیر تغییرات آب‌وهوایی در ایالات‌متحده بر جامعه جهانی دشوار است؛ مانند ایالات‌متحده آمریکا، تعدادی از اعضای جامعه بین‌المللی شروع به تدوین و یافتن بهترین راهبردها برای انطباق با تغییرات آب‌وهوایی نموده‌اند. خلاصه‌ای از تلاش‌های فعلی و در حال توسعه اعضای جامعه بین‌المللی برای آماده‌سازی سیستم‌ها و زیرساخت‌های خود برای تطابق با تغییرات آب‌وهوایی، در جدول ۲ نمایش داده شده است.

۷- نتیجه‌گیری

یک مشکل مشترک تجربه‌شده توسط ایالات‌متحده آمریکا و جامعه بین‌المللی این است که ارزیابی ریسک به شدت وابسته به در دسترس بودن داده‌ها و ابزارهای تحلیل این داده‌ها می‌باشد (از زمان پیدایش ابزارهای جدید از قبیل روش RIMAROCC، مدت زمان زیادی نمی‌گذرد؛ پیوست ب-۸ را ببینید). علاوه بر این، با توجه به هزینه و تخصص موردنیاز برای ایجاد مؤسسات قادر به جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، مناطق در حال توسعه جهان در این زمینه نیز با مشکل مواجه هستند.

این اختلاف در توانایی برای انجام تحقیقات مرتبط با ریسک و سازگاری تأثیر فوق‌العاده منفی در تلاش‌های در حال توسعه یا تبدیل تلاش‌های کشورها به روش‌های انطباق با تغییرات آب‌وهوایی خواهد داشت. اگرچه این اختلاف موجود میان توانایی‌های کشورها برای انجام تحقیقات در کوتاه‌مدت تغییر نمی‌کند، اما در حال حاضر، فرایند یافتن تنوع جغرافیایی/ آب‌وهوایی از تحقیقات موجود در جریان است. از نتایج این پژوهش‌ها تمامی مناطق جغرافیایی دارای شرایط آب‌وهوایی مشابه بهره‌مند خواهند شد.

۸- مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات آب‌وهوا (RIMAROCC): کتاب راهنما

۸-۱- معرفی

یک اجماع جهانی علمی در زمینه در حال تغییر بودن آب‌وهوای جهان و نیاز به اقدام‌های گسترده در این خصوص، وجود دارد. در اروپا، فرکانس طغیان و جاری شدن سیل افزایش یافته است و طبق گزارش‌ها و مستندات موجود از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۴، تعداد بلایای طبیعی مرتبط با آب‌وهوا دو برابر شده است (WHO، EEA؛۲۰۰۲، ۲۰۰۴). با وجود تردیدهای موجود در مورد آب‌وهوای آینده، اتحادیه اروپا درسند «سازگاری با تغییرات آب‌وهوا: به‌سوی یک چهارچوب اروپایی برای اقدام» بیان نموده است که چالش برای سیاست‌گذاران این است که اثرات تغییرات آب‌وهوایی را درک نمایند و به منظور توسعه و پیاده‌سازی سیاست‌ها یک سطح بهینه از انطباق با این تغییرات را لحاظ نمایند (کمیسیون جامعه اروپا، ۲۰۰۹).

تغییرات آب‌وهوایی بر حمل‌ونقل جاده‌ای در بسیاری جهات از جمله خسارات ناشی از جاری شدن سیل و رواناب، خسارت ناشی از باد، شرایط بد جوی، خشکسالی و آتش‌سوزی، فرسایش ساحلی به دلیل افزایش سطح آب دریا و افزایش زمین‌لغزه و بهمن به دلیل تغییر الگوهای بارش، اثر می‌گذارد؛ بنابراین تطابق شبکه‌های جاده‌ای با تغییرات آب‌وهوایی یک مسأله مهم است و نیاز است در دهه‌های آتی ادارات راه این موضوع را مورد توجه خود قرار دهند. ادارات راه باید اثر تغییرات آب‌وهوایی در شبکه را بررسی نمایند و اقدام اصلاحی مربوط به طراحی، ساخت‌وساز و تعمیر و نگهداری شبکه را انجام دهند (ENR، ۲۰۰۸).

انطباق با شرایط در حال تغییر باید مبنای ارزیابی ریسک‌ها و از راهبردهای مختلفی که می‌توانند انتخاب شوند، باشد؛ بنابراین یک ابزار سیستماتیک مورد نیاز است که به فرایند ایجاد ساختار ریسک و ارزیابی هزینه- فایده نتایج حاصل از اقدامات مختلف، کمک نماید. هدف از کتاب راهنمای RIMAROCC، معرفی روش جدید مدیریت ریسک است که با استفاده از آن، ادارات راه و مدیران شبکه‌های جاده‌ای بتوانند تغییرات آب‌وهوایی را در برنامه‌ریزی و مدیریت شبکه جاده‌ای لحاظ نمایند.

به‌منظور توسعه روش RIMAROCC، تاکنون چندین فرایند صورت گرفته است. نخست، عوامل آب‌وهوایی بحرانی از طریق بررسی کتابخانه‌ای و مصاحبه با کارشناسان موجود در این زمینه شناسایی شدند. در مرحله دوم، چندین روش مدیریت ریسک موجود در میان اعضای پروژه، مالکان راهها و افراد مرتبط با ROADERA-NET مورد بحث و تبادل‌نظر قرار گرفتند. در مرحله سوم، شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی ریسک تعیین گشتند. از نتایج این فرایندها چارچوب اولیه RIMAROCC تدوین شد و پس از آن در چندین مطالعه موردی در فرانسه، نروژ، سوئد و هلند مورد آزمایش قرار گرفت. در این مقاله نتایج حاصل از این فرایندها و رویکرد کلی RIMAROCC، ارایه شده است.

۸-۲- عوامل آب‌وهوایی بحرانی

از طریق بررسی کتابخانه‌ای از منابع اصلی و برگزاری کارگاه‌های آموزشی با کارشناسان آب‌وهوا، فهرستی از پارامترهای بحرانی آب‌وهوایی که بر شبکه راهها اثر می‌گذارند، مشخص شده است (جدول ۱). برخی از منابع اصلی در بررسی کتابخانه‌ای عبارتند از سازمان راههای بریتانیا (۲۰۰۸)، Austroads (۲۰۰۴)، شورای تحقیقات ملی ایالات‌متحده (۲۰۰۸)، کمیسیون آب‌وهوا و آسیب‌پذیری سوئد (۲۰۰۷) و تحقیق صورت گرفته توسط McGuirk و همکاران (۲۰۰۹).

عوامل ریسک آب‌وهوایی با توجه به اهمیت آن برای بخش جاده‌ای در پنج دسته به شرح زیر وزن‌دهی شدند:

۰: بی‌اهمیت؛

۱: اهمیت کم؛

۲: مهم؛

۳: بسیار مهم؛

۴: اهمیت اساسی؛

برای هر متغیر آب‌وهوایی اطلاعات زیر جمع‌آوری شده است:

- درجه تأثیر مورد انتظار از افزایش اهمیت (++) به کاهش اهمیت (--)، طبقه‌بندی می‌شود.
- عدم قطعیت در پیش‌بینی (محتمل، احتمال بسیار زیاد و غیره) با توجه به اصطلاحات IPCC بیان شد (IPCC، ۲۰۰۷).
- جهت شناخت روش‌هایی که می‌توانند برای تحلیل ریسک بکار گرفته شوند، جنبه‌های زیر مورد بررسی قرار گرفتند:

  - قابلیت پیش‌بینی؛
  - افق زمانی؛
  - وضوح جغرافیایی پیش‌بینی.
  - در دسترس بودن داده‌ها ومدل.

۸-۳- درباره مدیریت ریسک

مدیریت ریسک برای تصمیم‌سازی در خصوص تعیین معیارهای انطباق بسیار حیاتی است و باید به سؤالات زیر پاسخ دهد: (۱) چه میزان آسیب و صدمه از یک رویداد آب‌وهوایی انتظار می‌رود و به چه میزان این رویداد محتمل است؟ و (۲) تغییرات آب‌وهوا چه تأثیری بر روی سیستم می‌گذارند؟ به‌عنوان‌مثال تعیین اثرات تغییر آب‌وهوا بر ایمنی، در دسترس بودن، راههای فرار، دارایی‌ها و سایر موارد. دیگر مراحل اصلی، یافتن راههایی برای تعریف سطح ریسک قابل‌قبول و توسعه گزینه‌های مدیریتی، می‌باشند. به‌عنوان‌مثال، ریسک باید توسط اقدامات فیزیکی پیشگیرانه مدیریت شود یا توسط برنامه‌های مرتبط با شرایط بحرانی؟

در زمینه تحلیل و مدیریت ریسک تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است (به عنوان مثال مجله بین‌المللی مدیریت ریسک، از سال ۱۹۸۱ منتشر می‌شود) و فرهنگ‌های گوناگون تحلیل و مدیریت ریسک در زمینه‌ها و کشورهای مختلف، توسعه‌یافته‌اند. به طور معمول، ریسک محصول محتملی از یک رویداد ناخواسته و عواقب ناشی از آن رویداد است (Kaplan & Garrick، ۱۹۸۱؛ Kaplan، ۱۹۹۷؛ Staveren، ۲۰۰۶).

در پیش‌نویس ISO Guide 73: 2009، مدیریت ریسک- واژگان (ISO 2009)، یک چارچوب مدیریت ریسک به عنوان مجموعه‌ای از اجزاء تعریف شده است. این اجزاء، پایه‌ها و ترتیبات سازمانی را برای طراحی، اجرا، نظارت،

بازنگری و بهبود پیوسته مدیریت در سراسر سازمان، فراهم می‌آورند.

جدول ۱- پارامترهای اصلی آب‌وهوایی تأثیرگذار بر راهها

متغیرهای بحرانی آب‌وهوایی	ریسک‌های اصلی ایجادشده در زیرساخت‌های جاده‌ای
رخداد باران بسیار شدید (باران‌شدیدودوره‌طولانی بارش)	• سیل در راهها • فرسایش راهها، لغزش زمین که به بدنه راه آسیب می‌رساند. • اتمام ظرفیت سیستم‌های زهکش که سبب خوردگی و ایجاد سیل می‌گردد. • ایجاد موانع ترافیکی و کاهش سطح ایمنی
میانگین بارش فصلی و سالیانه	• تأثیر بر سطح رطوبت خاک، تأثیر بر سازه بدنه راه، پل و تونل‌ها • اثر نامطلوب بر سطح آب در اساس راه • ایجاد ریسک‌هایی از قبیل سیل، زمین‌لغزه، شکست شیب و آسیب به بدنه راه
افزایش سطح آب دریا	• آب‌گرفتگی راههای موجود در مناطق ساحلی • خوردگی اساس راهها و پی پل‌ها • صیقلی شدن پل‌ها • کاهش سطح دید در زیر پل‌ها • ایجاد بار اضافی در زیرساخت‌ها در صورتی‌که به‌عنوان راههای اضطراری استفاده شوند.
دمای بیش از حد و تعداد روزهای گرم متوالی (موج گرما)	• از بین رفتن یکپارچگی روسازی • آسیب درزهای انبساط در پل‌ها و سطوح دارای روسازی • اثر بر محوطه و پیرامون راه
خشکسالی (روزهای‌متوالی‌خشک‌وبدون‌بارش)	• افزایش احتمال آتش‌سوزی طبیعی • ایجاد نشست نامتوازن در زیرسازه پل‌ها • افزایش میزان دود ناشی از آتش
ریزش برف	• ایجاد موانع ترافیکی و کاهش سطح ایمنی • هزینه برداشت برف از سطح راه • ریزش بهمن
یخبندان (تعداد روزهای یخبندان)	• ایجاد موانع ترافیکی و کاهش سطح ایمنی • هزینه برداشت یخ از سطح راه
ذوب شدن خاک‌های منجمد (تعدادروزهای‌بادمای‌بیش ازصفر درجه)	• ایجاد ناهمواری در سطح راه و نشست فونداسیون پل‌ها • کاهش ظرفیت راههای واقع بر روی خاک‌های منجمد
باد شدید	• خطر ایجاد ناپایداری در عرشه پل‌ها • خسارت به علائم، چراغ‌های روشنایی و سایر تأسیسات
مه	• ایجاد موانع ترافیکی و کاهش سطح ایمنی • کاهش سطح دید

یک روش معمول برای مدیریت ریسک در میان ادارات راه و مدیران شبکه‌های جاده‌ای، استفاده از مدل سناریویی است که در آن مشکلات، دارایی‌ها، تهدیدها/ خطراتی که ممکن است بر این دارایی‌ها اثر بگذارند و عوامل

ریسکی که می‌توانند آن خطرات یا تهدیدها را ایجاد نمایند، شناسایی‌شده‌اند. هنگامی‌که دارایی (به عنوان مثال یک پل یا یک بخش از جاده) مشخص شد، تهدیدها و ریسک‌ها تحلیل می‌شوند. تهدیدها یا خطرات باید با توجه به احتمال وقوع ارزیابی شوند و ریسک‌ها به نوبه خود ممکن است در مراحل مختلف درمان شوند. در یک ارزیابی پرسشنامه‌ای که توسط کمیته TC3.2پیارک صورت پذیرفت، ۲۵ پاسخ در رابطه با استفاده از سیاست‌ها و دستورالعمل‌های مدیریت ریسک در میان ادارات راه (پیارک، TC3.2، ۲۰۰۸) جمع‌آوری شد. مطابق با نتایج حاصله، ۷۶ درصد از کشورها از مدیریت ریسک در سیستم تصمیم‌گیری سازمانی خود استفاده می‌کنند، ۵۳ درصد دارای سیاست‌ها یا دستورالعمل‌های مدیریت ریسک هستند و ۶۰ درصد از مدل عمومی برای مدیریت ریسک استفاده می‌نمایند.

برای جمع‌آوری اطلاعات درباره رویکردهای تحلیل و مدیریت ریسک موجود در کشورهای عضو ERA-NET، با توجه ویژه به شرایط آب‌وهوایی، کارگاه‌هایی تشکیل شد. به عنوان مکمل این کارگاه‌ها، درخواستی برای کسب اطلاعات همراه با ارایه‌ای از پروژه RIMAROCC برای اعضای ERA-NET Road فرستاده شد.

در این درخواست چهار سؤال خاص به شرح ذیل پرسیده شد:

- در کشور شما چگونه ریسک‌های موجود در شبکه راهها تحلیل می‌شود؟
- چگونه اثر تغییرات آب‌وهوایی را در تحلیل ریسک‌ها لحاظ می‌کنید؟
- آیا روش خاصی برای تحلیل و مدیریت ریسک استفاده می‌نمایید؟ مراجع مورد استفاده را ذکر کنید.
- چگونه تحلیل ریسک انجام می‌گیرد (شرح مختصر)؟

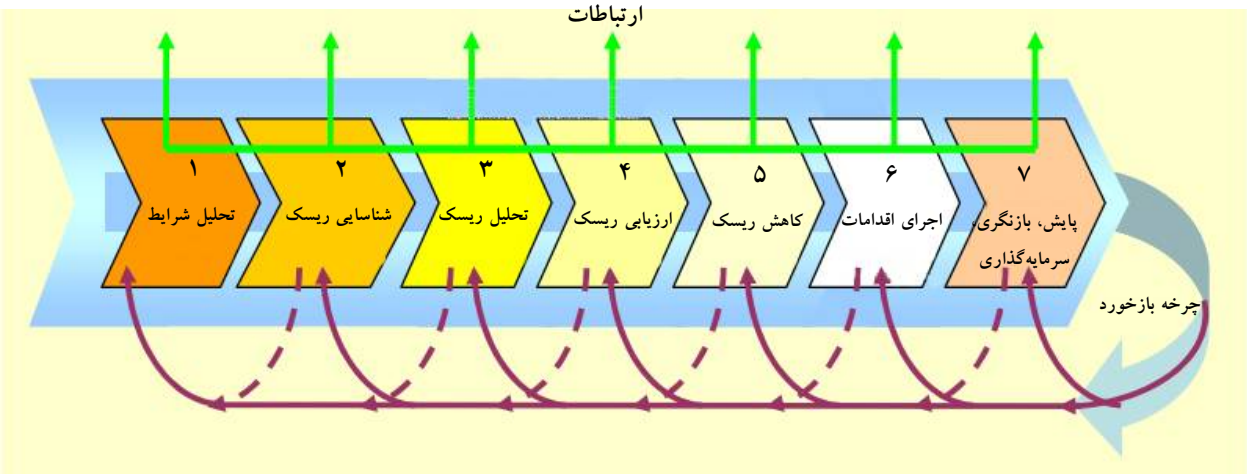
پس از بررسی روش‌های نوین، سه روش به عنوان پایه‌ای برای روش RIMAROCC انتخاب شدند و مورد تحلیل قرار گرفتند، این سه روش عبارتند از:

- پروژه French GERICI (Guerard & Ray 2006)
- استراتژی تطابق بریتانیا (Highways Agency 2008)
- روش مورداستفاده توسط Deltares با نقاط اوج (Kwadijk)

۸-۴- رویکرد RIMAROCC

اهداف طراحی، توابع و شرایط مرزی رویکرد RIMAROCC از طریق یک فرایند مهندسی ارزش که در آن یک تیم متشکل از چند رشته از گروه پروژه RIMAROCC و مدیران شبکه‌های جاده‌ای درگیر بودند، شناسایی شدند. توابع سطح عملکرد روش RIMAROCC را تعریف می‌نمایند (آنچه این رویکرد باید قادر به انجامش باشد)، به

عنوان مثال امکان اینکه رویکرد بتواند خطرات مربوط به شرایط جوی را به صورت ساختاریافته تعریف نماید. اهداف طراحی، چگونگی ساخته‌شدن روش را تعریف می‌کنند؛ به عنوان مثال، سازگاری با روش‌های موجود و تطابق با تمام سطوح عملیاتی (ساختار، بخش شبکه، قلمرو).



شکل ۳ - چارچوب روش RIMAROCC برای مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات آب‌وهوا

با استفاده از توابع اولویت‌بندی و اهداف طراحی و تحلیل کتابخانه‌ای روش‌های موجود، روش RIMAROCC به عنوان یک متدولوژی در هفت مرحله توسعه داده شد:

روش ارایه‌شده (شکل ۳) یک فرایند چرخه‌ای است که عملکرد آن به‌طور مداوم و بر مبنای تجربیات بهبود می‌یابد. این روش با تحلیل چهارچوب کلی که در آن معیارهای ریسک تعیین می‌شوند، آغاز شده و با یک گام بازتاب‌دهنده که در آن نتایج و تجارب مستند در اختیار سازمان مسؤول قرار می‌گیرد، به پایان می‌رسد. در عمل، مراحل همیشه کاملاً از هم جدا نیستند. ممکن است کار در چند مرحله به شکل همزمان صورت پذیرد ولی بسیار مهم است که ساختار منطقی نگاه داشته شود. ارتباط دائمی با ذینفعان، کارشناسان خارج از سازمان و دیگران بسیار مهم است. این ارتباط در سراسر فرایند به‌عنوان چراغ راهنما عمل می‌نماید. یک طرح کلی از مراحل فرعی خاص در جدول ۲ نمایش داده‌شده است.

روش RIMAROCCبه‌وسیله اجرا در چندین مطالعه موردی در سطوح مختلف جغرافیایی: سازه‌ای (به عنوان مثال یک پل)، بخشی (به عنوان مثال بخشی از بزرگراه به طول۲۰ تا ۵۰ کیلومتر)، شبکه‌ای (برای مثال ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتر از شبکه راههای اصلی) و منطقه‌ای (به عنوان مثال یک قلمرو منطقه‌ای)، مورد ارزیابی قرارگرفته است.

جدول ۲- گام‌های کلیدی و گام‌های جزیی برای روش مدیریت ریسک RIMAROCC

گام‌های کلیدی	گام‌های جزیی
۱- تحلیل پیش‌زمینه	۱-۱- ایجاد یک پیش‌زمینه عمومی ۱-۲- ایجاد یک پیش‌زمینه خاص برای یک مقیاس تحلیلی مشخص ۱-۳- ایجاد معیارها و شاخص‌های ریسک برحسب مقیاس انتخابی
۲- شناسایی ریسک	۲-۱- شناسایی منابع ریسک ۲-۲- شناسایی آسیب‌پذیری‌ها ۲-۳- شناسایی پیامدهای محتمل
۳- تحلیل ریسک	۳-۱- ایجاد سناریوهای ریسک ۳-۲- تعیین اثر و شدت ریسک ۳-۳- ارزیابی وقوع ۳-۴- تهیه گزارش بازبینی و بررسی ریسک‌ها
۴- ارزیابی ریسک	۴-۱- ارزیابی کمی ریسک با روش تحلیلی مناسب ۴-۲- مقایسه ریسک‌های شرایط جوی با دیگر انواع ریسک‌ها ۴-۳- تعیین اینکه کدام ریسک قابل‌پذیرش است
۵- کاهش ریسک	۵-۱- شناسایی گزینه‌های کاهش ۵-۲-برآورد کردن هزینه مالی گزینه‌ها ۵-۳- مذاکره با سازمان‌های تأمین‌کننده مالی ۵-۴- برنامه‌ریزی عملی
۶- اجرای برنامه‌های عملی	۶-۱- توسعه برنامه‌ریزی عملی ۶-۲- اجرای برنامه‌های عملی
۷- مانیتورینگ، برنامه‌ریزی مجدد و مستندسازی تجربیات	۷-۱- مانیتورینگ و بازبینی منظم ۷-۲- برنامه‌ریزی مجدد با توجه به اطلاعات جدید ۷-۳- مستندسازی تجربیات رخدادهای طبیعی و فرایند اجرای برنامه‌های عملی
ارتباطات و جمع‌آوری اطلاعات	

۸-۵- معیارها و شاخص‌های ریسک

تعریف معیارهای ریسک (مرحله فرعی ۱-۳) یک گام مهم از روش RIMAROCC است. از آنجا که برخی از معیارها در بسیاری از مطالعات مختلف در مقیاس تحلیل مشابه بکار گرفته شده‌اند، این گام می‌تواند به عنوان یکپارچه‌سازی کار در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که تعریف معیارهای ریسک یک فرایند تکراری است و نیاز به بازخورد از مراحل ۲ (شناسایی ریسک) و مرحله ۳ (تحلیل ریسک) دارد. بدون اعتبارسنجی اطلاعات موجود در مقیاس مناسب، تعیین معیارها بسیار دشوار است. معیارها و شاخص‌های مربوط به در معرض قرار گرفتن، آسیب‌پذیری (حساسیت) و عواقب در کتاب راهنمای RIMAROCC ذکر شده‌اند. تعیین دقیق مناسب بودن هر معیار الزامی است. این معیارها تنها معیارهای امکان‌پذیر نیستند و سایر معیارهای مربوطه را نیز می‌توان در نظر گرفت. کتاب راهنمای RIMAROCC استفاده از چهار طبقه‌بندی را جهت نمره‌دهی به سطح ریسک، توصیه می‌نماید. ذینفعان باید درباره تعداد طبقه‌بندی‌های مورداستفاده، جزییات مربوط به مقیاس و چگونگی پر شدن جداول بحث و تبادل‌نظر نمایند. نقطه‌ضعف سه یا پنج دسته‌بندی این است که افراد متمایل به انتخاب حد وسط می‌باشند. معیارها و طبقه‌بندی‌های ارزیابی مربوط به در معرض قرار گرفتن، آسیب‌پذیری، احتمال و پیامدها، در ادامه ارایه شده است. با این حال، این اطلاعات تنها به عنوان توصیه آمده است و مدیر بخش ریسک در این مطالعه باید درباره معیارها و تعیین مقادیر مورد استفاده در طول ارزیابی ریسک، تصمیم‌گیری نماید.

شاخص در معرض قرار گرفتن

با توجه به عوامل ریسک شرایط آب‌وهوایی، شاخص‌های اصلی در معرض قرار گرفتن عبارتند از: مدت، شدت، وسعت و احتمال در معرض ریسک قرار گرفتن.

جدول ۳- شاخص‌های اصلی در معرض قرار گرفتن

شاخص آب‌وهوا	واحد شاخص			
	کم (۱)	متوسط (۲)	زیاد (۳)	بحرانی (۴)
E1، **مدت‌زمان رخداد**	چند ساعت	چند روز	چند هفته	چند ماه
E2، **شدت**	مرحله ۲-۱ را مشاهده نمایید			
E3، **مقیاس وقوع**	سطح کوچک	محلی	ناحیه‌ای	ملی

احتمال وقوع	شاخص	
رخداد ممکن است هر ۱۰ سال یک‌بار یا بیشتر اتفاق بیفتد	۴	بسیار محتمل
رخداد ممکن است هر ۲۰ سال یک‌بار اتفاق بیفتد	۳	محتمل
رخداد ممکن است هر ۵۰ سال یک‌بار اتفاق بیفتد	۲	نامحتمل
رخداد ممکن است هر ۱۰۰ سال یک‌بار یا کمتر اتفاق بیفتد	۱	بسیار نامحتمل

نظرات

- با در نظر گرفتن تغییرات آب‌وهوایی،آستانه شدت ویژه باید برای هر یک از عوامل شرایط آب‌وهوایی تعریف شود.
- بهتر آن است که مقیاس احتمال متناسب با استانداردهای طراحی مورد استفاده در کشور مورد نظر، تعیین شود.
- احتمال ممکن است به طور قابل توجهی با توجه به تغییرات آب‌وهوایی، تغییر نماید (به‌عنوان‌مثال یک رویداد آب‌وهوایی که در حال حاضر تنها یک بار در هر۲۰ سال رخ می‌دهد ممکن است در سال ۲۰۵۰ هر ۱۰ سال یک بار رخ دهد).

شاخص‌های تهدید وآسیب‌پذیری

این شاخص‌ها به هر دو عامل تشدید ریسک‌های آب‌وهوایی (عدم وجود سیستم‌های هشداردهنده، عوارض زمینی تشدیدکننده سیل و غیره) و آسیب‌پذیری (حساسیت) اجزای زیرساخت‌ها (سیستم‌های زهکشی کوچک‌تر از میزان مورد نیاز، ترک در لایه‌های روسازی، گرفتگی آبروها و غیره) مرتبط می‌باشند.

جدول ۴- شاخص‌های تهدید و آسیب‌پذیری

	پایین (۱)	متوسط (۲)	بالا (۳)	بحرانی (۴)
V1- سرعت وقوع/ زمان پیش‌بینی تا رویداد	امکان پیش‌بینی‌های دقیق برای بیش از ۳ روز	امکان پیش‌بینی‌های دقیق برای نصف روز تا ۳ روز	امکان پیش‌بینی‌های دقیق برای کمتر از ۱۲ ساعت	امکان پیش‌بینی‌های دقیق برای کمتر از ۵ ساعت
V2- سطح آگاهی از خطر و پیامدهای مربوط به آن	پیش‌بینی‌های مفصل وقوع رویداد و پیامدهای خطر	پیش‌بینی‌های تقریبی وقوع رویداد و پیامدهای خطر	تنها آگاهی‌های کیفی (فرایندها)	بدون اعلام نظر
V3- میزان و نوع اطلاعات ارایه شده به کاربران راه	تابلوهای اطلاع‌رسانی در دسترس می‌باشد	پوشش رادیویی خوب	پوشش رادیویی ناقص	نبود اطلاعات از راه
V4- عمر زیرساخت	کمتر از ۱۰ سال	۳۰ - ۱۰ سال	۱۰۰ – ۳۰ سال	بیش از ۱۰۰ سال
V5- استانداردهای طراحی	استانداردهای طراحی جدید (کمتر از ۵ سال)	۲۵ – ۵ سال	۵۰ - ۲۵ سال	بیش از ۵۰ سال یا استانداردهای نامعلوم
V6- فرایندهای کنترل و نگهداری	بازدید سیستماتیک پس از هر رویداد آب‌وهوایی غیرمعمول+ اقدامات نگهداری سطح بالا	بازدیدهای دوره‌ای (حداقل یک بار در سال)+ سطح متوسط اقدامات نگهداری	بازدیدهای اتفاقی (تنها پس از وقوع خرابی)+ سطح پایین اقدامات نگهداری	تقریباً بدون بازدید یا اقدامات نگهداری
V7- سطح ترافیک	کمتر از ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	۱۰۰۰۰ - ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	۵۰۰۰۰ - ۱۰۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	بیش از ۵۰۰۰۰ وسیله نقلیه در روز
V8- عوامل محیطی که ریسک‌های شرایط آب‌وهوایی را بدتر می‌کنند	وضعیت مطلوب با در نظر گرفتن پوشش زمین، توپوگرافی، فرسایش و کنترل سیلاب	وضعیت قابل قبول با در نظر گرفتن پوشش زمین، توپوگرافی، فرسایش و کنترل سیلاب	وضعیت بد با در نظر گرفتن حداقل یکی از عوامل محیطی	وضعیت بد با در نظر گرفتن تمامی عوامل محیطی یا وضعیت بسیار بد برای یکی از عوامل محیطی

شاخص‌های پیامدها

شاخص‌های اصلی پیامدهای ریسک‌های آب‌وهوایی عبارتند از تصادفات (مرگ)، وقفه یا اختلال در ترافیک که به‌طور مستقیم به حوادث آب‌وهوایی مربوط می‌شوند یا علت آنها آسیب‌های ناشی از رویدادهای آب‌وهوایی است. برای هر مقیاس تحلیل، این شاخص‌ها باید برای هر کشور توسط مقامات مربوطه، انتخاب شوند.

جدول ۵- شاخص‌های پیامدها

معیار جهت ارزیابی پیامد	شاخص
C1، کاهش ایمنی در راه	تعداد تلفات/ مجروحان/ نجات‌یافتگان
C2، هزینه برای تعمیر و بازسازی	یورو
C3، در دسترس نبودن راه	% از ظرفیت عادی % زمان سفر طولانی‌تر تعداد روزها
C4، دیگر هزینه‌های غیرمستقیم	یورو
C5، از دست رفتن اعتماد عمومی/ پیامدهای سیاسی	؟
C6، تأثیر بر محیط‌زیست	؟

نظرات

- وقفه ترافیک (توقف جریان) معمول‌ترین پیامد تغییرات آب‌وهوایی است.
- شرایط کاهش سطح عملکرد شبکه ممکن است پس از ایجاد اختلال در ترافیک رخ دهد.
- باید به این نکته اشاره کرد که با توجه به فرضیاتی که در رابطه با در معرض قرار گرفتن و عوامل آسیب‌پذیری صورت گرفته است، درجه بالایی از عدم اطمینان در فرایند وجود خواهد داشت و از این رو پیامدها به راحتی قابل پیش‌بینی نمی‌باشند؛ بنابراین برای پیامدهای شناخته‌شده، ارزیابی می‌تواند از طریق سناریوهای مبتنی بر وقایع تجربه‌شده صورت پذیرد.

۸-۶- شرایط مرزی RIMAROCC

توسعه و پیاده‌سازی روش RIMAROCC با توجه به نکات مهم زیر صورت پذیرفته است:

- تحقیقات مرتبط با تغییرات اقلیمی و مدیریت ریسک در حال توسعه سریع هستند؛ بنابراین تمرکز این روش بر ایجاد یک چارچوب قوی است و نه یافتن یک راه‌حل مناسب برای یک لحظه ثابت در زمان.
- چارچوب متدولوژی بر اساس اصول قوی و بلندمدت توسعه داده شده است (مثلاً در انطباق با ISO 31000).

سعی شده است تا حد امکان چارچوب این متدولوژی با روش‌های مشابه موجود در دیگر مدهای حمل‌ونقل سازگار باشد.

- آغاز استفاده از این روش به خصوص تحلیل شرایط مرجع، می‌تواند بسیاری از یافته‌های مفید را به ارمغان بیاورد.
- دانش رو به رشد در زمینه تغییرات آب‌وهوایی و مدیریت ریسک به‌طور مداوم سبب ارتقای این رویکرد می‌شود.
- این روش برای تمام سطوح معتبر است (قلمرو، شبکه، بخش و سازه): قلمرو یک منطقه جغرافیایی با بیش از یک مالک راه را پوشش می‌دهد و پیچیده‌تر از سطح شبکه است که یک شبکه راه با یک صاحب یکتا را پوشش می‌دهد. سطح بخش برای یک بخش از راه استفاده می‌شود و سطح سازه برای اشیاء تک و یا سازه‌هایی مانند پل‌ها بکار گرفته می‌شود.

۸-۷- مراجع

1. WHO (2002). Floods: Climate change and adaptation strategies for human health. Report WHO meeting, London, UK, 30 June-2 July 2002. EUR/02/5036813.

2. EEA (2004). Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe. Environmental issue report No 35, European Environment Agency, and Copenhagen, Denmark.

3. Commission of the European communities (2009). EU white paper, Adapting to climate change: Towards a European framework for action, Brussels, 1.4.2009, COM, 2009, 147 final.

4. ENR (2008). EraNet Road Guide for applicants, ENRSRO3 Gfa 31.03.2008.

5. UK Highways Agency (2008). Climate Change Adaptation Strategy, Volume 1. UK. Information at: www.highways.gov.uk

6. Austroads (2004). Impact of Climate Change on Road Infrastructure, ISBN 085588 6927, Australia.

7. US National Research Council (2008). The potential impacts of Climate Change on US transportation Special Report 290, Transportation Research Board, and Washington DC, USA.

8. Swedish Commission on Climate and Vulnerability (2007). Sweden facing climate change — threats and opportunities, SOU 2007:60, Appendix B1, The road network (SRA).

9. McGUIRK, M., SHUFORD, S., PETERSON, T. C. and PISANO, P. (2009). Weather and climate change implications for surface transportation in the USA. WMO Bulletin 58 (2) – April 2009.

10. IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

11. KAPLAN, S. and GARRICK, B. J. (1981). On the Quantitative Definition of Risk. PLG-P0196, RiskAnalysis Vol 1, no 1, pp 11-27.

12. KAPLAN, S. (1997). The Words of RiskAnalysis. RiskAnalysis. Vol 17, no 4, pp 407-417. Society for RiskAnalysis, London.

13. STAVEREN, M. Th. VAN (2006). Uncertainty and Ground Conditions: A Risk Management Approach, Elsevier Ltd.

14. ISO (2009) ISO GUIDE 73:2009 Risk management - Vocabulary (Draft), International Organization for Standardization.

15. PIARC, TC3.2 2008: Risk Management for Roads, Report on activities of PIARC/ International Committee, Roly Frost, Transit New Zealand, January 2008.

16. GUÉRARD, H. and RAY, M. (2006). GERICI project: Risk management related to climate change for infrastructures. European roads review 9, fall 2006, RGRA.

17. KWADIJK et al. (In press): Adapting to sea-level rise in the Netherlands,Interdisciplinary Reviews – Climate Change.

جدول ۶- اثرات بالقوه تغییر آب‌وهوا

افزایش ارتفاع آب دریا، افزایش تعداد طوفان‌های دریایی و افزایش دفعات تندبادهای قوی	بارندگی	دما
• افزایش تأخیر در مسافرت‌های جاده‌ای، ریلی و دریایی به دلیل وقوع طوفان • طوفان‌های دریایی شدیدتر: نیاز به تخلیه محل • طغیان رودخانه‌ها در راهها و خطوط ریلی در مناطق ساحلی • وقوع سیلاب‌های مکرر و شدید در تونل‌های زیرزمینی و تأسیسات زیربنایی با ارتفاع کم • فرسایش بستر راه و پایه‌های پل‌ها • سایش زمین • طوفان‌های دریایی شدیدتر، نیاز به تخلیه محل • تغییرات در تسهیلات بندرگاه‌ها به جهت وقوع طوفان‌های دریایی و جزر و مد • کاهش فاصله عبور ایمن از زیر پل‌ها • تأثیرات بر روی ردیابی کانال‌های رادیویی (برخی قابلیت دسترسی بهتری دارند و برخی در آب‌های عمیق‌تر به جهت افزایش رسوبات دسترسی محدودتری دارند.) • مسدود شدن یا محدود شدن فرودگاه‌های واقع در مناطق ساحلی • افزایش زباله بر روی سطح جاده‌ها و خطوط ریلی • وقوع مکرر حوادث باعث افزایش بالقوه تعداد دفعات تخلیه اضطراری منطقه می‌شود. • افزایش احتمال تخریب زیرساخت‌ها • افزایش ناپایداری‌های دهانه‌های پل • افزایش صدمات علائم راهنمای جاده‌ای و تجهیزات روشنایی راه • کاهش دوره عمر مورد انتظار برای راههای در معرض طوفان دریایی • عوارض جانبی بر روی مثال‌های مراقبتی، خروج و تخلیه اضطراری محل و مدیریت ایمنی • چالش‌های مقاوم‌سازی زیرساخت‌ها • وارد شدن صدمه به زیرساخت‌های بندرگاه‌ها به جهت موج‌های ناشی از طوفان‌های دریایی • وارد شدن صدمه به جرثقیل‌ها و سایر تجهیزات اسکله‌ای • وقفه‌های مکرر در خدمات‌رسانی فرودگاه‌ها • وارد شدن خسارت به تجهیزات عمومی فرودگاه‌ها و به‌طور مثال ترمینال‌ها، تجهیزات راهبری • خط‌کشی‌های اطراف محیط و علائم راهنمایی	**افزایش شدت بارندگی‌ها** • افزایش تأخیر در جابجایی‌ها • افزایش اختلالات ترافیکی • افزایش وقوع سیل در جاده‌ها • اختلال در فعالیت‌های ساخت‌وساز • تغییرات در میزان بارش باران و برف و سیلاب‌های فصلی که عملکرد اقدامات ایمن‌سازی و نگهداری را تحت تأثیر قرار می‌دهند • افزایش سیلاب‌ها در جاده‌ها، مسیرهای ریلی و تونل‌های زیرزمینی • سرریز شدن سیستم‌های زهکش و وقوع سیلاب در راهها • افزایش فرسایش خاک و شسته شدن راهها باعث وارد شدن خسارت به سازهای محافظ بستر ریل راه‌آهن می‌شود و رانش زمین و رانش گل‌ولای موجب وارد آمدن خسارت به راهها و خطوط ریلی می‌شود. • تأثیر بر روی سطح رطوبت خاک و تأثیر بر روی پل‌ها و تونل‌ها • عوارض جانبی بر روی بستر راهها به دلیل جمع شدن آب روی راه • افزایش سایش خطوط انتقال و وارد آمدن خسارت به خطوط انتقال • تأثیر بر روی زیرساخت‌های بندرگاه‌ها به علت امواج و طوفان‌های دریایی • تغییرات در سطح آب‌های زیرزمینی و پر شدن حفره‌ها به وسیله گل‌ولای • تأثیرپذیری پیوستگی سازه‌ای تسهیلات فرودگاهی • خراب شدن یا غیر فعال شدن لوازم جهت‌یابی • تخریب جاده‌های دسترسی و سایر زیرساخت‌ها به وسیله سیلاب • وارد شدن صدمه به سیستم‌های زهکش راه • افزایش تأخیر در مسافرت‌های هوایی به خاطر گرمای هوا • طغیان و تجاوز سطح آب بیش از گنجایش سیستم‌های جمع‌آوری‌کننده آب و وقوع سیل تأخیر در پروازها و بسته شدن فرودگاه‌ها • اثرات احتمالی روی طراحی نحوه تخلیه اضطراری افراد، مدیریت ایمنی و تعمیر و نگهداری تأسیسات	**افزایش موج گرما و تعداد روزهای خیلی گرم** • محدودیت زمان ساخت‌وساز به علت نگرانی درباره سلامت و ایمنی کارکنان • جوش آوردن خودروها و تخریب تایر آنها • تأخیر به دلیل گرمای بیش از حد • تأثیر بر بار پرواز هواپیماها در فرودگاه‌های «مناطق گرم» لغو شدن پروازها یا محدودیت در قوانین مرتبط با ظرفیت ترابری (محدودیت وزن بارها)، مصرف انرژی بیشتر در صنایع هوانوردی • تأثیر بر روی روسازی‌های بتنی و عملیات ساخت • انبساط حرارتی در درزهای انبساطی پل‌ها و روکش راهها • نرم‌شدگی آسفالت و نگرانی از ذوب شدن آن • تغییر شکل ریل راه‌آهن • تورم آسفالت راه • هوازدگی حرارتی

جدول ۶- اثرات بالقوه تغییر آب‌وهوا (ادامه)

افزایش ارتفاع آب دریا، افزایش تعداد طوفان‌های دریایی و افزایش دفعات تندبادهای قوی	بارندگی	دما
	افزایش شرایط خشکسالی برای برخی مناطق • افزایش قابلیت وقوع آتش‌سوزی، انسداد راهها بر اثر آتش‌سوزی، کاهش میدان دید • افزایش قابلیت وقوع آتش‌سوزی با تهدید مستقیم زیرساخت‌های حمل‌ونقل • افزایش خطر رانش زمین در مناطقی که به علت آتش‌سوزی درخت‌زدایی شده‌اند. • تأثیر بر رودخانه‌های فصلی و جریان رودها • کاهش میزان دید در فرودگاه‌های واقع در مناطق مستعد خشکسالی در اثر وقوع حریق و طوفان ماسه	**کاهش تعداد روزهای بسیار سرد** • تغییرات محلی هزینه‌های مربوط به جمع‌آوری برف (کاهش کلی اما در برخی مناطق افزایش) و اثرات زیست‌محیطی استفاده از نمک و مواد شیمیایی • کاهش محدودیت‌های ناشی از سرمای هوا برای کارگران تعمیر و نگهداری • کاهش توده یخ در کشتی‌های حمل مواد فاسدشدنی، عرشه کشتی و بادبان‌ها، اسکله‌ها، کاهش مه یخ (ایجاد کریستال‌های یخی در هوا بر اثر سرمای زیاد)، کاهش حجم یخ در بندرگاه‌ها • کاهش کارایی راههای ایجاد شده بر روی زمین‌های یخ‌زده
	تغییرات در بارندگی‌های فصلی، الگوهای جریان رودخانه • در صورتی‌که بارش‌های زمستانی به باران تبدیل شود، تغییر الگوهای جریانی ساده‌تر می‌شود که البته به نوع منطقه نیز بستگی دارد. • افزایش خطر وقوع سیل بر اثر رواناب‌ها، افزایش ریسک رانش زمین و شکست شیب زمین و وارد آمدن خسارت به جاده‌ها. در صورتی که بارش‌ها از برف به باران تغییر کنند و زمان آنها از زمستان به پاییز تغییر پیدا کند. • کانال‌های دوره‌ای در صورت افزایش سیلاب بسته می‌شوند یا ظرفیت آنها محدود می‌گردد.	**افزایش دمای قطبی** • افزایش فصل حمل‌ونقل اقیانوسی به علت کاهش یخبندان در بندرگاه‌ها در نقاط شمالی • امکان دسترسی به گذرگاه‌های شمال غربی یا شمالی • تغییر در محدودیت‌های وزنی در فصول مختلف • تغییر در مصرف فصلی سوخت • ارتقای ایمنی و افزایش قابلیت جابجایی به علت کاهش فصول سرد زمستانی • طولانی شدن فصل ساخت‌وساز • ذوب شدن توده‌های عظیم یخی باعث ایجاد نشست در راهها، بستر خطوط ریلی، پایه‌های ریل و خطوط لوله می‌شود.

جدول ۶- اثرات بالقوه تغییر آب‌وهوا (ادامه)

افزایش ارتفاع آب دریا، افزایش تعداد طوفان‌های دریایی و افزایش دفعات تندبادهای قوی	بارندگی	دما
	• در صورتی‌که بارش‌های زمستانی به باران تبدیل شود، تفسیر الگوهای جریانی ساده‌تر می‌شود • تغییرات در میزان انباشتگی گل‌ولای منجر به کاهش عمق برخی از مسیرهای آبی می‌شود و تأثیرات بلندمدتی بر حیات آنها می‌گذارد. • در صورتی که بارش‌های زمستانی به باران تبدیل شود میزان قطع جریان‌ها کاهش می‌یابد. • سیستم‌های زهکشی روسازی راهها ناکارآمد می‌شوند یا آسیب می‌بینند.	• کوتاه‌تر شدن فصل‌های یخ‌زدگی راهها • ذوب شدن توده‌های عظیم یخی و ضعیف شدن شالوده ریل‌های راه‌آهن
		دیرتر آغاز شدن فصل یخبندان و زودتر آغاز شدن فصل ذوب شدن • تغییر در محدودیت‌های وزنی در فصول مختلف • تغییر در مصرف فصلی سوخت • ارتقای ایمنی و افزایش قابلیت‌های جابجایی به علت کاهش فصول سرد زمستانی • طولانی شدن فصول ساخت‌وساز • کاهش میزان تخریب روسازی‌ها به علت کمتر شدن میزان تماس یخ و برف با روسازی، اما احتمال افزایش تکرار چرخه یخ‌زدگی-ذوب‌شدگی وجود دارد. • طولانی شدن فصل کشتی‌رانی در آبراهه‌ها به علت کمتر شدن پوشش یخ

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی

آفریقا

به تأثیرات ناشی از تغییر آب‌وهوا بر راههای آفریقا توجه کنید.

به عنوان بخشی از پروژه جدید بانک جهانی، شرکت COWI تأثیرات احتمالی تغییرات آب‌وهوایی بر تأسیسات زیربنایی موزامبیک و اتیوپی را مطالعه می‌کند. این بخش گامی به سوی درک این مسأله است که تغییرات آب‌وهوایی چه نوع اثراتی بر تأسیسات زیربنایی راهها در آفریقا خواهند داشت و میزان هزینه‌های راهکارهای مختلف چه میزان است.

این پروژه تأثیرات ناشی از تغییرات آب‌وهوایی در دو کشور موزامبیک و اتیوپی را بررسی می‌کند، دو کشوری که دارای شرایط جغرافیایی آب‌وهوا و سطح ریسک متفاوتی هستند. خطوط ساحلی طولانی موزامبیک این کشور را در برابر خطر سیل آسیب‌پذیر کرده است. در حالی که اتیوپی کشوری است دارای بیابان و محیط زیستی دارای نقاط کوهستانی و سرزمین‌های پست. برنامه‌ریزی برای تکمیل این پروژه برای سال ۲۰۱۰ میلادی بوده است.

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
بدون جواب :NA	• این مطالعه به عنوان یک شاخص به کار گرفته خواهد شد تا نشان دهد چه تعدادی از افراد تحت تأثیر پدیده‌های آب‌وهوایی قرار گرفته‌اند و کدام مناطق بالاترین میزان برگشت سرمایه را دارند. به عنوان مثال وقوع حوادث متعدد در یک روز و در یک راه مشخص.	• تلفیق اطلاعات سازمان ملل با اطلاعات سازمان هواشناسی دو کشور تا سال ۲۰۵۰ • مقایسه فرضیات تجربی متخصصان محلی با مطالعات صورت گرفته در حوزه تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر شبکه جاده‌ای مناطق گوناگون

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

کانادا

سازگاری با تغییرات آب‌وهوا- دستورالعمل ریسک محور برای شهرداری‌های اونتاریو

http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/pdf/176a_ e.pdf

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
معمولاً، یک راهبرد تطبیقی یا استراتژی کاهش ریسک شامل مجموعه‌ای از اقدامات خواهد بود. این اقدامات باید یک راهبرد مبتنی بر هزینه مؤثر را پیشنهاد دهند تا ریسک‌های غیرقابل‌قبول را به سطحی قابل‌قبول برساند. **سازگاری پیشگرایانه یا کنش‌گرا**: انجام اقدامات سازگاری پیش از وقوع تغییرات آب‌وهوایی، به‌منظور کاهش یا جلوگیری از عوارض جانبی آن **سازگاری انفعالی**: انجام اقدامات سازگاری پس از وقوع تغییرات آب‌وهوایی به‌منظور کاهش عوارض جانبی. **توجه: از آنجا که ممکن است آثار اولیه ناشی از تغییرات آب‌وهوایی در برخی از مناطق مشاهده شده باشد، برای جلوگیری از اثرات شدیدتر در آینده، باید روش‌های تطبیقی ترکیبی از روش‌های پیشگرایانه و انفعالی باشند.** **سازگاری خصوصی**: سازگاری‌هایی که به‌وسیله اشخاص حقیقی و صاحبان واحدهای مسکونی یا شرکت‌های خصوصی انجام می‌شوند. سازگاری خصوصی معمولاً به‌صورت خودجوش و بر مبنای نظریه انتخاب عقلانی انجام می‌شود. **سازگاری عمومی:** سازگاری‌هایی که به‌وسیله دولت‌ها انجام می‌شوند. سازگاری عمومی معمولاً بر اساس نیازهای گروهی هدایت و کنترل می‌شوند. **سازگاری خودمختار یا خودجوش**: سازگاری بر مبنای عوامل محرکی مانند تغییر آب‌وهوا به صورت آگاهانه انجام نمی‌شود، بلکه بر اساس تغییرات اکولوژی طبیعت در سیستم‌های زندگی بشری تغییراتی ایجاد می‌کند. **سازگاری برنامه‌ریزی‌شده**: سازگاری‌هایی که بر اساس تشخیص شرایط محیطی و بر اساس سیاست‌گذاری‌های دولت انجام می‌شود، این سیاست‌ها برای دستیابی به شرایط مطلوب اجرا می‌شوند.	مدیریت ریسک یک رویکرد سیستماتیک است که به‌وسیله آن بهترین اقدامات به‌منظور تشخیص و درک شرایط ناپایدار به کار گرفته می‌شوند. در زمینه راهبردهای سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی، مدیریت ریسک یک چارچوب مشخص را برای تدوین این راهبردها در واکنش به پتانسیل تغییرات آب‌وهوایی ارایه می‌دهد که منجر به ایجاد و افزایش سطح ریسک می‌شوند. همان‌طور که در بالا اشاره شد، خواه این موضوعات به بزرگی و اهمیت تصمیمات شهرداری‌ها برای مقابله با تغییرات آب‌وهوایی باشند، خواه پیرامون موضوعات کوچک‌تری مانند وقوع سیل یا موج گرما در منطقه‌ای مشخص باشند، فرایند مدیریت ریسک دستورالعمل‌های اجرایی را برای ارایه راه‌حل‌های بهینه طراحی می‌کند. چارچوب ارایه‌شده در این دستورالعمل بر پایه استانداردهای مدیریت بحران کشور کانادا طراحی می‌شود. فصل ۳ نگاهی اجمالی بر فرایند مدیریت ریسک دارد و بیان می‌کند چرا این روش مفید است. در خلال سال ۱۹۹۰ یک تیم متخصص کانادایی که در حوزه مدیریت ریسک فعالیت می‌کردند، یک استاندارد ملی را برای تصمیم‌گیری بر مبنای سطح ریسک، طراحی و تکمیل کردند. فواید داشتن یک استاندارد ملی از همان مراحل نخست استفاده نشانه‌های خود را بروز داد. فصل ۴ در مورد هر یک از مراحل این فرایند و جزییات مربوط به آن توضیحاتی را بیان می‌کند: • تشریح اهداف هر مرحله؛ • بیان اینکه چه کارهایی و چگونه باید انجام شود؛ • تشریح خروجی‌های مورد انتظار؛ • تشریح تصمیمات انجام‌شده در پایان هر مرحله؛ • بیان مثالی که نشان می‌دهد چگونه باید از مراحل مختلف استفاده کرد؛ • فهرستی از مهم‌ترین وظایف در هر مرحله از فرایند. مثال‌های ارایه‌شده بر مبنای تجربیات سازمان‌های محیط زیستی و شهرداری هستند که تجربیات خود را در کارگاه آموزشی دو روزه‌ای که در ژوئن ۲۰۰۵ در منطقه Halten برگزار شد، ارایه کردند.	این دستورالعمل، دارای یک رویکرد ریسک محور است که برای سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی در بلندمدت و کوتاه‌مدت و همچنین تسهیل اقدامات شهرداری‌ها طراحی‌شده است. پیش‌بینی می‌شود این دستورالعمل برای یاری‌رساندن به کارکنان شهرداری‌ها، تصمیم‌گیرندگان در زمینه مدیریت ریسک و اتخاذ راهبردها مورد استفاده قرار گیرد: • به‌عنوان یک راهنمای مرجع برای برنامه‌ریزان شهرداری‌ها و گروه‌هایی که در زمینه مدیریت ریسک در حوزه‌های مدیریتی مشخصی (مانند موضوعات پیرامون تغییرات آب‌وهوا) همکاری می‌کنند. این دستورالعمل همچنین به‌عنوان یک راهبرد یکپارچه برای طراحی‌های استراتژیک و مهم در تمام امور شهرداری به کار گرفته می‌شود. • برای نشان دادن اقدامات نمونه و موفق در زمینه مدیریت ریسک مرتبط به تغییرات آب‌وهوایی با اتکا به روش‌های تطبیق‌پذیر استفاده می‌شود. • به‌عنوان یک ابزار کمک‌آموزشی برای کارکنان شهرداری‌ها به کار می‌رود. این دستورالعمل، برای نخستین بار برای شهرداری‌های اونتاریو و سازمان‌های محیط زیستی که مسؤول طراحی و مدیریت دستگاه‌های حساس به تغییرات آب‌وهوایی هستند، در نظر گرفته‌شده است. این دستورالعمل برای استفاده در اونتاریو طراحی‌شده است، اما می‌توان از روش‌های ارایه شده در آن برای سایر مناطق کشور کانادا نیز استفاده کرد.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

کانادا

راههای پرتردد: تأثیرات تغییرات آب‌وهوا بر روی زیرساخت‌های روسازی راهها در مناطق جنوبی کانادا

http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/pdf/134a_e.pdf
contact: brian mills،brian.mills@ec.gc.ca،environment canada

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
بدون جواب : NA	این اطلاعات از مدل‌سازی‌های تجربی مؤسسات جهانی CGCM2A2X،Had CM3B21 منتج شده‌اند. این سناریوها از تعدیل سایر روش‌هابه‌دست‌آمده‌اند. اولین گروه از موارد مورد مطالعه شاخص‌های مرتبط با آب‌وهوا را که به شکل دایمی در فرایند مدیریت ریسک سازه‌های زیربنایی و روسازی‌های راه مورد استفاده قرار می‌گیرند، ارزیابی می‌کند. تحلیل حداقل و حداکثر دمای خدمت‌پذیری روسازی و شاخص‌های یخ‌زدگی و ذوب‌شدگی آن در ۱۷ منطقه کانادا نشان می‌دهد که پس از گذشت ۵۰ سال، ترک‌های ناشی از دمای پایین کمتر مشکل‌ساز می‌شوند، سازه‌ها دیرتر منجمد می‌شوند و زودتر ذوب می‌شوند که این به علت کوتاه شدن طول فصول سرد است؛ افزایش یافتن دمای خدمت‌پذیری روسازی‌ها، ظرفیت ایجاد ترک را افزایش می‌دهد. دومین مجموعه از مطالعات شامل بکارگیری جدید طراحی مکانیستیک- تجربی روسازی به‌منظور ارزیابی اثرات ساختار روسازی، مشخصات مصالح، بارهای ترافیکی و تغییرات آب‌وهوایی بر خرابی روسازی و عملکرد آن می‌باشد. مدارک و شواهد به‌دست‌آمده از ۶ منطقه در کانادا اگرچه به اندازه نتایج مطالعات گروه اول جامع نیست اما بیان می‌کند که تغییرات آب‌وهوایی می‌تواند شیارشدگی (لایه‌های رویه، اساس و زیراساس روسازی) و ترک‌خوردگی (ترک‌های طولی، موزاییکی) را تشدید کند در حالی که بر ترک‌خوردگی‌های عرضی اثر چندانی ندارد. به طور کلی، نوسازی و بازسازی باید زودتر مد نظر قرار بگیرند. تأثیرات تغییرات آب‌وهوا بر روی پارامترهای مطلق و نسبی سازه‌های روسازی تعدیل و ساده شده است.	با وجود وابستگی شرایط اجتماعی و اقتصادی کانادا به حمل‌ونقل جاده‌ای و تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی و سایر عوامل محیطی بر تخریب روسازی‌های جاده‌ای، مطالعات نسبتاً کمی در خصوص بررسی و ارزیابی تأثیرات بالقوه تغییرات آب‌وهوایی بر روسازی‌های راه تکمیل شده‌اند. مرور مثال‌های مدیریتی و رویکردها و مدل‌سازی‌های مهندسی مورد استفاده در پایش، ارزیابی و پیش‌بینی عملکرد روسازی‌ها نشان می‌دهد تغییرات آب‌وهوایی به‌عنوان یک عامل بسیار مهم حداقل در سه فرایند تخریبی باید بررسی شود. ترک‌های حرارتی، تورم ناشی از یخ‌زدگی و ترک‌خوردگی و شکست ناشی از ذوب‌شدگی. نگرانی اصلی دیگری که در رابطه با اثر ناشی از تغییرات آب‌وهوایی بر روسازی راه مطرح است، فرایند ناقص طراحی می‌باشد. به‌طورکلی، طراحی‌های فعلی و قبلی بر این مبنا بوده‌اند که شرایط آب‌وهوا را ثابت و بدون تغییر فرض می‌کردند. اما اکنون می‌توان تغییرات آب‌وهوایی را به‌صورت تقریباً دقیقی با استفاده از داده‌های ثبت شده در یک بازه زمانی کمتر از ۳۰ سال و در اکثر موارد بازه کمتر از ۱۰ سال پیش‌بینی کرد.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

کانادا **اثرات تغییرات جوی بر حمل‌ونقل ملی و کارگاه آموزشی روش‌های سازگاری** *http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/index_ e.php?class=121* contact: kathleen nadeau، nadeauk@tc.gc.ca، Transport canada		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
بدون جواب: NA		وزارت حمل‌ونقل کانادا کارگاه آموزشی دو روزه‌ای را با مباحث زیر برگزار کرد: (۱) بحث درباره اثرات فعلی و بالقوه تغییرات آب‌وهوا در کوتاه‌مدت و بلندمدت بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل، (۲) تسهیل توسعه شبکه، (۳) جمع‌آوری داده‌ها برای ارزیابی موضوعات مطالعاتی اولویت‌دار جهت یاری رساندن به تصمیم‌گیرندگان. از آنجا که متغیرهای ناپایدار به‌خصوص در حوزه پیش‌بینی اثرات منطقه‌ای همیشه وجود دارند تشخیص نقاط آسیب‌پذیر و حساس کار دشواری به نظر می‌آید. نیاز برای توسعه و تکمیل فرایندهای مدیریتی مثال‌های هماهنگ‌کننده و سازمان‌دهی اولویت‌ها و پیشنهاد رویکردهای مدیریتی در مناطق مختلف ضروری به نظر می‌رسد. این کارگاه‌های آموزشی با حضور کارشناسان فعال حوزه حمل‌ونقل و متخصصان امور مربوط به تغییرات آب‌وهوایی برگزار شد. رشد تطبیق‌پذیری مربوط به تغییرات آب‌وهوایی باید در ایالت‌ها و استان‌های مختلف به‌صورت یک برنامه یکپارچه تبدیل شود.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

کانادا **تغییرات آب‌وهوا و حمل‌ونقل جاده‌ای کانادا: تشخیص اثرات و روش‌های سازگاری** *http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/index_ e.php?class=121* contact: clarence Woudsma، cwoudsma@fes.uwaterloo.ca، university of Waterloo		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
بدون جواب: NA		اطلاعات محدودی درباره ظرفیت سازگاری و میزان آسیب‌پذیری حمل‌ونقل جاده‌ای بار در برابر تغییرات آب‌وهوایی وجود دارد. به‌منظور پاسخگویی به این فقدان دانش کافی، محققان ارزیابی کمّی نقاط آسیب‌پذیر در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای را در برابر تغییرات آب‌وهوایی (هر دو حالت دایمی و شدید) انجام می‌دهند. به‌علاوه، ارزیابی دقیق‌تری بر روی روش‌های موجود صورت خواهد گرفت. این پروژه یک تحلیل مقایسه‌ای برای رویکردهای رایج در مواجهه با اثرات تغییرات جوی روی شبکه حمل‌ونقل کانادا را انجام می‌دهد. این پروژه شامل چهار مؤلفه می‌شود: ۱) درک الگوهای تاریخی اثرات جانبی تغییرات جوی بر روی سیستم‌های حمل‌ونقل کانادا، تمرکز بر روی کریدور جاده‌ای کانادا و سایر کریدورهای مهم کانادا و گذرگاه‌های مرزی. ۲) شناسایی و درک رویکردهای مدیریتی مرتبط با شرایط فعلی آب‌وهوا با تأکید بر مؤلفه‌های بحرانی. ۳) ایجاد یک مجموعه اقتصادی- اجتماعی بر مبنای رویکردهای مدیریتی و شناسایی‌شده در قسمت بالا. ۴) بکارگیری سناریوهای مختلف در مورد تغییرات آب‌وهوا و تحقیق در مورد راهبردهای مختلف تطبیق‌پذیری با رویکرد اقتصادی – اجتماعی.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

کانادا **آزمایش بر روی توده‌های عظیم و عمیق یخی در منطقه** Yukon ،Beaver creek contact: janice festa، innovation Group، Transport canada، 613-990-9811		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
مشاهدات، تحلیل داده‌ها و گزارش‌ها مربوطه در حال تکمیل هستند و در پنج سال آینده ارایه می‌شوند.	چندین آزمایش در مقطعی به طول ۶۰۰ متر از شاهراهی که (در آوریل و ژوئن ۲۰۰۸ ساخته‌شده است) انجام‌گرفته است و به‌وسیله ابزارآلات دقیق اندازه‌گیری، دمای زمین اندازه‌گیری شده است. اهداف اولیه تحقیقات عبارتند از پیدا کردن روش‌های مناسبی جهت نوسازی راههای موجود. هدف از یافتن این روش‌ها عبارت است از پایین آوردن هزینه‌های نگهداری و طول چرخه عمر راهها و همچنین ارتقای سطح ایمنی راهها. اداره فدرال راههای ایالات‌متحده آمریکا، وزارت حمل‌ونقل کانادا، مرکز حمل‌ونقل دانشگاه آلاسکا، دانشگاه لاوال، دانشگاه مونترال، و مؤسسات دولتی و عمومی کانادا برای تأمین مالی و حمایت از تحقیقات در این پروژه با یکدیگر همکاری و مشارکت می‌کنند.	تعداد قابل‌توجهی از زیرساخت‌های راه در منطقه Yukon بر روی توده‌های عظیم و عمیق یخی ساخته شده به همین دلیل راههای واقع در منطقه Yukon به عنوان پروژه‌های آزمایشی در نظر گرفته شده‌اند که بر مبنای این پروژه‌ها طراحی‌های جدید برای راههای واقع بر روی توده‌های عظیم یخی انجام می‌گیرد و راهکارهای جدیدی برای بخش هزینه‌های ساخت و نگهداری راههای تحت اثر تغییرات آب‌وهوایی توسعه و تکمیل خواهند شد. محل آزمایش‌ها در محدوده جنوبی آلاسکا و در منطقه Yukon ،Beaver creek می‌باشد.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

کانادا **تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی در Yukon: نقشه عملیاتی دولت محلی Yukon در برابر تغییرات آب‌وهوا، فوریه ۲۰۰۹** *http://www.environmentyukon.gov.yk.ca/pdf/YG_Climate_Change_Action_Plan.pdf*		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
بدون جواب: NA	اقداماتی که باید انجام شوند: • تکمیل ارزیابی میزان آسیب‌پذیری ریسک زیرساخت‌های Yukon و تعیین نوع راهکار سازگاری بر اساس آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها در برابر تغییرات آب‌وهوا (از قبیل چرخه بارش و چرخه یخ‌زدگی- ذوب). این ارزیابی‌ها میزان ریسک را برای زیرساخت‌های متعلق به دولت مشخص می‌سازد و همچنین راهبرد سازگاری مناسب را برای بکارگیری در برنامه‌های آتی، معین می‌سازد. • تکمیل و توسعه فهرست اطلاعات مربوط به توده‌های یخی عظیم و عمیق تغییر وضعیت توده‌های عظیم یخی یک ریسک بزرگ برای زیرساخت‌های Yukon محسوب می‌شود. در این پروژه اطلاعات مربوط به شرایط زمین‌شناسی در گذشته و حال ذخیره و نگهداری خواهد شد تا ظرفیت بالقوه تغییرات توده‌های یخی در آینده تعیین شود. این اطلاعات برای آگاهی مسؤولان تصمیم‌گیرنده مفید خواهد بود.	سازگاری با تغییر آب‌وهوا اولویت: زیرساخت دولت Yukon سرمایه‌گذاری بسیار عظیمی در زیرساخت‌هایی از قبیل راهها، پل‌ها، فرودگاه‌ها، ساختمان‌ها، خطوط فاضلاب و شبکه آب زیرزمینی انجام داده است. در زمان برنامه‌ریزی و همچنین اقدامات حفاظتی و مراقبتی از زیرساخت‌های موجود باید از ایمنی آنها اطمینان حاصل نموده و از نظر مسایل مالی نیز مسؤولیت‌پذیر بود. بدین منظور باید در تمامی امور اثرات ناشی از تغییرات آب‌وهوایی را لحاظ نمود. اقدامات در حال انجام در این منطقه شامل بکارگیری اقدامات و تجربیات مختلف در امر ساخت‌وساز به منظور کاهش تخریب توده‌های عظیم یخی، پایش توده‌های یخی و مناطق پر خطر برای طراحی آگاهانه توسعه و تکمیل سازه‌ها بر اساس اطلاعات و داده‌های به‌روز. این کار باعث می‌شود از تطبیق این سازه‌ها با جدیدترین معیارهای جهانی اطمینان حاصل گردد.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

کانادا **گزیده‌ای از نقشه‌های عملیاتی بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲ - کبک و تغییرات آب‌وهوا، چالشی برای آینده** *http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/plan_action/2006-2012_en.pdf*		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
بدون جواب:NA		اقدام ۲۳: اجرای تحقیقات و ارزیابی‌های گوناگون مرتبط با ذوب‌شدگی توده‌های عظیم یخی، مشکلات ناشی از فرسایش خط ساحلی و تطبیق دادن راهکارها با اثرات ناشی از تغییرات آب‌وهوایی پتانسیل کلی کاهش هزینه‌ها و اجتناب از افزایش قیمت‌ها: صفر میزان سرمایه‌گذاری: ۶/۶ میلیون دلار اثر تغییرات آب‌وهوایی بر محیط‌های حساس از قبیل توده‌های یخی بر سیستم‌های حمل‌ونقل موجود در این مناطق نیز اثرگذار هستند. دو پروژه تحقیقاتی مورد مطالعه قرار خواهد گرفت که در آنها چهار روش متفاوت برای کاهش اثرات ذوب‌شدگی توده‌های عظیم یخی بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل منطقه Nanavik بررسی خواهد شد. مناطق تحت مطالعه عبارتند از: جاده‌های دسترسی Salluit و فرودگاه آن به علاوه خط ساحلی Tosiujay. بودجه در نظر گرفته شده برای تحقیق روی ذوب‌شدگی توده‌های یخ واقع در منطقه فرودگاهی (راههای دسترسی و خط ساحلی) و زیرساخت‌های حمل‌ونقل دریایی در منطقه Nonavik به علاوه بررسی مسایل مربوط به فرسایش ساحلی ورودی خلیج سنت لارنس، صرف خواهد شد. در بین سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ حفاری‌های عمیقی برای به دست آوردن اطلاعات بیشتری از عمق بحرانی سنگ‌ها، صخره‌ها، خاک‌ها و توده‌های یخی در مناطق مستعد و آسیب‌پذیر فرودگاه انجام شد. برخی از تحقیقات مسایل مربوط به فرسایش ورودی خلیج سنت لارنس را بررسی می‌کنند و اطلاعات آن را به منظور شناسایی و تحلیل نقاط و سازه‌های آسیب‌پذیر در منطقه به‌روزرسانی می‌کنند. هدف سایر مطالعات، تحلیل سازه‌ای و حفاظت از خطوط ساحلی با در نظر گرفتن تغییرات آب‌وهوایی می‌باشد.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

کانادا

مناطق شمال غرب: تأثیرات تغییرات آب‌وهوا در مناطق شمال‌غرب و گزارش سازگاری

http://www.enr.gov.nt.ca/_live/documents/documentManagerUpload/NWT_Climate_Change_Impacts_and_Adaptation_Report.pdf

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
برنامه‌ریزی برای آینده عواقب ناشی از گرم شدن هوا بر توده‌های عظیم یخی و شرایط بارش احتمالاً اثرات به‌مراتب بیشتری بر ساختمان‌ها، زیرساخت‌های حمل‌ونقل و شرایط اجتماعی خواهد گذاشت. یافتن مؤثرترین راه برای مواجهه با این عواقب هر روز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. زیرساخت‌های حمل‌ونقل در مناطق شمال غربی کانادا به‌شدت در برابر تغییرات آب‌وهوا آسیب‌پذیر هستند. هزینه‌های اختصاص‌یافته برای تعمیر راهها و خطوط راه‌آهن آسیب‌دیده در برابر تغییرات جوی در حال حاضر در حدود یک‌میلیون دلار در سال است. ادامه روند گرم شدن احتمالاً تعداد و شدت این اثرات را بیشتر می‌کند، به‌خصوص اینکه ذوب توده‌های یخ به سمت شمال در حال پیشروی است. به علاوه، دوام و مقاومت راههای زمستانی در حال کاهش است و ممکن است نیاز به جایگزین کردن راهها وجود داشته باشد. انتقال هوایی اقلام موردنیاز باعث افزایش چشمگیر قیمت‌ها می‌شود. وزارت حمل‌ونقل گزارشی درباره تغییرات آب‌وهوایی و حمل‌ونقل در مناطق شمال غرب کانادا منتشر کرده است که به درک بیشتر اثرات ناشی از تغییرات جوی بر شبکه حمل‌ونقل، ارزیابی نقاط آسیب‌پذیر و شناسایی بهتر اقدامات تطبیقی و ارزیابی هزینه‌ها، کمک می‌کند.	از تأثیرپذیری تا تطبیق‌پذیری راههای زمستانی به دلیل کوتاه‌تر شدن فصل راهداری زمستانی، NWTHC اقدام به عقد قراردادهایی با فروشندگان اقلام مختلف کرده است که مطابق آن اجناس مورد نیاز یک ماه زودتر خریداری شوند. این قراردادها زمان بیشتری را در اختیار فروشندگان قرار می‌دهد تا مواد مورد نیاز خود را جابجا کنند و میزان جابجایی‌های خود را برنامه‌ریزی و زمان‌بندی نمایند و خود را در برابر احتمال وقوع محدودیت‌های جابجایی در راهها در فصل زمستان آماده سازند. ساخت پل‌ها بر روی رودخانه دره Mackenzie در حدود۱۰ سال پیش توسط وزارت حمل‌ونقل انجام شد و هدف از آن کوتاه کردن مسیرهای زمستانی بود. پل‌های دائمی زمان مورد نیاز برای ساخت جاده‌های کوهستانی را کاهش می‌دهند و گذرگاه‌های فصلی را در برابر ذوب‌شدگی برف‌ها محافظت نموده و کارایی جاده‌سازی کوهستانی را ارتقا می‌دهند. از فناوری پاشیدن یخ بر روی گذرگاه یخی نزدیک Fortprovidence استفاده می‌شود تا لایه ضخیمی از یخ ایجاد و ظرفیت باربری آن افزایش یابد و میزان جابجایی و خدمات‌رسانی راه در معادن مجاور منطقه Yellowknife کاهش پیدا نکند. قابلیت ارزیابی ضخامت یخ و موقعیت قرارگیری توده‌های یخی به واسطه استانداردهای ارتقا یافته حفاری زمین بهبود پیدا کرده است.	اثرات تغییرات آب‌وهوا در مناطق شمال غربی مؤسسه MBIS یک همکاری تحقیقاتی شش‌ساله با سازمان محیط‌زیست کانادا انجام داد که نتیجه آن در سال ۱۹۹۷ منتشر شد. در این گزارش اثرات بالقوه تغییرات آب‌وهوا تشریح شده است. گزارش MBIS به مواردی چون پایین آمدن سطح آب، ذوب شدن توده‌های یخ و سایر مشکلات ناشی از تغییرات آب‌وهوایی اشاره می‌کند. در این گزارش به جزییات کمی از مشکلات موجود در جاده‌های زمستانی در سال ۱۹۹۲ اشاره شده است. بیشتر مشکلات مطرح‌شده در این گزارش در طی بازه زمانی ۱۰ ساله (پس از انتشار گزارش) بروز کردند.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

کانادا

شهر تورنتو: طوفان‌های پیش رو- آمادگی در برابر تغییرات جوی

توسعه و تکمیل راهکارهای سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی ۱۸ آوریل ۲۰۰۸

http://www.toronto.ca/teo/pdf/ahead_of_the_storm.pdf

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
گزیده‌ای از گزارش شناسایی و ارزیابی گزینه‌های سازگاری برای هر یک از ریسک‌هایی که تغییرات آب‌وهوایی در تورنتو ایجاد کرده است، مجموعه‌ای از اقدامات حفاظتی امکان‌پذیر است. محققان محلی و سایر کارشناسان در نقاط دیگر، راهکارهای متنوع سازگاری را شناسایی و معرفی کرده‌اند. تمامی راهبردهای موجود و تحقیقات انجام‌شده باید جمع‌آوری و برای مجموعه شهری به کار گرفته شوند. باید بررسی شود که سایر شهرها از چه راهکارهایی برای کاهش آسیب‌پذیری خود در برابر تغییرات جوی استفاده کرده‌اند و سپس این نظریات را در مورد شهر تورنتو به کار برد. بسیاری از راهکارهای سازگاری که شناسایی شده‌اند، منافع زیادی دارند. شهر تورنتو بسیاری از این راهکارها به کار گرفته است. با این‌وجود همچنان مشخص نیست که آیا این اقدامات تمامی نیازهای شهر را تأمین و حفاظت می‌کنند یا خیر. همچنین تعداد زیادی از راهکارهای سازگاری وجود دارند که می‌توان آنها را از طریق آزمایش نقاط آسیب‌پذیر یا فعالیت‌های کارگروه‌های ویژه، شناسایی و تکمیل کرد.	گزیده‌ای از گزارش اجرای یک ارزیابی رسمی ریسک برای اولویت‌بندی اثرات و اقدامات با این که تدوین یک فهرست از ریسک‌ها و نقاط آسیب‌پذیر گام مهمی است، مجموعه شهری قادر به مقابله با تمامی اثرات بالقوه نخواهد بود. اولویت‌بندی ریسک‌ها مطابق با احتمال وقوع آنها و شدت وقوع آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از راهها برای ارزیابی اثرات ناشی از تغییرات جوی و اولویت‌بندی آنها عبارت است از فرایند ارزیابی ریسک. ارزیابی ریسک احتمال یا انتظار وقوع هر یک از آثار ناشی از تغییرات جوی را پیش‌بینی و بررسی می‌کند. همچنین برای هر یک از آثار ناشی از تغییرات جوی یا مواردی همچون پتانسیل بالقوه شدت اثر و تأثیرات فیزیکی و زیست‌محیطی آن، سلامت شهروندان تورنتو و هزینه‌های اقتصادی کل ارزیابی می‌گردد. کارکنان باید از تغییرات شرایط جوی آگاه باشند و همچنین باید اجرای روش‌های ارزیابی ریسک را فرا گرفته و دانش تخصصی خود را درباره زیرساخت‌های شهری و کاربری آنها به کار بگیرند. این نوع ارزیابی‌ها یک دانش قطعی به‌حساب می‌آیند اما نمی‌توانند در شناسایی اولویت‌های مربوط به آثار ناشی از تغییرات جوی مفید باشند. زمانی که این روش‌های ارزیابی ریسک تکمیل شده و به شرکت‌های مشاور گزارش می‌شوند؛ شهر می‌تواند فهرست کوتاه‌تری در اختیار داشته باشد و تمامی انرژی و منابع خود را بر روی این فهرست متمرکز نماید.	گزیده‌ای از گزارش تدوین یک راهبرد جامع سازگاری تدوین یک راهبرد جامع سازگاری باید شامل گام‌های زیر باشد: • ایجاد یک مکانیزم داخلی و پیشرفت تدریجی در فرایند تکمیل منسجم راهکارهای تطبیقی چند ساله؛ • مشارکت دادن افراد جامعه، تجار و سایر گروه‌های ذینفع؛ • دخیل کردن راهکارهای سازگاری در سیاست‌گذاری‌های شهری و طرح‌های کلان؛ • استفاده از بالاترین سطح علوم جهت تحلیل چگونگی تغییرات محلی آب‌وهوا و اینکه در آینده احتمالاً چه تغییراتی ایجاد می‌شود؛ • استفاده از روش‌های تحلیلی برای شناسایی نقاط آسیب‌پذیر در برابر تغییرات جوی در شهر تورنتو؛ • بکارگیری روش ارزیابی ریسک به‌منظور شناسایی و اولویت‌بندی آثار ناشی از تغییرات جوی؛ • مشاهده تغییرات جوی، ارزیابی اثربخشی راهکارهای تطبیقی در محافظت از شهر و تنظیم کردن راهکارهای موردنیاز. با این‌وجود این فرایند نیازمند تحقیقات بیشتری است. البته این بدان معنی نیست که شهر باید تمامی اقدامات خود در حوزه سازگاری را به تعویق بیاندازد یا فعالیت‌هایی را که در صفحات قبل به آنها اشاره شد توسعه ندهد و تکمیل نکند.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

کارائیب شرقی **ارزیابی آثار ناشی از تغییرات آب‌وهوایی بر زیرساخت‌های ساحلی در کارائیب شرقی** برنامه‌های بین‌المللی سازمان هواشناسی و اقیانوس‌شناسی *http://www.caricom.org/jsp/projects/macc%20project/cpacc.jsp*		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
• افزایش ارتفاع راهها و زیرساخت‌ها در امتداد نوار ساحلی • تقویت زیرساخت‌های بندری به منظور حفاظت از آنها در برابر خسارات ناشی از امواج خروشان • حفاظت از پایه‌های پل‌ها و زمین‌های مجاور به‌وسیله سنگ‌چین • افزایش ظرفیت آبروها • افزایش ارتفاع اسکله‌ها و باراندازها • مقاوم‌سازی سایر تجهیزات به منظور تخلیه مناسب محموله‌ها	• کاهش ساخت‌وسازهای جدید در نواحی پرخطر و کم ارتفاع • تجدید نظر در آیین‌نامه‌های ساختمانی و اجرای قوانین و مقررات سخت‌گیرانه در حوزه ساخت‌وساز • بهبود روش‌های ساخت‌وساز از قبیل تقویت اتصالات، اتصال بادبندها از طریق پیچ و پرچ، طراحی بهتر در برابر طوفان‌های شدید و سیلاب‌ها • تبیین و توسعه یکپارچه برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در ساخت‌وسازهای نوار ساحلی، یکپارچه‌سازی دیوارهای حایل ساحلی به‌منظور جلوگیری از رانش زمین، فرسایش خاک و اثرات ناشی از وقوع طوفان و امواج خروشان بر زیرساخت‌های ساحلی • طراحی و ساخت سازه‌های مقاوم از قبیل دیوارهای دریایی به‌منظور محافظت از سازه‌های موجود در نوار ساحلی، مطالعات مدیریت شن و ماسه • طراحی دیواره‌های محافظ در امتداد خط ساحلی و اجرای طرح عقب‌نشینی در ساخت‌وسازها • استفاده فزاینده از GIS و اپلیکیشن‌های سنجش از راه دور • توسعه و تلفیق نقشه‌های خطر در نواحی ساحلی بر اساس تغییرات آب‌وهوایی و ادغام این نقشه‌ها با سایر نقشه‌های موجود • ارتقای کیفیت سیستم‌های زهکش	برنامه‌ریزان در منطقه کارائیب به‌منظور اجرای اقدامات سازگاری در برابر تغییرات آب‌وهوایی، ۱۸ سیستم نظارت و مشاهده را در ۱۲ جزیره موجود در کشورهای مختلف احداث کرده‌اند. این سیستم‌ها شامل مرکز مدیریت داده‌ها، شبکه‌های اطلاعاتی، مراکز اندازه‌گیری تغییرات دما، اندازه‌گیری ارتفاع سطح آب دریا، اندازه‌گیری فشار بارومتریک، اندازه‌گیری سرعت و جهت باد می‌شوند. • تفسیر افزایش ارتفاع آب دریا (cm) به میزان عقب‌نشینی افقی ساحلی (m) • شناسایی مراکز جمعیتی آسیب‌پذیر و زیرساخت‌هایی که در مناطقی با قابلیت‌های ساحلی ضعیف قرار دارند. • ارزیابی فرایند توسعه محور و شناسایی مناطقی که توسعه ساخت‌وسازها در آن مناطق بدون مشاوره‌های دقیق انجام شده است. این‌گونه ساخت‌وسازها منجر به ایجاد ساخت‌وسازهای آسیب‌پذیر در مناطق پرخطر می‌شود.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

اروپا **سازگاری اروپا با تغییرات آب‌وهوایی، مقایسه راهبردهای ملی تطبیق‌پذیری** تهیه‌شده به منظور مشارکت در پژوهش‌های زیست‌محیطی اروپا با همکاری راب سوارت، رابرت بیزبروک، اسون بینراپ، تیموتی آر کارتر، کارولین کوان، توماس هاینریش، سوفی لوکن، هانا ملا، فت، موریس ریز و دانیلا ری *http://www.peer.eu/fileadmin/user_upload/publications/PeeR_ Report1.pdf*		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
بدون جواب: NA	بسیاری از راهبردهای فعلی همچنان به‌صورت نسبی و عمومی هستند. به همین منظور راهبردهای تطبیقی باید در مراحل بعدی تشکیل شده و توسعه یابند.	نتایج و گزارش‌های حاصل از انجام پروژه‌ها: آنالیز مقایسه راهبردهای ملی سازگاری در کشورهای عضو اتحادیه اروپا .این گزارش بر روی ۶ جنبه مهم تأکید و تمرکز می‌کند: سیاست‌های سازگاری، تقابل بین علم و سیاست، ارتباطات و ارتقای آگاهی عمومی، پیوستگی سیاست‌ها، سطوح مختلف حاکمیتی، اجرا و ارزیابی.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

اروپا

مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات آب‌وهوا (RIMAROCC)

ERA-NET ROAD - هماهنگی و اجرای تحقیقات راه در اروپا، اقدام هماهنگی است که توسط ششمین برنامه ی جامع اتحادیه اروپا تأمین مالی می‌شود. "چالش کاربران راه با تغییرات آب‌وهوا"، برنامه تحقیقاتی مشترک فراملی است که به وسیله ERA-NET ROAD (enr) آغاز شده است. ۱۱ کشور عضو اتحادیه اروپا در این برنامه مشارکت دارند. چهار پروژه پوشش‌دهنده موضوعات زیر از سال ۲۰۰۸ آغاز شده‌اند: نگهداری زمستانی (IRWIN), روسازی‌ها (P2R2C2), تحلیل/ مدیریت ریسک (RIMAROCC) و سیستم‌های زهکش (SWAMP).

این پروژه‌ها هنوز در حال اجرا هستند. مطالعه موردی اخیر روی موضوع تحلیل مدیریت ریسک تمرکز کرده است و توسط کنسرسیومی متشکل از SGI (به عنوان راهبر)، Deltares،Egis و NGI اجرا می‌شود.

http://www.road-era.net/

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
بدون جواب: NA	بخش مدیریت ریسک رویکرد RIMAROCC به صورت زیر شکل گرفته است: **۵. کاهش ریسک** ۱.۵. شناسایی گزینه‌ها ۲.۵. ارزشیابی گزینه ۳.۵. مذاکره با مؤسسات سرمایه‌گذار ۴.۵. ارایه طرح‌های عملیاتی **۶. اجرای طرح‌های عملیاتی** ۱.۶. تدوین طرح‌های عملیاتی در هر سطح مسؤولیت ۲.۶. اجرای طرح‌ها **۷. پایش، طراحی مجدد و سرمایه‌گذاری** ۱.۷. پایش منظم و بازنگری ۲.۷. طراحی مجدد در صورت دریافت داده‌های جدید یا تأخیر در اجرا ۳.۷. تبدیل سود به سرمایه ناشی از پیشرفت‌های اجرایی پروژه و رویدادهای آب‌وهوایی **ارتباطات و جمع‌آوری اطلاعات** رویکرد عمومی هواشناسی بر مبنای ۴ سطح زیرساختی اصلاح شده است: • سازه (به طور مثال یک پل) • مقطع (مانند از ۱۰ تا ۵۰ کیلومتر) • شبکه (چندین هزار کیلومتر) • حوزه‌های منطقه‌ای (مانند شبکه راه+ منطقه تحت سرویس‌دهی شبکه)	پروژه RIMAROCC اخیرا آغاز شده است. بخشی از گرایش‌ها و رویکردهای این پروژه از قبل اعتبارسنجی شده‌اند. رویکرد ارزیابی ریسک ترکیبی از روش‌های متفاوت اجراشده در اروپا (هلند, انگلستان و فرانسه) است که با پیش‌نویس استاندارد ISO 31000 آمیخته شده است. این پروژه در چهار مرحله شکل گرفته است: **۱. تحلیل محتوا** ۱.۱. ایجاد محتوای عمومی ۲.۱. ایجاد محتوای مناسب سطح زیرساخت خاص ۳.۱. ایجاد ضوابط و شاخص‌هایی برای سازگاری هر سطح از فعالیت‌ها **۲. شناسایی ریسک** ۱.۲. شناسایی عوامل ریسک ۲.۲. شناسایی نقاط آسیب‌پذیر ۳.۲. شناسایی عواقب احتمالی **۳. تحلیل ریسک** ۱.۳. تحلیل کمّی ۲.۳. سناریوهای مربوط به ایجاد ریسک ۳.۳. ارزیابی پیامدها **۴. ارزیابی ریسک** ۱.۴. ارزیابی جنبه‌های کمّی با تحلیل مناسب (تحلیل هزینه/ فایده یا سایر تحلیل‌ها) ۲.۴. مقایسه ریسک آب‌وهوا با سایر انواع ریسک ۳.۴. تعیین ریسک‌های قابل قبول

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

فرانسه

پروژه GERICI: مدیریت ریسک مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی برای زیرساخت‌ها

RGCU (مهندسی عمران و شبکه شهری) با مشارکت مالی وزارت امور عام‌المنفعه, برنامه‌ای تحقیقاتی را در سال ۲۰۰۳ راه‌اندازی کردند که اثرات تغییرات جوی را بر روی شبکه زیرساخت حمل‌ونقل بررسی می‌کرد. خروجی اصلی این برنامه طراحی صحیح ابزاری با نام GERICI بود (مدیریت ریسک مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی برای زیرساخت‌ها) که برای متصدیان زیرساخت‌ها به وسیله گروه مهندسی EGIS و با همکاری دو شرکت بزرگراهی (ASF و SANEF) توسعه یافت و تکمیل شد.

http://www.road-erahttp://www.egis.fr/la-culture-de-l-innovation.net/

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
بدون جواب: NA	• بر اساس تحلیل اجتماعی- اقتصادی, پروژه به سازمان‌های تصمیم‌گیرنده در حوزه راه کمک می‌کند تا اولویت‌های سرمایه‌گذاری را در نظر بگیرند و بهترین سناریو مرتبط را بر مبنای شرایط اضطراری تعریف کنند. • این پروژه همچنین برای پیش‌بینی‌های هواشناسی نیز استفاده می‌شود. این ابزار دارای ۲ حالت شبیه‌سازی و اعلام هشدار هواشناسی توسط سازمان‌های هواشناسی می‌باشد. • شبیه‌سازی برای بررسی آف‌لاین اجزای زیرساخت، مستعد ایجاد اتصالات ضعیف در شرایط جوی نامساعد و اضطراری انجام می‌شود. انگیزه اصلی شبیه‌سازی در موارد متعدد و نامحدود عبارت است از بررسی عملکرد مختلف اجزای مختلف یک زیرساخت. به طور مثال یکی از این شبیه‌سازی‌ها عبارت است از افزایش تدریجی شدت حوادث طبیعی و تعیین واکنش اجزای سازه‌ای در برابر این حوادث. پس از شناسایی اجزا و اتصالات ضعیف در زیرساخت, می توان این عوامل را تحت مراقبت و بهبود قرار داد. ترکیب پدیده‌های جوی را نیز می‌توان شبیه‌سازی کرد. نتایج شبیه‌سازی‌ها می‌تواند برای تحلیل‌های بعدی ذخیره و استفاده شود. • هنگامی توسط سازمان‌های هواشناسی یا ادارات پیش‌بینی سیل هشدار اعلام می‌شود, میزان شدت این پدیده‌های جوی به منظور اندازه‌گیری میزان عواقب احتمالی و جانی در زیرساخت‌ها مدلسازی می‌شوند. سازمان‌های ذی‌ربط این فرصت را دارند که مطابق با حوادث واکنش نشان دهند. می‌توان هشدار را به نقشه **GIS** متصل کرد و به وسیله کامپیوتر واکنش سریع‌تری به حوادث نشان داد. متصدیان راه طیف وسیعی از ابزارها را در اختیار دارند که حوادث را پیش‌بینی کنند و واکنش‌های خود را با آنها انطباق دهند.	• بر اساس تحلیل ریسک, برنامه GERICI یک مدل GIS را برای اندازه‌گیری آسیب‌پذیری تمامی اجزای حساس یک زیرساخت جاده‌ای تهیه نموده است. • روش تحلیل ریسک, اصول مربوط به مدیریت ریسک را در مناطق بسیار حساسی از قبیل صنایع هسته‌ای به کار می‌گیرد. این روش تحلیلی امکان مدلسازی خطر به صورت کلی، به عنوان زنجیره‌ای از فرایندهایی که به منبع خطر ایجاد اثرات فاجعه‌بار برای زیرساخت‌ها, کاربران, ساکنان، محیط زیست و غیره می شوند را فراهم می‌سازد. • منشا ایجاد خطرات یا حوادث غیرمترقبه در پروژه GERICI عواملی مانند سیل, باد, برف, دمای پایین و دمای بالا می‌باشند. هر حادثه غیرمترقبه به عنوان یک منبع بلندمدت ایجاد خطر برای زیرساخت‌ها و اجزای آنها و همچنین پیوستگی خدمت‌رسانی (تردد) و ساکنان منطقه مورد توجه قرار می‌گیرد. • هر منطقه از یک راه یا آزادراه, موضوع یک تحلیل مفصل برای شناسایی آسیب‌پذیری احتمالی آن در برابر حوادث غیرمترقبه می‌باشد. هفت ناحیه و حوزه اصلی می‌تواند مورد تحلیل قرار گیرد. حوزه‌های آبریز اصلی و فرعی (مساحت حوزه آبریز کمتر از ۲ کیلومتر مربع) و سازه‌های زهکش, سازه‌های مهندسی، تجهیزات, ژئوتکنیک، محیط زیست و روسازی‌ها. در هر یک از این حوزه‌ها ,مؤلفه‌ها و اجزای زیرساخت بر اساس میزان حساسیت طبقه‌بندی می‌شوند. • تنوع میزان شدت حوادث غیرمترقبه ایجاد سه آستانه را در هر یک از اجزای سازه‌ای امکان‌پذیر نموده است: سطح تراز (تعادل), سطح بحرانی و سطح شکست (گسست). ضرایب وزنی می‌تواند در این سطوح اعمال شوند و در محاسبه مؤلفه‌های تشدید یا سایر مؤلفه‌ها مورد استفاده قرار گیرند (ضرایبی مانند ضریب سستی سازه و ضریب عمر سازه).

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

ژاپن

کمیته فرعی سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی و کنترل سیلاب, کمیته بخش رودخانه, گزارش سیاست توسعه زیرساخت‌ها (ژوئن ۲۰۰۸)

http://www.road-erahttp://www.mlit.go.jp/river/basic_ info/english/pdf/policy _ report.pdf

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
• افزایش کاربری مؤثر سازه‌ها و ارتقای عمر مفید سازه‌های فعلی که تحت استفاده هستند. • تغییر کاربری زمین یا روش‌های زندگی که خرابی را به حداقل برسانند. • محدودیت نوع کاربری اراضی با طراحی الگوی مناطق مستعد وقوع حادثه. • برنامه‌ریزی جامع برای افزایش مقاومت در برابر طغیان رودخانه‌ها. • ساخت یک شبکه وسیع پیشگیری از فاجعه که خاکریزها و مسیرهای واقع در بستر رودخانه‌های خشک و شاهراهها را در مواقع بحرانی به هم متصل می‌کند. • تقویت و اثربخشی اقدامات در مراحل اول وقوع فاجعه به منظور کاهش صدمات و راه‌اندازی مجدد زیرساخت‌ها در زمانی کوتاه و بالا بردن آمادگی و سازمان‌دهی کارها برای دستیابی بهتر به اهداف. • به اشتراک‌گذاری اطلاعات اولیه در مورد شدت ریسک ناشی از سیل • به اشتراک‌گذاری همزمان اطلاعات	• شاخص نیروی خارجی با افزایش گرمای کره زمین بالا می‌رود. به منظور کاهش خطر ریسک بلایای طبیعی باید شاخص آمادگی در مقابل بلایای طبیعی را بالا برد. می‌توان این شاخص را از طریق ساخت سازه‌های اندازه‌گیری , تجدید نظر در کاربری اراضی و افزایش قدرت مدیریت ریسک بالا برد. افزایش آمادگی در برابر بلایای طبیعی , ریسک ناشی از خطرات را کاهش می‌دهد که می‌تواند شاخص خسارت و اثرات ناشی از آن را کاهش دهد. • سیاست‌ها باید پس از بازنگری جامع روابط میان موارد ارزیابی، تبادلات و هزینه‌ها با درنظر گرفتن اهداف، تعیین شوند.	• پیش‌بینی مقادیر بارش در آینده در سناریو A1B مدل GCM2O بر مبنای پیش‌بینی حداکثر مقدار بارش روزانه در یک سال پایه‌گذاری می‌شود. • درجه کاهش ایمنی سیل‌بندهای ۸۲ رودخانه با طبقه‌بندی A بر اساس تغییرات منطقه‌ای حداکثر بارش سالانه در یک بازه ۱۰۰ ساله به صورت موقت تخمین زده می‌شود و این میزان کاهش با استفاده از مدل GCM2O تعریف می‌شود. • برای ۹ رودخانه با طبقه‌بندی A از حداکثر عمق بارش روزانه (PMP) برای سازگاری استفاده می‌شود که میزان اوج خروجی رودخانه با فرض افزایش PMP از ۱/۱ به ۱/۵ برابر تخمین زده می‌شود. • میانگین ۹۲۱ فاجعه مرتبط با گل‌ولای در ۳۰ سال گذشته محاسبه می‌شود. افزایش تعداد و شدت این رویدادها نشان‌دهنده متغیر بودن شرایط جوی است. بر اساس پروژه IPCC در صورت افزایش گرمای کره زمین، شدت و تکرار وقوع این رویدادها افزایش می‌یابد.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

ژاپن **پروژه‌ای برای نمایش جامع اثرات تغییرات آب‌وهوایی، گزارش دوم** وزارت محیط زیست, صندوق جهانی پژوهش‌های راهبردی محیط زیست		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
بدون جواب: NA		• یکپارچه‌سازی مدل‌های ارزیابی - یک مدلسازی یکپارچه و به هم پیوسته به منظور بهبود دقت تحلیل و ارزیابی میزان افزایش دمای کره زمین و کنترل شاخص‌هایی از قبیل تثبیت مقادیر گازهای گلخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین روش‌های اقتصادی مؤثر خروج گازهای گلخانه‌ای بررسی می‌شود. - معادل‌سازی شدت تغییرات جوی: دمای ۳ درجه سانتی‌گراد, تأثیرات ناشی از کربن در مشاهدات لحاظ نشده است. - روش‌های انتشار مختلفی برای تحقق سناریوهای پایدارسازی وجود دارد که از آن میان یک مثال ارایه می‌شود. - GCM مورد استفاده برای تهیه سناریوهای آب‌وهوایی (مقیاس الگو) توسط منطقه با استفاده از تغییرات دمای میانگین جهانی: بکارگیری MIROC3.2 . - یک سناریو اقتصادی (BaU) و دو سناریو برای تثبیت گازهای گلخانه‌ای (GHG) در نظر گرفته شده است. - حوزه‌های هدف‌گذاری شده: منابع آب, جنگل‌ها, کشاورزی, نواحی ساحلی, بهداشت عمومی.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

ژاپن -کانتو **رودخانه** Arakawa**, رودخانه** Tone کمیته تحقیقات ویژه مربوط به اندازه‌گیری خسارت ناشی از سیل در مقیاس بالا دفتر هیأت دولت ژاپن		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
بدون جواب: NA	• بر مبنای نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها, تمامی اقداماتی که سازمان‌ها در جهت جلوگیری از ایجاد خسارت انجام می‌دهند و تمامی فعالیت‌های مراقبتی و اقتصادی که به صورت مداوم از طرف ساکنین منطقه و سرمایه‌گذاران صورت می‌گیرند باید مطابق مراحل زیر باشند: (۱) اقدامات پیش از وقوع فاجعه (۲) اقدامات پس از وقوع فاجعه (۳) اقدامات در مرحله بازیابی/ احیا (۴) اقدامات اولویت‌دار به منظور اعمال قانون مرتبط	• برآورد خسارت در زمان حداکثر شدت وقوع سیل • تعدادی از شرایط معمول به عنوان نمونه‌های آزمایشی جهت تعیین تخمین حداکثر مقیاس وقوع سیل در رودخانه‌های Tone و Arakawa و خلیج توکیو انتخاب شده‌اند. • درک کمّی (عددی) هزینه‌های خسارات مستقیم و غیرمستقیم و صدمات وارد شده بر انسان‌ها و تجهیزات • پیش‌بینی خسارات کیفی برای مواردی که بیان عددی خسارات دشوار باشد.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

ژاپن-کانتو **متروی توکیو، هسته مرکزی سیستم حمل‌ونقل ریلی در منطقه کلان‌شهری توکیو** کمیته تحقیقات ویژه مربوط به اندازه‌گیری خسارت ناشی از سیل در مقیاس بالا دفتر هیأت دولت ژاپن		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
با انجام اقدامات ضد آب ساکن در مسیر ورودی و خروجی ایستگاه‌های مترو و دهانه‌های تونل، می‌توان سیلاب در این نقاط را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد.		• بر اساس فرضیات صورت گرفته در مورد طغیان رودخانه Arakawa • میزان سیل جاری شده در ورودی مترو و تونل‌های داخلی ایستگاه‌ها بر مبنای عرض دهانه تونل و عرض ورودی و همچنین تجهیزات نصب شده در ایستگاه‌ها محاسبه شده است. • مقادیر سیلاب جمع‌شده در بخش‌های مختلف تونل‌ها محاسبه می‌شود و همچنین عمق آب نیز بر مبنای رابطه میان حجم و عمق آب و غوطه‌وری سازه‌ای در هر ناحیه محاسبه می‌گردد. • مقدار آب جمع شده در هر بخش بیشتر از حجم روان‌آب ناشی از سیلاب در نقاط اتصال تونل‌ها به هم تخمین زده می‌شود • مقادیر آب خروجی از ایستگاه‌ها و دهانه‌های ورودی و خروجی مترو در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شوند.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

مکزیک

تغییرات آب‌وهوا: نمایی از مکزیک

این گزارش بر مبنای ۳۰ مقاله مختلف در مورد تغییرات جوی در مکزیک جمع‌آوری و تألیف شده است.

بر اساس این گزارش، اصلی‌ترین تغییرات آب‌وهوایی در مکزیک عبارتند از: ۱) افزایش شدت تندبادها و طوفان‌های دریایی و بالا آمدن سطح آب دریاها و تغییرات آب‌وهوایی مرتبط با پدیده ال نینو؛ ۲) افزایش موج گرما, خشکسالی و بیابان‌زایی در شمال مکزیک و ۳) افزایش شدت بارندگی‌ها در جنوب مکزیک.

http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/437.pdf

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
• اجرای ارزیابی ریسک زمین لغزه با در نظر گرفتن افزایش تنش برشی مصالح ایجادکننده شیب ناشی از بارش شدید یا رگبار (مروری بر مدیریت و ارزیابی ریسک زمین لغزه، F.C.Dai, C.F.Lee, Y.Y.Nagi) • تلاش به منظور احیای محدود اراضی به خصوص در مناطق جنوبی مکزیک که دچار جنگل زدایی های زیادی شده اند. به این منظور باید شیب‌ها را تثبیت کرد و از وازدگی و رانش خاک جلوگیری نمود. • اجرای ارزیابی‌های ریسک بیابان‌زایی برای زیرساخت‌های حمل‌ونقل • استفاده از سیمان‌های کم‌آب (بکارگیری حجم بالایی از ماسه بادی و سیمان‌های غیر هوازی) • تقویت باراندازها, اسکله‌ها و پایانه‌های کشتیرانی واقع در مناطق مستعد طوفان‌های دریایی • احداث مسیرهای خروجی اضطراری بیشتر در مناطق پرجمعیت و نواحی توریستی ساحلی در امتداد خط ساحلی دریاها	• تدوین طرح‌های تخلیه حمل‌ونقل در مناطقی با ریسک بالای سیلاب • ارتقای سیستم‌های زهکشیدر مناطق شهری با ریسک بالای سیلاب • محدود کردن توسعه‌های جدید در مناطقی با ریسک بالای سیلاب؛ دارای خاک با پایداری ضعیف؛ آسیب‌پذیری بالا در برابر گردباد و رگبارهای شدید. • تدوین/ بهبود استانداردهای ساخت‌وساز و طراحی زیرساخت در مناطق آسیب‌پذیر. • انجام مطالعات تحلیل اثرات افزایش سطح آب دریا بر زیرساخت ساحلی و ارزیابی الزامات حفاظت و پیدارسازی سواحل به منظور کاهش خطر فرسایش. • سازگار نمودن فعالیت‌های ساخت‌وساز در راستای به حداقل رساندن تقاضای آب در مناطق خشک.	• تغییرات مورد انتظار در میزان بارش ماهانه و دمای شمال مکزیک در سال ۲۰۲۰ در مقایسه با میانگین بلندمدت با استفاده از مدل ECHAM ارایه شده توسط مؤسسه مکس پلانک, پیش‌بینی می‌شود. • مدل CCA (مرکز بررسی‌های جوی) به منظور تعیین تعادل هیدرولوژویک گرمایی (MBTH) و ارزیابی آسیب‌پذیری هیدرولوژیک در برابر تغییرات آب‌وهوایی تهیه شد. مدل MBTH بر اساس پیش‌بینی‌هایی برای سال‌های ۲۰۵۰ یا ۲۰۷۵ پایه‌گذاری شده است. این مدل بر مبنای سه مدل GFDLR30 ، CCCM و MTC طراحی شده است. • آسیب‌پذیری نواحی صنعتی با استفاده از داده‌های بدست آمده از مدل‌های CCCM و GFDLR30 و شاخص‌های آسیب‌پذیری تعیین شد. • آسیب‌پذیری در برابر بیابان‌زایی با استفاده از مدل‌های CCCM و GFDLR30 و موقعیت جغرافیایی، شرایط شیب‌بندی (پستی‌وبلندی‌ها), شرایط جوی, مشخصات زمین‌شناختی و خاک‌شناختی و خاک‌شناسی تعیین شد. این سناریوها و طرح‌ها بر اساس میزان فعلی خطر بیابان‌زایی و همچنین احتمال تغییرات جوی ناشی از دو برابر شدن میزان دی‌اکسیدکربن, تدوین شدند (سناریوهای آینده: ۲۰۲۵). این نتایج در نقشه‌های مکزیک مناطقی را با افزایش و همچنین کاهش ریسک فرسایش زمین نشان می‌دهد.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

مراکش

مطالعه آزمایشی بر روی سازگاری بخش حمل‌ونقل با تغییرات آب‌وهوا

سرمایه‌گذاری بر روی این پژوهش توسط بانک جهانی انجام شده است و توسط مؤسسه بین‌المللی Egis BCEOM در سال ۲۰۰۸ صورت گرفته است.

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
این پژوهش مجموعه‌ای از اقدامات عملی و پیشگیرانه را تشریح می‌کند: • ارتقای دانش و توسعه امکانات نهادهای تصمیم‌گیرنده • اولویت‌بندی اقدامات مربوط به حوزه انطباق‌پذیری: تهیه فهرست منظمی از تمامی نقاط آسیب‌پذیر در شبکه حمل‌ونقل با در نظر گرفتن خطرهای ناشی از تغییر شرایط جوی, تغییر در آیین‌نامه‌های ساخت‌وساز به ویژه در بخش سازه‌های هیدرولیکی، بکارگیری تحلیل سود-هزینه‌در سرمایه‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌های مهم, پیش‌بینی و مدیریت همزمان رویدادهای شدید با استفاده از ابزارهای ویژه (مانند GIS و سیستم مدیریت داده‌های مرتبط), تعریف و زمان‌بندی برنامه‌هایی برای بازسازی و مقاوم‌سازی زیرساخت‌های مهم که احتمال تأثیرپذیری آنها از تغییرات جوی می‌رود. • تقویت چارچوب سازمانی	بخش مدیریت ریسک این پژوهش به آمادگی فعلی سازمان‌های مراکشی اشاره می‌کند: • انجام مصاحبه‌هایی با سازمان‌های ذی‌ربط مراکشی به منظور ارزیابی دانسته‌ها و دانش آنها و همچنین علاقه‌مندی این سازمان‌ها برای انجام اقدامات لازم جهت سازگاری با تغییرات آب و هوایی در بخش حمل‌ونقل. • جمع‌آوری, مرور و ارزیابی همه اطلاعات موجود درباره نقاط آسیب‌پذیر جاده‌ای و ریلی در مراکش. همچنین بررسی اثرات مخرب رویدادهای شدید آب‌وهوایی بر روی زیرساخت‌های شبکه ریلی و نیز خدمات حمل‌ونقل و اقدامات سازگاری احتمالی.	روش ارزیابی ریسک بر مبنای مراحل زیر است: • بر اساس اطلاعات موجود (به ویژه اطلاعات بلندمدت هواشناسی), با استفاده از دو مورد مطالعاتی, می‌توان نوع‌شناسی رویدادهای شدید آب‌وهوایی و تأثیرات آن را بر حمل‌ونقل و خطوط ریلی, تعریف نمود. • شناسایی مهمترین نقاط آسیب‌پذیر در زیرساخت‌های حمل‌ونقل، با توجه به رویدادهای شدید جوی. • تشریح اثرات بالقوه رویدادهای آب‌وهوایی با توجه به اقدامات صورت گرفته برای نگهداری و بهره‌برداری از زیرساخت‌های جاده‌ای. ارزیابی‌های تقریبی از هزینه‌های ناشی از اثرات رویدادهای شدید جوی.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

پرو

ارزیابی اثر پدیده ال‌نینو بر روی شبکه جاده‌ای ساحلی

پدیده ال‌نینو سبب ایجاد خسارت‌های فراوانی به نواحی ساحلی پرو و به ویژه زیرساخت‌های جاده‌ای شده است. این پدیده به صورت منظم هر ۴۰ سال یکبار اتفاق می‌افتد, اما رابطه بین شدت وقوع سیل و تغییرات کلی شرایط آب‌وهوایی تاکنون به صورت شفاف توسط کارشناسان تعریف نشده است. این مطالعه بخشی از برنامه‌ای بود که توسط دولت پرو به منظور سرمایه‌گذاری برای بازسازی زیرساخت‌های آسیب‌دیده در اثر سیل (به ویژه پل‌ها و جاده‌ها), راه‌اندازی شد. این برنامه در سال ۱۹۹۹ توسط کنسرسیوم بین المللی EGIS BCEOM (به عنوان مجری اصلی) و گروه مشاورین SOFI و IRD اجرا شد.

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
به منظور سازگاری زیرساخت‌های حمل‌ونقل توصیه‌های زیر ارایه شده‌اند: • بررسی دقیق سیلاب‌های جدید به منظور اندازه‌گیری حساسیت سازه‌ها (مطابق با نوع سازه و آسیب‌پذیری محیط پیرامون و هزینه‌های مرتبط). • ساخت سازه‌های محافظ در مقابل سیل (برای مثال کانال‌هایی برای متمرکز کردن سیل). • ایجاد جاده‌هایی در مجاورت مکان‌های حساس. • مقاوم‌سازی فونداسیون پل‌های آسیب‌پذیر • جلوگیری از کاربرد راههای موجود به عنوان آب‌بند. به جای بازسازی پل‌های پرهزینه با عدم اطمینان در خصوص عمر دهانه‌های آنها، در برخی محل‌های مهم تصمیم گرفته شد سازه‌های مستغرق در زمان وقوع ال‌نینو ساخته شود که این زیرساخت‌ها در زمان‌های دیگر به روی تردد وسایل نقلیه باز خواهند بود.	مدیریت ریسک با بکارگیری مقیاس‌های منطقه‌ای, راهکارهای بین‌المللی در حوزه هواشناسی و با تقویت سازمانی ادارات ملی انجام گردید. همچنین برخی از خصوصیات فنی به منظور ارتقای کیفیت مدیریت ریسک در پدیده ال‌نینو مطابق با موارد زیر لحاظ شدند: • مشاهده متغیرهای هیدرولوژی در زمان حقیقی. • ضرورت وجود تجهیزات اندازه‌گیری و قرارگیری آنها در یک موقعیت منطقه‌ای دقیق. • برنامه‌های تعمیر و نگهداری برای ایستگاه‌های اندازه‌گیری (تخمین تعداد دقیق کارکنان مورد نیاز). • بکارگیری روش‌ها و مدل‌های موجود برای محاسبه مقدار و تکرار وقوع سیل و همچنین برای تخمین میزان جریان ورودی به سازه‌های هیدرولیکی.	هدف از انجام این پژوهش عبارت بود از: تحلیل پیوستگی و ارتباط میان پدیده ال‌نینو و خصوصیات هیدرولوژی در راستای یک راهکار پیشگیرانه در مقیاس جهانی برای مقابله با پدیده‌های مشابه با آنچه در سال‌های بین ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸ رخ داد. روش ارزیابی ریسک بر ارزیابی وسعت و تکرار وقوع سیل ناشی از ال‌نینوتکیه می‌کند و پارامترهای جدیدی را در هیدرولوژی تعریف می‌نماید. مهم‌ترین مراحل این روش عبارتند از: • جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات موجود. • پردازش داده‌ها برای ایجاد یک مدل منطقه‌ای مطابق با خصوصیات محلی حوضه‌های آبریز. • بازنگری واکنش رودخانه‌ها در خلال وقوع پدیده ال‌نینو در سال‌های اخیر. • تحلیل مشخصات هواشناسی پدیده‌های شدید. • برآوردحداکثرسیلاب‌دوره‌های‌بازگشت‌مختلف. • تحلیل نسبت‌های بارش- روان‌آب. • برآورد میزان جریان‌های سیلابی در زیرساخت‌های در معرض خطر. • نشان دادن اعتبار آماری تعدیل و انتخاب توابع توزیع برای نمایش پدیده سیلاب در مقیاس منطقه‌ای. • تعیین دوره‌های بازگشت (فراوانی) مطابق با ماهیت و هزینه‌های زیرساخت. • بازنگری در احتمال وجود همبستگی میان سیلاب در حوزه‌های آبریز و هر مرحله از پدیده ال‌نینو.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

ایالات متحده آمریکا- آلاسکا **گروه مشاور در زمینه سازگاری** پیش‌نویس گزارش نهایی: فصل ۴, زیرساخت‌های عمومی *http://www.climatechange.alaska.gov/aag/aag.htm*		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
• استفاده از عایق‌بندی در محدوده راه. • استفاده از انواع مختلف طرح‌های سرماساز شامل ترموسیفون‌ها، گالری‌های سنگی و کالورت‌های خنک‌کننده. • توسعه نسل جدید مصالح مورد استفاده در باند فرودگاه. • تعمیرات اساسی برخی باندهای فرودگاه. • جانمایی مجدد مقاطع راه و خطوط راه‌آهن به منظور تقویت بیشتر خطوط زمینی. • جانمایی مجدد برخی از باندهای فرود.	• ایجاد یک پایگاه اطلاعاتی ایالتی بر مبنای شرایط فعلی زیرساخت‌های عمومی و شرایط محیطی آنها. • ساخت‌وساز در خارج از محدوده‌های پرخطر (این محدوده‌ها هر چند وقت یکبار بر اساس تغییرات آب‌وهوایی بازتعریف می‌شوند). • ساخت زیرساخت‌ها به منظور مقاومت در برابر نیروهای مورد انتظار در طول دوره عمر زیرساخت. • طراحی و جانمایی زیرساخت‌ها به گونه‌ای که محدوده‌های ریسک قابل قبول را برآورده سازند.	• ارزیابی سیستماتیک میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌های عمومی آلاسکا در جامعه به منظور تعیین سطح محلی ریسک و انجام ارزیابی خطر. •

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

ایالات‌متحده آمریکا- ایالت واشنگتن **ارزیابی تأثیر تغییرات آب‌وهوایی در واشنگتن** *http://cses.washington.edu/cig/res/ia/waccia.shtml*		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
• تقویت شیب‌ها و استفاده از امکانات حایل برای جلوگیری از رانش زمین • تقویت زیرساخت‌های بندری به منظور حفاظت آنها از امواج طوفان • حفاظت از پایانه‌ها و جلوگیری از ورود سیل به آنها • حفاظت از پایه‌ها و کوله‌های پل • افزایش ظرفیت کالورت‌ها • افزایش ارتفاع اسکله و بارانداز و بازسازی تسهیلات دیگر به منظور تأمین فاصله ایمن مناسب.	• افزایش همکاری‌ها در سطوح دولتی جهت مدیریت تأثیرات بر بنادر و حمایت از سیستم‌های حمل‌ونقل.	جهت ارزیابی موارد زیر از راهنمای IPCC، استفاده شد: • ابعاد اثرات، • نرخ و زمان اثرات، • ماندگاری و بازگشت‌پذیری اثرات، • احتمال وقوع اثرات، • توانایی بالقوه سازگاری، • جنبه‌های مختل‌کننده اثرات و آسیب‌پذیری‌ها، • اهمیت سیستم‌های در معرض خطر. همچنین از مدل‌های زیر استفاده شد: • مطالعات و پیش‌بینی آب‌وهوایی (WRF) • نسخه سوم مدل سیستم آب‌وهوایی NCR • مدل عمومی مؤسسه مکس پلانک ECHAM5 برای مدلسازی تغییرات آب‌وهوایی منطقه‌ای.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

ایالات متحده آمریکا- شهر نیویورک

سازگاری انجمن ترانزیت کلان‌شهری (MTA) با تغییرات آب‌وهوایی (۱۰/۲۰۰۸)

http://www.mta.info/sustainability/pdf/Jacob_ et%20al_ MTA_ Adaptation_ Final_ 0309.pdf html

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
• افزایش ارتفاع جدول‌های دریچه‌های تهویه و ورودی مترو به میزان کافی بالاتر از سطح. • افزایش ظرفیت ایستگاه‌های ثابت پمپاژ آب، تأمین دستگاه‌های پمپاژ سیار. • آب‌بندی مؤثرتر دیواره, سقف و کف تونل‌ها به منظور کاهش میزان نشت آب. • تمیز کردن خیابان‌ها و معابر پیش از وقوع طوفان‌های بزرگ به منظور کاهش گرفتگی شبکه فاضلاب. • تنظیم شیب خیابان‌ها برای حداقل کردن میزان روان‌آب اضافی و همچنین روسازی مجدد معابر با سطوح نفوذپذیر. • تعدیل استانداردهای ساختمانی و سایر مقررات برای تشویق به طراحی معابری با حداقل میزان روان‌آب. • حذف دسترسی‌های باز تونل‌ها از طریق دریچه‌های تهویه همسطح خیابان و ورودی متروها. • پیش‌بینی ساخت کل سیستم مترو با سازگاری بهینه در برابر ترکیب ریسک‌های بارش‌های طوفانی و افزایش سطح آب دریا. • همکاری بهتر میان سازمان‌ها. • مطالعه امکان‌سنجی ساخت تجهیزات سیل‌بند در ورودی‌های مهم ناحیه بندر نیویورک/ نیوجرسی و هادسون/ ساحل شرقی. • سیستم‌های ابتکاری گرمایش و سرمایش.	کمیسیون روبان آبی انجمن ترانزیت کلان‌شهری، برخی اهداف بلندپروازانه را در پنج گروه کاری مختلف زیر تعیین کرده است: انرژی/کربن, تأسیسات, مصالح و مدیریت منابع آب و توسعه حمل‌ونقل هوشمند و توسعه هدفمند حمل‌ونقل. جهت تحقق این اهداف باید طراحی و اجرا به گونه‌ای باشند که با یکدیگر تداخل نکنند اما باید با راهبرد سازگاری، پیوستگی نسبی داشته باشند. برعکس، اقدامات سازگاری باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که سیاست‌های زیست‌محیطی را ارتقا داده و دستیابی به پایداری را امکان‌پذیر سازند، میزان کربن و مصرف انرژی کاهش یافته و سایر اهداف زیست‌محیطی نیز برآورده شوند. هر یک از پروژه‌های تحت نظارت انجمن حمل ونقل شهری کوتاه مدت یا بلند مدت هستند تا بتوانند فعالیت های انطباق پذیری را در جهت افزایش یا کاهش فاکتورهای مد نظر اجرا کنند. هر یک از پروژه‌های سازگاری نیازمند فهرستی است که نحوه بهبود یا جلوگیری پروژه را برای افق‌های کوتاه و بلندمدت، اقدامات محافظت از انرژی را مشخص می‌کند و عملکرد زیست‌محیطی را ارتقا می‌دهد.	• انجمن ترانزیت کلان‌شهری باید تا سال ۲۰۱۲، یک ارزیابی ریسک دقیق کمّی از آسیب‌پذیری را به همراه مخاطرات تغییرات جوی برای سیستم‌ها، دارایی‌ها، تسهیلات، جریان‌های بهره‌برداری و درآمدی سازمان‌های مختلف بهره‌بردار و برنامه بیمه مرکزی خود به اتمام برساند. • این ارزیابی بایستی آسیب‌پذیری در سیستم‌های موجود را در بر گیرد و همچنین پروژه‌های کلان جدید در مراحل مختلف ساخت، طراحی مهندسی و طراحی مفهومی را شامل شود. ارزیابی ریسک و آسیب‌پذیری، هر دو باید مبتنی بر سناریو رویدادهای قابل پیش‌بینی باشند. در این سناریوها دامنه تغییرات سالیانه جوی و میزان ضرر و زیان سالیانه لحاظ شوند. این سناریوها باید مورد استفاده تمامی ارگان‌های وابسته به انجمن ترانزیت کلان‌شهری قرار گیرند. • اینگونه ارزیابی‌ها باید برای فهرست دارایی‌های موجود و برای فهرست دارایی و شرایط جوی احتمالی در بازه زمانی بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ طراحی شوند. • برای اجزای اصلی سیستم‌های حمل‌ونقل از جمله تونل‌ها, خطوط راه‌آهن و ایستگاه‌های مترو مجاور دریا یا زیر سطح دریا، که در مقابل افزایش ارتفاع آب دریا و طوفان‌های ساحلی و سیلاب, بسیار آسیب‌پذیر هستند باید ارزیابی‌های اضافی برای ریسک با در نظر گرفتن شرایط جوی احتمالی برای فراتر از سال ۲۰۵۰ صورت گیرد و حداقل تا پایان قرن حاضر را شامل شود.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

ایالات متحده آمریکا- کالیفرنیا

پیش‌نویس بحث درباره راهبرد سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی- کالیفرنیا ۲۰۰۹

http://www.climatechange.ca.gov/adaptation

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
بدون جواب: NA	• تهیه نقشه نقاط مهم حمل‌ونقلی: CALTRANS (سازمان حمل‌ونقل کالیفرنیا) نقاط مهم ترافیکی را شناسایی و مطالعه می‌کند و اقدامات سازگاری را با در نظر گرفتن ترکیب عوامل گوناگون از قبیل تغییرات جوی, افزایش جمعیت و افزایش تقاضای حمل‌ونقل عمومی طراحی می‌کند. در این نوع ارزیابی‌ها مشخص خواهد شد که مناطق با سطح درآمدی پایین چگونه تحت تأثیر تغییرات جوی قرار می‌گیرند. • CALTRANS استانداردهای طراحی را برای بهسازی سیستم‌های فعلی حمل‌ونقل به منظور حفاظت آنها در برابر خطرات ناشی از تغییرات جوی ناگهانی یا افزایش ارتفاع آب دریا تغییر می‌دهد. • به منظور کاهش ریسک خطرات ناشی از افزایش احتمالی ارتفاع سطح آب دریا در مناطق مستعد به طغیان و سیلاب, تهیه راهنماها و طرح‌هایی برای مناطق حفاظتی حایل ضروری است. • ارزیابی بکارگیری بهترین اقدامات در برابر خطرات ناشی از تغییرات جوی. • CALTRANS کلیه فعالیت‌های خود را در حوزه سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی را با سیاست‌های کلی ایالتی و طرح‌ها و سیستم‌های منطقه‌ای هماهنگ می‌سازد. • CALTRANS انواع اطلاعات ضروری مرتبط با خطرات احتمالی ناشی از تغییرات جوی را بررسی می‌کند تا در مواقع لزوم در مناطق بحران‌زده به کار بندد. نتایج بدست آمده با طرح‌های موجود مدیریت بهره‌برداری ترکیب می‌شوند. • CALTRANS راهکارهای ترکیب اطلاعات تغییرات جوی با سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل و ایجاد یک سیستم هوشمند یکپارچه را شناسایی می‌کند.	• ارزیابی دقیق آسیب‌پذیری در برابر تغییرات آب‌وهوایی و طرح انطباق‌پذیری برای زیرساخت‌های حمل‌ونقلی کالیفرنیا که شامل ارزیابی اثرات اقتصادی نیز می‌باشد. • ارزیابی استانداردهای طراحی سیستم‌های حمل‌ونقل موجود به منظور بررسی کفایت آنها برای مقاومت در برابر نیروهای جوی شامل افزایش سطح آب دریا و رویدادهای آب‌وهوایی شدید فراتر از آنچه که پیش‌بینی شده است. • ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از تغییرات آب‌وهوایی بر بازسازی سیستم حمل‌ونقل و تعریف پروژه‌های جدید حمل‌ونقل. • ارزیابی نقاط آسیب‌پذیر پروژه‌های حمل‌ونقلی جدید و ارایه توصیه‌های مناسب برای انجام اقدامات اصلاحی. CALTRANS (سازمان حمل‌ونقل کالیفرنیا) تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی را بر بازسازی سیستم و موارد جدید و مهم بررسی خواهد کرد. • استفاده از نسخه به‌روزشده NAS و سایر روش‌های پژوهشی برای شناسایی هر چه بهتر و دقیقتر اثرات تغییرات جوی بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل • سازمان BTH (مسکن، حمل‌ونقل و تجارت) و CALTRANS طرح آسیب‌پذیری ناشی از تغییرات آب‌وهوایی را تهیه می‌کنند تا اثرات مخرب تغییرات جوی آینده بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل کالیفرنیا و گزینه‌های سازگاری را ارزیابی نموده و برای اجرا اولویت‌بندی کنند و راهبردهای سازگاری را با هماهنگی ذینفعان انتخاب نمایند. این طرح در هماهنگی کامل با سیاست کلی کاهش تأثیر شرایط آب‌وهوا بر حمل‌ونقل CALTRANS و همچنین BTH عمل می‌کند.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

ایالات متحده آمریکا- مریلند

طرح عملیاتی کمیسیون تغییرات آب‌وهوایی مریلند (اوت ۲۰۰۸)

http://www.mdclimatechange.us

سازگاری‌های احتمالی	روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک	روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک
بدون جواب: NA	• در مناطقی که ساخت‌وساز و توسعه اجتناب‌ناپذیر است، زیرساخت‌ها باید انعطاف‌پذیر و سازگار باشند. ایجاد مانع در مسیر توسعه مناطقی با آسیب‌پذیری بالا، با اطمینان از عدم صرف منابع عمومی برای زیرساخت‌هایی که موجب پشتیبانی از توسعه و ساخت‌وساز جدید در مناطق آسیب‌پذیر می‌شوند، صورت می‌گیرد. در صورت امکان طرح باید تخلفات کوچک و تدریجی از سازه‌های موجود، تراکم جمعیت، کاربری زمین و مدیریت رویکردها که برای حفاظت بلندمدت از بهداشت، ایمنی و رفاه ساکنان مریلند ضرورت دارد را شناسایی و اعلام کند. • انجام بررسی توسط مراجع محلی در سراسر ایالت برای ارزیابی اقدامات برنامه‌ریزی شده به منظور مقابله با افزایش سطح آب دریا, ارزیابی موانع و تعیین بهترین روش به اشتراک‌گذاری اطلاعات بین مراجع محلی، ایالتی و فدرال. • ارزیابی و بازنگری فنی در خصوص راهنماهای برنامه‌ریزی مورد استفاده توسط جوامع محلی و شهرداری‌ها در نواحی ساحلی. • راهنمای کمک به مراجع محلی با شناسایی تدابیر ویژه (برای مثال: ضوابط محلی کاربری زمین و تدارکات) برای برای مقابله با خطرات ناشی از افزایش سطح آب در مناطق ساحلی.	• شناسایی تمامی اراضی عمومی و خصوصی در معرض خطر وقوع طوفان یا افزایش سطح آب, به‌روزرسانی منظم نقشه‌های دشت‌های سیلابی و ترکیب آنها با نقشه‌های پیش‌بینی طوفان‌های دریایی. • شناسایی نقاط آسیب‌پذیر کرانه ساحلی مریلند در برابر طغیان رودخانه‌ها و افزایش سطح آب دریا, با استفاده از داده‌های توپوگرافی به‌روز شده. • ارزیابی زیرساخت‌های بخش دولتی و خصوصی در مناطق آسیب‌پذیر برای دستیابی به درکی از گستردگی زیرساخت‌های تحت تأثیر. • طبقه‌بندی و ارزیابی زیرساخت‌های تحت تأثیر بر اساس مطالعات به منظور تعیین راهبردهای سازگاری ممکن. • خطرات متعدد (HAZUS-MH): HAZUS یک برنامه نرم‌افزاری ارزیابی ریسک است که توسط اداره فدرال مدیریت بحران آمریکا برای تحلیل ضرر و زیان بالقوه طوفان‌ها, بادها و زلزله طراحی شده است. وزارت محیط زیست مریلند با همکاری دانشگاه سالیسبوری در سال ۲۰۰۴ پروژه تخمین آسیب‌پذیری ایالت در برابر سیل با استفاده از نرم‌افزار HAZUS را آغاز کرد. مرحله نخست این تحلیل, در ژوئن ۲۰۰۵ تکمیل شد و میزان خسارت ناشی از سیل به اموال تجاری و ساکنان در یک بازه ۱۰۰ ساله در مناطق ساحلی و مجاور رودخانه تخمین زده شد. مرحله بعدی این پروژه اختصاص به شناسایی نقاط آسیب‌پذیر محیط زیست و مسکونی در برابر وقوع سیل دارد.

جدول ۷- مثال‌های موردی درباره سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی (ادامه)

ایالات متحده آمریکا- ساحل خلیج مکزیک **اثرات تغییرات آب‌وهوا بر سیستم‌ها و زیرساخت‌های حمل‌ونقل: مطالعه ساحل خلیج مکزیک- مرحله اول** *http://www.climatescience.gov/Library/sap/sap4-7/final-report/sap4-7-final-all.pdf*		
سازگاری‌های احتمالی	**روش‌ها/ تکنیک‌های مدیریت ریسک**	**روش‌ها/ تکنیک‌های ارزیابی ریسک**
بدون جواب: NA	• تیم تحقیقاتی در فاز دوم پروژه، مدیریت ریسک و روش‌های سازگاری را ارزیابی خواهد کرد.	• ارزیابی این تیم تحقیقاتی با استفاده از تاریخچه و پتانسیل تغییرات آینده در منطقه مورد مطالعه ساحل خلیج مکزیک موجود در مدارک و مستندات، تجزیه و تحلیل داده‌های ثبت‌شده، و مدل‌هایی که چگونگی تغییرات آب‌وهوایی در آینده را شبیه‌سازی می‌کنند، انجام شد. سناریوهای مربوط به شرایط آب‌وهوایی آینده توسط مرکز ملی تحقیقات جوی (NCAR)، با استفاده از مجموعه‌ای از ۲۱ مدل مختلف گردش عمومی اقیانوس-اتمسفر (GCM) برای ساحل خلیج مکزیک تولید شدند. نتایج مدل، روند آب‌وهوایی در طول قرن گذشته و نظریه‌های آب‌وهوایی همه نشان می‌دهند که برون‌یابی از رکوردهای ثبت‌شده دمای قرن بیستم به احتمال زیاد سبب دست‌کم گرفتن تغییراتی می‌گردد که می‌توانند در چند دهه آینده رخ دهند.

پیوست پ- مطالعات موردی

کانادا ۱- شکست سد و سیل در ساگونای، کبک

تهیه شده توسط: Luc Lemieux، وزارت حمل‌ونقل کبک (کانادا)

۱- مطالعه، پروژه، فعالیت یا مطالعه موردی

مدیریت کنترل مخازن سد/ عواقب شکست سد و ایجاد سیل

فعالیت: بکارگیری ابزار Web SCORE

کشور: کانادا (کبک)

منطقه جغرافیایی هدف: (نقشه ۱)Saguenay–Lac–Saint–Jean–chibougamau

نوع خطرات (تهدیدات): ریسک مرتبط با باران‌های شدید (ریسک طبیعی، شکست سد (ریسک انسانی) و ایجاد سیل در مناطق اطراف (ریسک طبیعی) به‌علاوه خالی شدن منطقه از سکنه (ریسک مرتبط با تصمیمات حکومتی).

دسته‌بندی ریسک: تحلیل ریسک، پردازش، ارزیابی ریسک.

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: وزارت کشور، شهرداری‌ها و وزارت حمل‌ونقل کبک.

تاریخ اتمام: ۱۶ مه ۲۰۰۸

مؤلف: Lae-saint-Jean-Chibougamau مدیریت منطقه ساگونای و LUC Lemieux.

۲- خلاصه

ایجاد ابزار ژئوماتیک در فضای وب (اطلس جغرافیایی online) اطلاعات سازمان‌های مختلف (وزارت حمل‌ونقل کبک، وزارت منابع طبیعی و حیات‌وحش، RCM، شهرداری‌ها، شرکت‌های خصوصی و غیره) را در زمینه امنیت شهری متحد و یکپارچه می‌سازد. (پرونده ۱).

سیستم نقشه‌برداری آنلاین کنترل مخازن

این پرتال دسترسی به تمام اطلاعات مرتبط با مسیل در منطقه ساگونای را فراهم می‌سازد (شکست سد- سیل در بازه‌های زمانی ۲، ۲۰ و ۱۰۰ ساله- نقشه 2E).
این ابزار به صاحبان کنترل مخازن این امکان را می‌دهد که مطالعات مربوط به شکست سد در اثر سیلاب را که بر روی کاغذ شبیه‌سازی‌شده‌اند را کنار بگذارند. همچنین این ابزار اثر سیلاب بر روی زیرساخت‌ها (پل‌ها، جاده‌ها، کالورت‌ها، گذرگاه‌های فرعی و غیره) و تأثیر آن بر زمان واقعی وقوع سیلاب در نقاط استراتژیک را اثبات می‌کند.
این سیستم در پاسخ به توصیه‌های مطرح‌شده در گزارش Nicolet که به شفاف‌سازی امور مربوط به سدها و حوضه آبخیزداری کبک می‌پرداخت، توسعه یافته است.

۳- مقدمه

این پرتال به مسؤولین مرتبط با سد اجازه می‌دهد که تأثیرات موازی بر شرکای خود (از جمله شبکه راههای وزارت حمل‌ونقل کبک، خطوط انتقال انرژی، سازه‌ها، پل‌ها، کالورت‌ها و غیره) را مشاهده کنند. اطلاعات وزارت حمل‌ونقل کبک (موقعیت و شرح فهرست دارایی‌ها) برای این منطقه با اطلاعات کاربردی این منطقه ازجمله تمام اطلاعات مرتبط با سازه‌ها، کالورت‌ها، شبکه جاده‌ای، علائم جاده‌ای، ادغام گردیده است (پرونده ۲).

مجاورت سدها و آب‌بندها

حوضه‌های آبخیز بزرگ و وسیع، ظرفیت قابل‌توجهی برای احداث مخازن کنترل دارند.

نقشه ۳- حوضه‌های آبخیز در منطقه ساگونای و Lac-saint –Jean
نزدیک به ۳۵۵ سد با ارتفاع ۱ متر و بیشتر در منطقه ۰۲ فهرست شده‌اند.
http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5782،Carte-3-Bassins-versants-du-Saguena.pdf
نقشه 2A- سدهای با ظرفیت بالا
http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5774،Carte-2A-Barrages-de-forte-contenan.pdf

مجاورت سدهای بالادست رودخانه و مناطق سیل‌خیز

نقشه 2B- مناطق سیل‌خیز
http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5778،Carte-2B-Zones-inondable.pdf

Web SCORE دسترسی به نقشه‌های اندازه‌گیری دقیق (پرونده 3A) برای انواع سدها با فرض قرار دادن سطح و عمق آنها (متوسط، زیاد و خیلی زیاد و قابل‌ملاحظه) فراهم می‌سازد (پرونده 2F1).
این نقشه دیجیتال با اندازه‌گیری‌های دقیق امکان وقوع حتمی یا قریب‌الوقوع شکست سد را برای محافظت از جان افراد و حفظ اموال عمومی (مانند سازه‌ها) در بالادست و پایین‌دست رودخانه مشخص می‌سازد.
این سیستم فهرستی از موقعیت‌هایی که می‌تواند منجر به ایجاد شکست در سد شود و همچنین توضیحات عمومی درباره تمهیدات ناشی از سیل، فرایندهای هشداری و نقشه‌های مربوط به سیلاب را در بر می‌گیرد (نقشه 2B2 و پرونده 2F1).

هیدروگرافی

این منطقه بخشی از حوضه آبخیز در رودخانه ساگونای است که در مرکز جنوبی کبک واقع شده است. این منطقه محدوده‌ای به وسعت ۸۵۵۲۰ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد و دومین حوضه آبخیز بزرگ پس از انشعابات رودخانه اتاوا می‌باشد. با این وجود پنجمین حوضه آبخیز مهم در کبک محسوب می‌شود (نقشه ۳).
این حوضه آبخیز از سه مؤلفه آبی اصلی تشکیل شده است: Lac Saint – Jean با منطقه‌ای با وسعت ۱۰۰۰ کیلومتر مربع (پنجمین در کبک) و رودخانه ساگونای و ۱۸ انشعاب رودخانه‌ای که دو مؤلفه آبی نخست را تغذیه می‌کنند. رودخانه‌های Mistassini، Peribonka و Ashuapmushuan به نوبه خود نزدیک به ۷۵ درصد کل سطح حوضه آبخیز را تشکیل می‌دهند [۱]. همه ۱۸ انشعاب رودخانه‌ای در ایستگاه‌های هیدرومتریک به منظور دستیابی به سرچشمه جریان آنها مورد بررسی قرار می‌گیرند (نقشه ۳).

آب‌وهوا

منطقه ساگونای در سامانه طبقه‌بندی اقلیمی Koppen به عنوان منطقه DFB دسته‌بندی می‌شود. به این معنی که این منطقه دارای آب‌وهوای مرطوب با تابستان‌های گرم و بدون فصل خشک است.
این منطقه به جهت وزش بادهای غالب از سمت غرب، به شدت متأثر از جریانات هوایی مرکز قاره است. این منطقه همچنین متأثر ازطوفان‌های دریایی است که مملو از جریانات مرطوب است و منجر به بارندگی می‌شود. تابستان‌ها به میزان مرکز شهر کبک گرم است ولی زمستان‌های سردتری دارد. آب‌وهوا در این منطقه در مقایسه با مناطق مرتفع مجاور به دلیل اختلاف ارتفاع متفاوت است. خطوط کانتوری برای میانگین دمای روزانه برای منطقه Lac Saint - Jean افت می‌کنند که این به دلیل گرمای مناطق مرکزی کاناداست. میانگین دمای سالانه در داخل این

مناطق کم ارتفاع در منطقه غربی ۱/۱°C و برای منطقه شرقی ۳/۳°C است، درحالی‌که مناطق مجاور دارای دمای نزدیک به ۰°C هستند(نقشه ۴- شکل ۱).

در مقیاس کوچک‌تر، تغییر آب‌وهوا در منطقه Lac saint jean قابل‌ملاحظه است. بادهای غربی غالب به همراه جریانات هوایی پایین‌رونده، هوای خشک و سرد را به همراه می‌آورند. این جریانات، هوای گرم و مرطوب را در محدوده منطقه Lac saint jean به حرکت در می‌آورند و به‌صورت جریانات هوایی عمودی و بالارونده از ناحیه شرقی خارج شده و سبب تحریک و ایجاد ابرها می‌شوند.

این ابرها منجر به کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در میزان تابش‌ها از مناطق غربی به سمت بخش‌های شرقی این ناحیه می‌شوند. در واقع میزان تابش‌ها از ۱۸۰۰ ساعت در مناطق غربی Lac saint jean به ۱۵۰۰ ساعت در مناطق مرتفع ساگونای تقلیل می‌یابد.

این پدیده، به‌علاوه تأثیرات آب‌وهوای دریایی در مناطق شرقی، منجر به افزایش بارندگی‌ها از مناطق غربی به مناطق شرقی می‌شود. در هر سال به‌صورت میانگین در مناطق جلگه‌ای شمال غرب Lac saint jean ۸۰ سانتی‌متر باران می‌بارد درحالی‌که میزان بارش‌ها در مناطق مرتفع ساگونای ۹۰ سانتی‌متر است، که یک اختلاف ۱۰ درصدی مشاهده می‌شود (نقشه ۵- شکل ۴).

خود منطقه Lac - saint- jean منبع ایجاد رطوبت و تغییرات اندک دمایی برای مناطقی است که تحت تأثیر بادهای غربی هستند. ازجمله این مناطق می‌توان به جلگه Chambord در جنوب و جلگه Héberville در شرق اشاره کرد.

نقشه ۶- احتمال بارندگی (حداکثر میزان بارش بین سال‌های ۱۹۰۱ تا ۱۹۷۰)

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5787،Carte-6-Precipitations-probables-pl.pdf

نقشه ۴- بارش برف سالیانه

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5783،Carte-3A-Localisation-des-ponts.pdf

باران‌های شدید سال ۱۹۹۶ یک استثنا بود. تغییر ناگهانی در میزان بارش‌ها روند حصول بارش‌ها را تحت تأثیر قرار داد.

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5799،exception-lors-des-pluies-diluvienn.pdf

نقشه 2A- مناطق سیل‌خیز به همراه موقعیت قرارگیری سدها

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5775،Carte-2A-Zones-inondables-avec-la-l.pdf

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5776،Carte-2A-Zones-inondables-avec-la-l.pdf

نقشه 2B- مناطق سیل‌خیز و شکسته شدن سدها

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5779،Carte-2B-Zones-inondables-et-bris-d.pdf

نقشه 2B2- مناطق سیل‌خیز

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5777.Carte-2B2-Zones-inondables.pdf

۴- تحلیل و نتایج

مدل‌سازی تأثیر بارش‌ها بر شبکه جاده‌ای و راههای فرعی را نشان می‌دهد که این امر برای ارتقا و ارزیابی میزان امنیت عمومی راهها به کار گرفته می‌شود. این مدل‌سازی همچنین تأثیرات جانبی بر روی سایر مسیرها را نیز نشان می‌دهد. مسیرهایی از قبیل شبکه‌های جاده‌ای دایمی یا جایگزین. این مسیرها دارای اهمیت بالایی هستند خصوصاً در مواقعی که مراقبت از سلامتی سایر سرویس‌ها و خدمات به‌منظور رسیدگی به نیازهای اجتماعی ضروری به نظر می‌رسد.

به کمک مشاهدات صورت گرفته، همچنین می‌توان نیازهای اصلی هر یک از خدمات و سرویس‌ها را تشخیص داد که این تشخیص می‌تواند منجر به اتخاذ تصمیمات منصفانه و سریع‌تر گردد.

۵- تأثیر بر ایمنی (امنیت اقتصادی، محیط‌زیست و آثار اجتماعی)

وجود نقص در آب‌بندها و بارش‌های شدید باران که منجر به افزایش جریان آب می‌گردد، اثرات زیادی بر روی حمل‌ونقل افراد و کالاهای مختلف می‌گذارد. این مشکل سبب محصور شدن کامل مناطق و به دام افتادن افراد می‌شود که علت پدید آمدن آن فقدان راههای جایگزین بین مناطق مختلف است.

۶- مشاهدات، راهبرد و جمع‌بندی

آماده‌سازی

Web SCORE این امکان را فراهم می‌سازد که داده‌های به‌روزی از تمامی امور مربوط به امکانات و دارایی‌های وزارت حمل‌ونقل، مدل‌سازی شود (امکاناتی از قبیل سازه‌ها، کالورت‌ها و جاده‌ها).

استانداردهای سازه‌ای ارتقای کیفیت پیدا کرده‌اند (مطالعات هیدرومتری برای احداث سازه‌ها و کالورت‌هایی با قابلیت جذب آب بهتر و افزایش ظرفیت تسلیم).

مؤسسه Georisk در زمینه تصمیم‌گیری برای جلوگیری از خطرات شایع فعالیت و همکاری می‌کند. نقشه‌های اندازه‌گیری دقیق سیلاب در منطقه مورد نظر قرار داده شده‌اند.

پیشگیری

مسیرهایی برای احداث جاده‌های جدید با در نظر گرفتن مناطق پرخطر در نظر گرفته می‌شوند.
کالورت‌های بزرگ‌تر و ترانشه در مناطقی که میزان ریسک و خطر و عواقب ناشی از آن مشاهده شده است، ساخته می‌شود. ارتفاع زیرساخت‌های جاده‌ای (سکوهای احداث راه) افزایش می‌یابد و کرانه‌های پرخطر رودخانه‌ها بسترسازی می‌شوند.

اقدامات عملی

هشدار دادن و فرایند بسیج عمومی افراد بسیار مؤثر است.
مرکزیت بخشیدن به اطلاعات و منتشر ساختن اطلاعات در زمان‌های ضروری، برای پورتال تصمیم‌گیرنده بسیار کاربردی است.
اطلاعات موثق و دقیق درباره شرایط شبکه جاده‌ای می‌تواند مسیرهای مناسب برای جایگزینی را پیشنهاد دهد.

بازسازی

در خلال فرایند بازسازی، اولویت اصلی به جاده‌های راهبردی داده می‌شود تا این اطمینان به وجود آید که حمل‌ونقل و جابجایی امکانات به مناطق آسیب‌دیده به سهولت انجام شود.

۷-هزینه‌ها و منابع

جدول مشارکت‌ها و لیست شرکا در پرونده ۴ آورده شده است.

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5796،Document-4.pdf

۸- پرونده‌های مرجع

نقشه‌ها

نقشه ۱- منطقه جغرافیایی

نقشه 2A- فهرست سدها در مناطق

نقشه 2B- مناطق سیل‌زده و شکست سد

نقشه 2B2: مناطق سیل‌زده

نقشه 2E: شکست سد در اثر سیلاب در بازه‌های زمانی ۲، ۲۰ و ۱۰۰ ساله (نسخه نمایشی نقشه از web SCORE)
نقشه 3A: موقعیت سازه‌ها و پل‌های روی رودخانه‌های تحت مدیریت
نقشه 4A: مجموع تغییرات دمایی بین سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۸۰ (اطلس منطقه‌ای UQAC)
نقشه ۴: بارش سالیانه برف بین سال‌های ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰
نقشه ۵: شکل ۴

پرونده‌ها

پرونده ۱. فهرست سازمان‌های مشارکت‌کننده(Web SCORE)
پرونده ۲. موقعیت اموال و دارایی‌ها (پل‌ها، سازه‌ها، کالورت‌ها و شبکه جاده‌ای)
پرونده ۳. الزامات مربوط به نقشه‌های اندازه‌گیری سدها در گروه‌های مختلف (ظرفیت بالا و غیره) (MRNF)
پرونده 2F1: نمونه داده‌های موجود برای دسته‌بندی حوضه‌های آبخیز مهار شده
پرونده 3B: نتایج ایستگاه‌های اندازه‌گیری مرتبط با سیستم نظارت هیدرومتریک

عکس‌ها

عکس ۱. موقعیت حادثه ایجاد شده در شاهراه ۱۱۳
عکس ۲. انباشتگی آب و سیلاب در بخش‌هایی از شاهراه ۱۱۳
عکس 2B. تخریب کامل شاهراه ۱۱۳ و محصور شدن دو منطقه
عکس 2C: نتایج حاصله از موج سیلاب که در اثر شکست آب‌بند ایجاد شده
عکس 3A: بازسازی زیرساخت‌ها
عکس 3B: نتیجه افزایش ارتفاع جاده
عکس 4A: منطقه سیل‌زده و میزان جابجایی‌ها در خلال بارش‌های سال ۱۹۹۶
عکس 4B: بازسازی به‌وسیله افزایش ارتفاع جاده و ارتقای پیکربندی آن
عکس ۵: ارتقای استانداردهای سازه‌ای بر مبنای مطالعات هیدرولیکی
عکس ۶: رخنه و نفوذ سیل در آب‌بندها و نتایج و اثرات آن بر فضاهای شهری در سال ۱۹۹۶

نقشه‌ها و اسناد و عکس‌ها

نقشه ۱: شرح منطقه

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5773،Carte-1-Description-du-territoire.pdf

سند ۱: فهرست سازمان‌های مشارکت‌کننده

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5791،Document-1-Liste-des-organismes-col.pdf

نقشه ۳: حوضه‌های آبخیز

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5781،Carte-3-Bassin-versant.pdf

نقشه 3A: موقعیت پل‌ها

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5783،Carte-3A-Localisation-des-ponts.pdf

سند 3B: نصب پایه‌های اندازه‌گیری ارتفاع آب (پایه‌های هیدرومتر)

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5795،Document-3B-Installation-des-bases-.pdf

نتایج پایگاه داده‌ها

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5811،Resultats-des-bases-de-donnees.pdf

نقشه ۴- تغییرات دمایی

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5785،Carte-4-Variations-de-temperarure.pdf

نقشه ۵- شکل ۴ میانگین مجموع بارش‌ها بین سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۸۰

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5786،Carte-5-Figure-4-Moyennes-de-precip.pdf

نقشه 2B- مناطق سیل‌زده و شکست سدها

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5779،Carte-2B-Zones-inondables-et-bris-d.pdf

نقشه 2B2- مناطق سیل‌زده

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5777،Carte-2B2-Zones-inondables.pdf

نقشه 2E- ارایه اطلاعات web SCORE

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5779،Carte-2B-Zones-inondables-et-bris-d.pdf

سند ۲- موقعیت قرارگیری دارایی‌های وزارت حمل‌ونقل کبک (MTQ)

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5792،Document-2-Localisation-des-inventa.pdf

سند 2F1- نمونه داده‌های موجود درباره‌دسته‌بندی سدها

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5793،Document-2F1-exemple-de-donnees-dis.pdf

سند 3A- ضرورت توسعه نقشه‌های اندازه‌گیری دقیق

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5794،Document-3A-Obligation-d-elaborer-d.pdf

عکس‌های دارای توضیحات

عکس ۱- نفوذ آب در اثر حفاری آب‌بند در مجاورت شاهراه ۱۱۳ در Chibougamau

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5801،Photo-1-Bris-d-une-digue-miniere-pr.pdf

محصور شدن مناطق و سازه‌ها در جاده فرعی

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5800،Isolement-des-communautes-et-constr.pdf

نصب یک آب‌بند

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5797،emplacement-de-la-digue-miniere-1.pdf

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5798،emplacement-de-la-digue-miniere-2.pdf

مسیر انحرافی برای خودروهای سواری

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5790،Chemin-de-contournement-pour-les-ve.pdf

عکس ۲- احداث مسیر انحرافی

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5802،Photo-2-Construction-de-la-route-de.pdf

پیامد موج سیلابی ناشی از شکسته شدن آب‌بند

عکس 2A- انباشتگی آب در شبکه MTQ

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5803،Photo-2A-Accumulation-d-eau-sur-le-.pdf

عکس 2B- تخریب و رانش جاده، محصور شدن دو منطقه

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5804،Photo-2B-Rupture-et-decrochage-tota.pdf

عکس 2C- پیامدهای موج سیلابی در اثر شکستگی آب‌بند

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5805،Photo-2C-Consequences-du-passage-de.pdf

عکس 3A- بازسازی راه با افزایش اندازه کالورت‌ها و بسترسازی آنها

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5807،Photo-3A-Reconstruction-de-la-route.pdf

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5809،Photo-3B-Resultats-de-l-augmentatio.pdf

عکس 3B- نتایج افزایش ارتفاع راه

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5808،Photo-3B-Resultats-de-l-augmentatio.pdf

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5809،Photo-3B-Resultats-de-l-augmentatio.pdf

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5810،Photo-3B-Resultats-de-l-augmentatio.pdf

مقطعی از راه ۳۸۱ در Ferland-et-Boilleau با آب‌گرفتگی متعدد و رانش زمین بر اثر بارش شدید در سال ۱۹۹۶.

عکس 4A- رانش زمین بر اثر بارندگی شدید در سال ۱۹۹۶

عکس 4B- بازسازی به‌وسیله بالا بردن ارتفاع سطح راه

عکس 4C- سنگ‌چین در هر دو طرف مسیر رودخانه

رودخانه‌ها، حوضه‌های آبخیز در منطقه حفاظت شده Laurention را تغذیه می‌کنند. به منظور افزایش مقاومت هیدرولیک در برابر باران‌های ناگهانی و شدید، استانداردها ارتقا پیدا کرده‌اند. نصب پایه‌های خرپایی، ساخت کالورت‌ها و پل‌های تحکیم‌شده با سنگ‌چین در رودخانه‌های تغذیه‌کننده حوضه آبریز منطقه حفاظت‌شده Laurentian.

عکس ۵- ارتقای استانداردها

در این منطقه بارش‌های شدید سال ۱۹۹۶ موجب شکستگی یک آب‌بند شد و سیلاب منطقه مرکزی Gronde-Baie را تخریب کرد.

اثرات مستقیم بر روی جامعه:

- خالی شدن منطقه از سکنه،
- تنش‌های عصبی در زمان بارش باران.

بازسازی‌ها نیازمند یک سرمایه‌گذاری ۱ میلیون دلاری بود که باید به این مقدار هزینه‌های مربوط به بهداشت و سلامت و همچنین خسارت‌های اقتصادی را نیز اضافه کرد.

عکس ۶- شکسته شدن آب‌بند و پیامدهای آن بر محیط شهری در سال ۱۹۹۶

مرجع:

Ministère des Transports du québec, *"Le diagnostic régional des transports"*, saguenay, québec, p.9,2000.

کانادا ۲- فرسایش خط ساحلی (ÎLES-DE-LA-MADELEINE)

تهیه شده توسط: Jonathon st.laurent، وزارت حمل‌ونقل کبک (کانادا)

۱- مطالعه، پروژه، فعالیت یا مطالعه موردی

کشور: کانادا، کبک

منطقه جغرافیایی هدف: Îles-de-la-Madeleine

نوع خطرات (تهدیدات): ریسک انسانی، فرسایش ساحلی

دسته‌بندی ریسک: تحلیل ریسک مرتبط با فرسایش ساحلی

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: وزارت حمل‌ونقل کبک

تاریخ اتمام: ۲۰۱۲-۲۰۰۹

مؤلف: Jonathan st.Laurent (واحد نقشه و فهرست دارایی‌ها)

۲- خلاصه

منطقه Îles-de-la-Madeleine دقیقاً در مرکز St.Lawrence ، در ۱۰۵ کیلومتری جزیره پرنس ادوارد، ۹۵ کیلومتری Cape Breton و ۲۱۵ کیلومتری Guspé Peninsula واقع شده است. این منطقه شامل هفت جزیره اصلی است که با رسوب‌های شنی، سدهای ساحلی و باریکه‌های خاکی به هم وصل شده‌اند و یک مجمع‌الجزایر را به وجود آورده‌اند که در منتهی‌الیه دو طرف منطقه، جزیره‌های ساحلی را تشکیل داده‌اند.

با افزایش اثرات تغییرات آب‌وهوایی، ترکیب اثرات باد و امواج، اثر دینامیکی زیادی بر روی سواحل و نوار ساحلی می‌گذارد. طی دوره فهرست‌برداری از دارایی‌های راه در سال ۲۰۰۷، وزارت حمل‌ونقل کبک اعلام کرد ۲۰ ناحیه پراکنده در منطقه‌ای با طول ۱۰/۹ کیلومتر در معرض فرسایش قرار دارند که بیش از ۱۲% راههای واقع در مناطق ساحلی Îles-de-lo-pladelein را در بر می‌گیرد.

در طول ۵ سال گذشته، این نقاط نیازمند نگهداری ثابت و پایش دقیق بوده‌اند تا از حفاظت زیرساخت‌های راه اطمینان حاصل شود. برخی از مناطق مانند La Martinique، در اغلب موارد پس از وقوع طوفان‌ها نیازمند ماسه‌پاشی (تغذیه ساحل با ماسه) هستند (به‌عنوان نمونه اقدامات فوری که در ۲ ژانویه ۲۰۱۰ انجام شد).

با در نظر گرفتن اهمیت موضوع، وزارت حمل‌ونقل کبک نقشه عملیاتی (اقدامات اولیه) را برای سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ تدوین نمود که به بیان شرایط موجود و تشخیص نکات کلیدی به‌منظور جلوگیری از ایجاد فرسایش در خطوط ساحلی منطقه Îles–de–la–Madeleine می‌پرداخت.

به‌منظور تعیین اقدامات متناسب با هر یک از مناطق تحت فرسایش و به‌منظور تشخیص دقیق ریسک‌های مرتبط با فرسایش سواحل، تعدادی از مطالعات تخصصی صورت گرفت یا قرار است که صورت بگیرد که این مطالعات به شرح زیر هستند:

- مطالعه اختصاصی مناطق La Grave، Havre aux Basques، La Martinique، Pointe-aux-Loups در راه شماره ۱۹۹ که در معرض فرسایش هستند (Antoine Morissette, 2002)،
- مطالعه میزان حساسیت خطوط ساحلی و آسیب‌پذیری مناطق مسکونی در خلیج St.Lowrence با در نظر گرفتن تأثیرات ناشی از تغییرات آب‌وهوایی (Ouranos, 2008)،
- گزارش مربوط به فعالیت‌های تعیین مشخصات خطوط ساحلی مناطق Pointe-aux-Loups و Baie de Plaisance (Bernatchez and Friesinger, 2009)،
- مطالعه مشخصات خطوط ساحلی و تأثیرات ساخت‌وساز در سواحل مناطقPointe-aux-Loups و Baie de Plaisance (Bernatchez and Friesinger, 2009)،
- مطالعات ژرفاسنجی (CIDCO، درحال انجام)،
- مطالعات امکان‌پذیری (انجام خواهد شد).

هدف از مطالعات امکان‌پذیری این است که تمامی اطلاعات جمع‌آوری‌شده مربوط به دوره‌های زمانی، اطلاعات اخذشده و اختصاصی مربوط به عمق آب و اطلاعات مناطق تحت تأثیر به‌صورت یکپارچه در آیند که این اطلاعات یکپارچه جهت مطالعه راه‌حل‌هایی برای مناطقی که بیشتر در معرض خطر هستند (مناطق LaMartinique، Pointe-aux-Loups و Havre-aux-Maisons) و همچنین امکان‌سنجی استفاده از شن لایروبی در منطقه Seleine Mines و Grand-Entrée به کار گرفته می‌شوند.

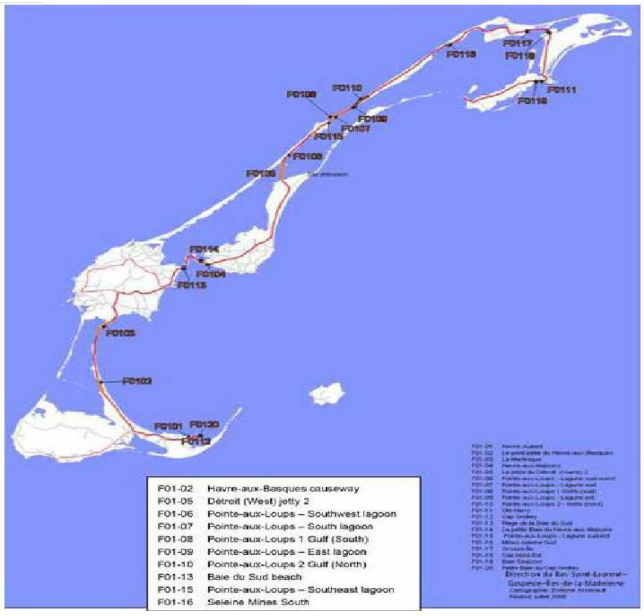
در یک نگاه اجمالی روش لایروبی شن‌ها در Seleine Mines، راه‌حل مفید و مناسبی برای تغذیه ساحل‌ها در مقیاسی بزرگ در منطقه Îles–de–la–Madeleine به نظر می‌رسد. مفید بودن این روش به دلیل سادگی و در اختیار بودن مواد مورد نیاز در منطقه در یک مقیاس بزرگ است. مطالعات امکان‌پذیری قادر خواهد بود که تحلیل درستی از منابع اقتصادی استفاده از ماسه‌های موجود در منطقه Seleine Mines، ارایه نماید. با تکمیل این مطالعات، وزارت حمل‌ونقل کبک در وضعیتی قرار خواهد گرفت که می‌تواند اقدامات عملی و متنوعی را برای حفاظت از شبکه حمل‌ونقل اجرا کند و این اقدامات متناسب منجر به ایجاد اطمینان در حمل‌ونقل بین استان‌ها و کالاها در سراسر کبک خواهد شد و سیستم‌های حمل‌ونقل مؤثر سبب توسعه پایدار کبک خواهد شد.

۳- تحلیل‌ها و نتایج

در خلال فهرست‌بندی دارایی‌های راه در سال ۲۰۰۷، بیست ناحیه (با مسافت‌های بیش از ۱۰/۹ کیلومتر) جزو مناطق آسیب‌پذیر در معرض فرسایش ساحلی تشخیص داده شدند. به این نواحی نمراتی متناسب با میزان آسیب‌پذیری اختصاص داده شد تا مناطق دارای اولویت شناسایی شوند. شاخص‌های زیر در فرایند رتبه‌بندی مناطق به کار گرفته شدند:

- قرار گرفتن در معرض طوفان،
- نقطه شروع طوفان،
- خطر امواج طوفانی،
- میزان فرسایش و عقب‌نشینی سالانه،
- تعداد مداخله‌های صورت گرفته در طول ۲۰ سال گذشته،
- ماهیت لایه‌های زیرین سواحل.

برخی از مناطق که بیشتر مستعد فرسایش هستند در ادامه نشان شده‌اند (تعداد مناطق بر مبنای دسته‌بندی MTQ می‌باشد).



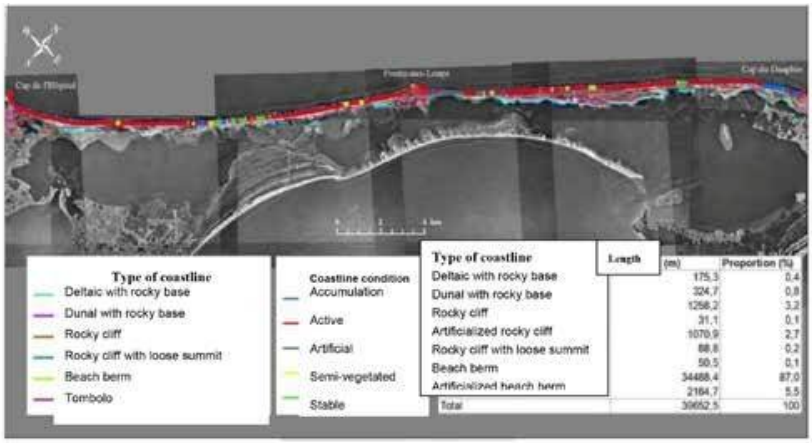
شکل ۱- بخش‌های آسیب‌پذیر واقع شده در جاده ۱۹۹، ILES-DE-LA-MADELEIN

منطقه Pointe-aux-Loups

منطقه Pointe-aux-Loups شامل ۳۴۴۸۸ متر باریکه خاکی ساحلی می‌باشد که ۸۷ درصد خطوط ساحلی در این منطقه را شامل می‌شود. تعدادی موج‌شکن و آب‌بند در مسیری به طول ۲۱۶۴ متر در طول ساحل احداث شده

است، که ۵/۵ درصد از منطقه را در بر می‌گیرد و هدف از ساخت آنها محافظت راه از هر دو طرف خلیج و تالاب می‌باشد. مطالعات اختصاصی روی ساحل مشخص می‌کند که این منطقه بسیار مستعد فرسایش می‌باشد. کمبود ماسه به‌وسیله تعدادی از مؤلفه‌ها از جمله انباشت شن و ماسه در بارانداز و جابجایی شن و ماسه به دلیل وجود بالاست سنگی تشدید می‌شود. در این راستا محل‌هایی با آسیب‌پذیری بالا و متوسط در Pointe-aux-Loups به شرح زیر شناسایی شدند.

- F0106 (ch. 2+530– 2+730)
- F0107 (ch. 1+520– 1+760)
- F0108 (ch. 1+120– 2+290)
- F0109 (ch. 3+240– 3+500)
- F0110 (ch. 4+160– 4+430)
- F0115 (ch. 0+790– 1+090)



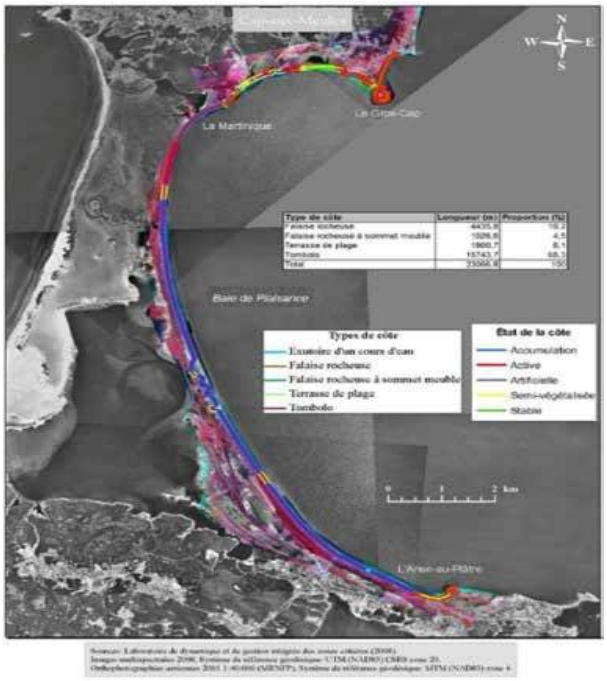
(Bernatchez and friesinger, 2009) MULTIBAND IMAGES 2008, GEODETIC REFERENCE SYSTEM: UTM (NAD83) CSRS ZONE 20, AERIAL ORTHOPHOTOGRAPHS 2001 1:40.000 (MRNFP).

منطقه La Martinique

این منطقه با داشتن نزدیک به ۱۶ کیلومتر باریکه خاکی که در حدود ۱۳۰۰ متر از آن به‌صورت مصنوعی سنگ‌ریزی شده است، شناخته می‌شود. بخش فعال این باریکه خاکی نزدیک به ناحیه شمالی Baie de Plaisance می‌باشد. بالاست سنگی قسمت پایینی ساحل را تشکیل می‌دهد. این خرده‌سنگ‌ها در قسمت شمالی منطقه ناپدید می‌شوند. به‌علاوه، جاده در فاصله کمتر از ۱۰ متری این منطقه سنگ‌ریزی شده قرار دارد. بنابراین، زیرساخت‌های جاده‌ای اغلب در هنگام طوفان‌های بزرگ آسیب‌پذیر هستند.

همچنین در خلال طوفان‌ها، حجم عظیمی از ماسه در هر لحظه جابجا می‌شود (به‌طور مثال ۲۷ نوامبر ۲۰۰۷ و ۵ ژانویه ۲۰۱۰). موقعیت زیر به‌عنوان منطقه‌ای با آسیب‌پذیری بالا معرفی شده است.

- F0103 (ch. 3+500– 4+830)



منطقه Havre aux – Maisons

این منطقه عمدتاً به وسیله طوفان‌های مناطق شرقی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. یک بخش سنگ‌چین به طول ۲۶۰ متر وجود دارد که خطر فرسایش را کاهش می‌دهد اما سبب ایجاد مشکلاتی در منتهی‌الیه شمالی این منطقه می‌شود و به‌عنوان منطقه‌ای با خطر آسیب‌پذیری متوسط معرفی شده است.

- F0104 (ch. 1+070– 1+740)

زمانی که مطالعات امکان‌سنجی تکمیل شود، تحلیل شرایط مناطق تحت تأثیر در جزیره به مقدار بیشتری به هم مرتبط می‌شوند و وزارت حمل‌ونقل کبک در موقعیتی قرار خواهد گرفت که می‌تواند محافظت بهتری از زیرساخت‌های جاده‌ای در مقابل پدیده فرسایش انجام دهد.

۴-تأثیرات بر محیط

دولت کبک در سال ۱۹۹۲ قوانین توسعه پایدار را به‌روزرسانی کرد و از آن زمان به بعد جنبه‌های زیست‌محیطی پروژه‌های راه در درجه اهمیت بالاتری قرار گرفت. اقدامات حفاظتی که به‌منظور پایدارسازی شبکه‌های جاده‌ای اجرا می‌شوند تأثیرات عمده‌ای بر محیط‌زیست و ساکنان منطقه می‌گذارند. به همین دلیل، مطالعات امکان‌سنجی که

در سال ۲۰۱۰ انجام خواهد شد شامل مطالعات ویژه زیست‌محیطی خواهد بود که اطلاعات زیادی را درباره سیاره زمین و حیات‌وحش و گونه‌های جانوری، گیاهی جمع‌آوری می‌کند.

۵- مشاهدات، راهکارها و نتایج

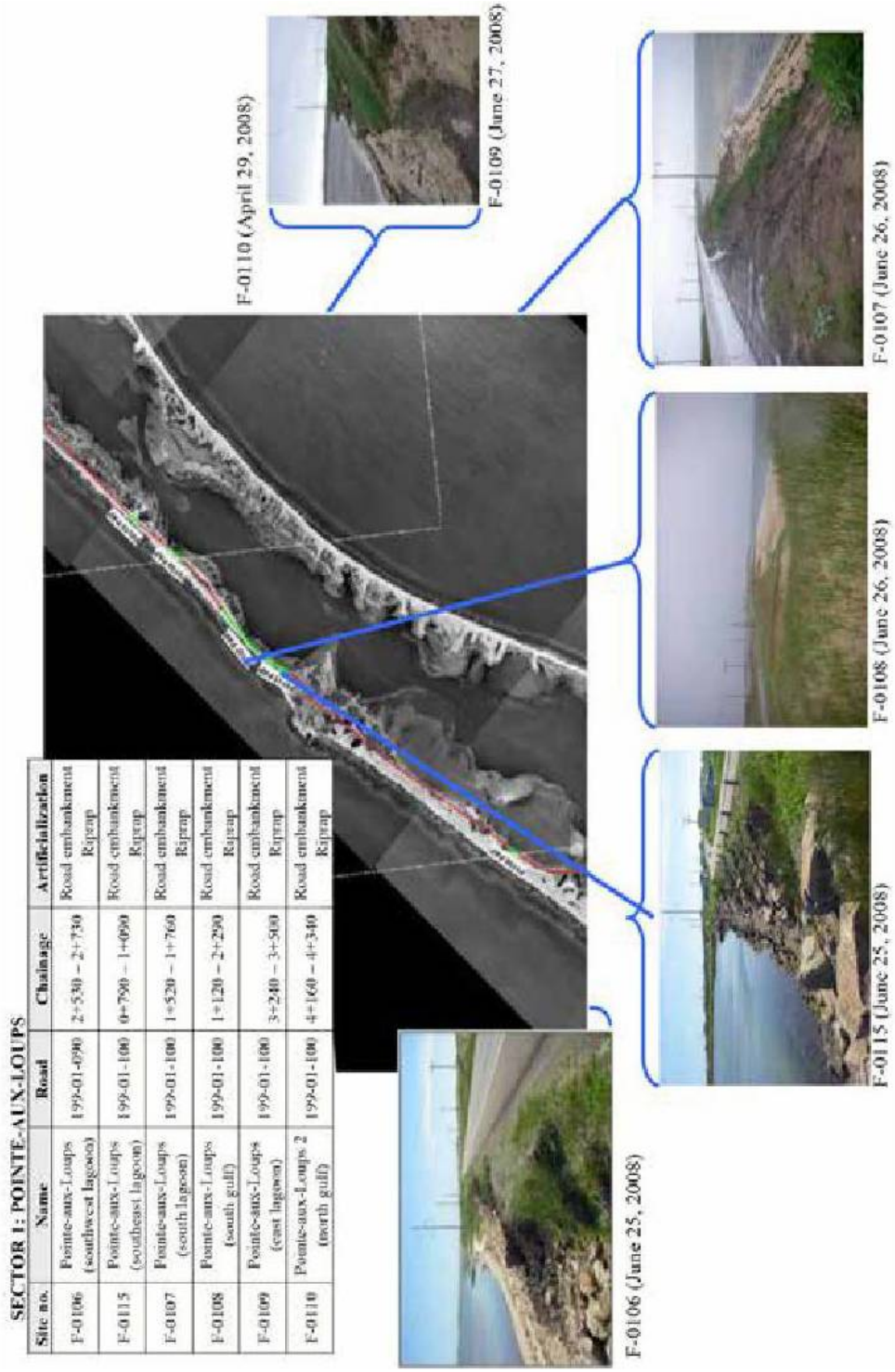
به‌منظور فراهم کردن تصویر واقع‌گرایانه‌تری از وضعیت Îles-de-la-Madeleine جنبه‌های زیر باید در بررسی مطالعات امکان‌سنجی در نظر گرفته شوند:

- مؤلفه‌های ژئومورفولوژی (توپوگرافی، نقشه‌برداری و رسوب‌شناسی)،
- مؤلفه‌های بیولوژی (اعماق دریا، بی‌مهرگان، ماهی، پستانداران و گیاهان)،
- مؤلفه‌های هیدرودینامیک (جریان آب، جزر و مد، تورم آب)،
- مؤلفه‌های انسانی (تصرف اراضی، مناظر خشکی، کشاورزی، ماهیگیری)،
- مؤلفه‌های فیزیکی (باد)،
- مشخصات مربوط به شن لایروبی شده (مطالعات فیزیک شیمی، آلاینده‌ها، ذره‌سنجی).

در خاتمه می‌توان گفت با در نظر گرفتن ایمنی کاربران شبکه جاده‌ای، فرسایش ساحلی جایگاه برجسته و مهمی در برنامه‌های آینده وزارت حمل‌ونقل کبک خواهد داشت.

بخش ۱: منطقه Pointe-aux-Loups

شماره منطقه	نام	شماره راه	کیلومتراژ	اقدامات انسان‌ساخت
F-0106	Pointe-aux-Loups (مرداب جنوب غربی)	199-01-090	2+530 – 2+730	راه، خاکریز، سنگ‌چین
F-0115	Pointe-aux-Loups (مرداب جنوب شرقی)	199-01-100	0+790 – 1+090	راه، خاکریز، سنگ‌چین
F-0107	Pointe-aux-Loups (مرداب جنوبی)	199-01-100	1+520 – 1+760	راه، خاکریز، سنگ‌چین
F-0108	Pointe-aux-Loups (خلیج جنوبی)	199-01-100	1+120 – 2+290	راه، خاکریز، سنگ‌چین
F-0109	Pointe-aux-Loups (مرداب شرقی)	199-01-100	3+240 – 3+500	راه، خاکریز، سنگ‌چین
F-0110	Pointe-aux-Loups (خلیج شمالی)	199-01-100	4+160 – 4+340	راه، خاکریز، سنگ‌چین

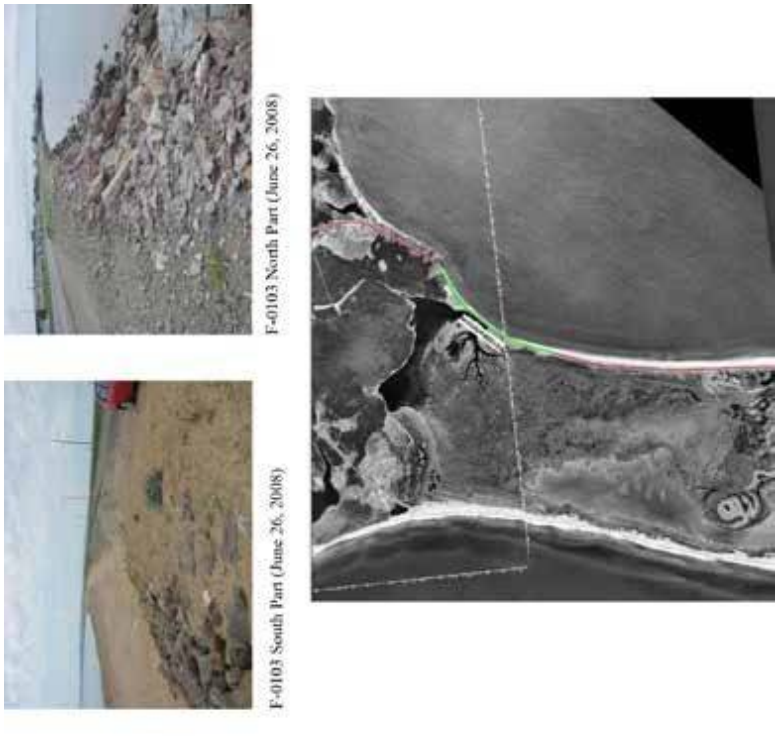


SECTOR 1: POINTE-AUX-LOUPS

Site no.	Name	Road	Chainage	Artificialization
F-0106	Pointe-aux-Loups (southwest lagoon)	199-01-090	2+530 – 2+730	Road embankment Riprap
F-0115	Pointe-aux-Loups (southeast lagoon)	199-01-100	0+790 – 1+090	Road embankment Riprap
F-0107	Pointe-aux-Loups (south lagoon)	199-01-100	1+520 – 1+760	Road embankment Riprap
F-0108	Pointe-aux-Loups (south gulf)	199-01-100	1+120 – 2+290	Road embankment Riprap
F-0109	Pointe-aux-Loups (east lagoon)	199-01-100	3+240 – 3+500	Road embankment Riprap
F-0110	Pointe-aux-Loups 2 (north gulf)	199-01-100	4+160 – 4+340	Road embankment Riprap

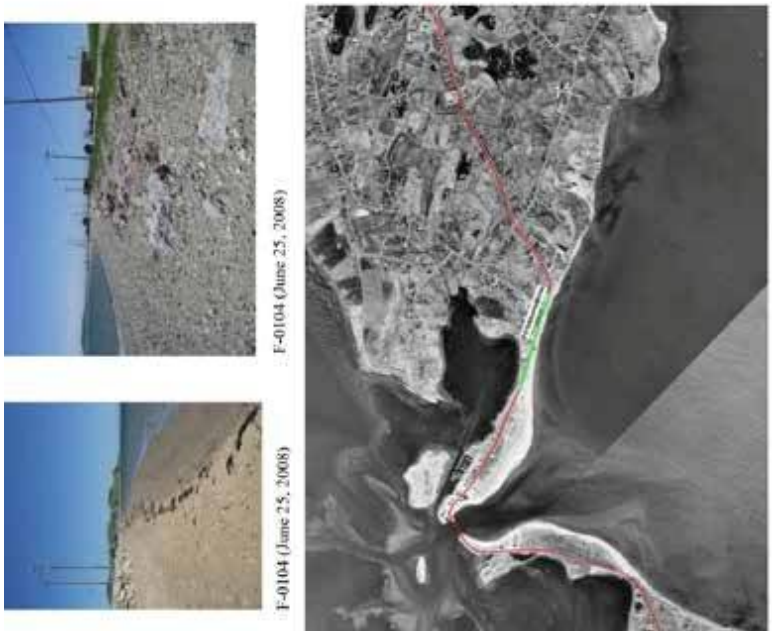
بخش ۲ و ۳: مناطق Havre aux – Maisons و La Martinique

شماره منطقه	نام	شماره راه	کیلومتراژ	اقدامات انسان‌ساخت
F-0103	La Martinique	199-01-040	3+500 – 4+830	خاکریز
F-0104	Havre aux–Maisons	199-01-081	1+070 – 1+740	سنگ‌چین



F-0103 South Part (June 26, 2008)

F-0103 North Part (June 26, 2008)



F-0104 (June 25, 2008)

F-0104 (June 25, 2008)

کانادا ۳- آتش‌سوزی جنگل در CHIBOU GAMAU

تهیه شده توسط: Lue Lemieu x، وزارت حمل‌ونقل کبک (کانادا)

۱- مطالعه، پروژه، فعالیت یا مطالعه موردی

کشور: کانادا (کبک)

منطقه جغرافیایی هدف: Chibougamau و منطقه حفاظت‌شده حیات‌وحش Laurentian

نوع خطرات (تهدیدات): انسانی (راه‌آهن، ماهیگیران)، طبیعی (رعدوبرق)، تغییرات آب‌وهوا (بارش کم و گرمای بالاتر)

دسته‌بندی ریسک:مدیریت ریسک، ارزیابی و ارتباطات

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: انجمن محافظت جنگل‌ها در برابر آتش‌سوزی (SOPFEU)، وزارت حمل‌ونقل و شهرداری‌ها

تاریخ اتمام: مارس ۲۰۱۰ (چشم‌انداز سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰)

مؤلف مطالعه موردی: Luc Lemieux، Direction du Saguenay–Lac-Saint-Jean–Chibougamau

۲- خلاصه

خطر وقوع آتش‌سوزی در بهار، تابستان (ماه مه تا سپتامبر) پس از دوره گرم و خشک بیشتر می‌شود. در این شرایط آتش سطح وسیعی از جنگل را در بر می‌گیرد و به‌طور پیوسته می‌تواند تمامی منطقه را پوشش دهد.
بیشتر قسمت‌های شبکه جاده‌ای به وسیله جنگل‌ها محصور شده‌اند. یک آتش‌سوزی حتی دور از جاده‌ها، بر روی امنیت حمل و جابجایی مردم و کالاها تأثیر می‌گذارد زیرا دود ناشی از آن می‌تواند دید راننده را کاهش دهد.
گرما و خشکی به‌علاوه کمبود بارش برف در زمستان‌ها، خطر آتش‌سوزی در جنگل‌ها را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، گرم شدن کره زمین منجر به افزایش دفعات بارندگی می‌شود. می‌توان گفت شرایط در بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹ برای وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها ایده‌آل بود و انتظار می‌رود که در سال ۲۰۱۰ نیز همین شرایط مشابه وجود داشته باشد.

۳- مقدمه

درمنطقه Saguenay–Lac-Saint-Jean–Chibougamau، در حدود ۱۲۸ آتش‌سوزی با ابعاد متفاوت در هر سال به وقوع می‌پیوندد. دو جاده این جنگل‌های انبوه را قطع و از میان آنها عبور می‌کند: جاده ۱۶۷ در منطقه حفاظت‌شده Ashuapmushuan و جاده ۱۱۳ که شهر Chapais را به منطقه Abitibi-Témiscamingue متصل می‌سازد. همچنین خط راه‌آهن منطقه Saguenay–Lac-Saint-Jean–Chibougamau شامل بخش Chibougamau را به

منطقه Abitibi-Témiscamingue وصل می‌کند. فرودگاه کبک در منطقه Chibougamau برای حمل‌ونقل هوایی مردم و کالاها و خدمات‌رسانی در هنگام وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.
ساخت مسیرهای فرعی در جاده‌های جنگلی حتی اگر غیرممکن نباشد بسیار دشوار است و به جهت شرایط نامطلوب، این جاده‌ها عمدتاً منجر به ایجاد تهدید و خطر در هنگام آتش‌سوزی در جنگل‌ها می‌شوند.

نقشه ۱- شبکه راههای وزارت حمل‌ونقل کبک در جنگل‌های شمالی

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5812،Carte-1-Le-reseau-routier-du-MTQ-tr.pdf

درختان جنگل‌های منطقه شمالی ترکیبی از توسکای زرد و شاه‌بلوط و صنوبر سیاه هستند. این درختان توسط صنایع جنگلی برای تولید کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نقشه ۲- توزیع خاک سطحی

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5813،Carte-2-Repartition-des-couches-veg.pdf

این پوشش خاکی در ناحیه حفاظت شدید (SOPFEU) قرار دارد.

نقشه ۳- ناحیه حفاظت شدید SOPFEU [۳]

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5814،Carte-3-Zone-de-protection-intensiv.pdf
http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5815،Carte-3-Zone-de-protection-intensiv.pdf

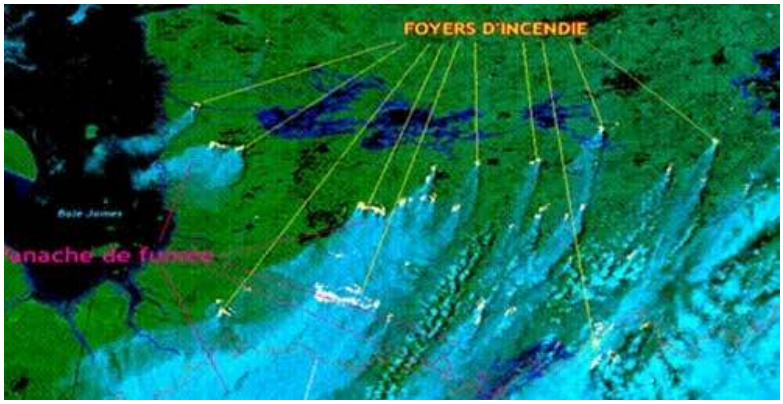
سال ۲۰۰۲، کانادا و سایر نقاط دنیا همچنان در حال گرم شدن

کانادا در سال ۲۰۰۲ برای دهمین سال پی در پی دمایی بالاتر از مقدار نرمال داشت. با این‌وجود هنوز گرم‌ترین هوا متعلق به سال ۱۹۹۸ است که یک رکورد محسوب می‌شود. بهار خنک سال ۲۰۰۲ زنجیره ۱۹ فصل را که دما بالاتر از متوسط نرمال بود، شکست و دمای هوا به قبل از تابستان ۱۹۹۷ رسید.
در سراسر دنیا سال ۲۰۰۲ دهمین سال پیاپی بود که دمای هوا بالاتر از دمای متوسط نرمال بود و از نقطه‌نظر رکورد دومین سال گرم محسوب می‌شد و سال ۲۰۰۹ در جایگاه سوم قرار می‌گرفت. پدیده ال‌نینو که در اقیانوس آرام به وقوع پیوست، بسیاری از کشورهای دنیا را تحت تأثیر جریانات نسبتاً شدید خود قرار داد. در سال ۲۰۰۲، هر ماه از سال در میان رکورد ۵ ماه از گرم‌ترین ماه‌های سال قرار می‌گرفت. حتی ژانویه و مارس گرم‌تر از رکوردهای ثبت‌شده بود. دسامبر، ۲۰۹امین ماه پیاپی با دمای بالاتر از متوسط نرمال بود. جولای ۱۹۸۵ آخرین باری بود که دمای سطح کره زمین خنک‌تر از میانگین بلندمدت بود. متوسط دمای جهانی $۱۴/۶۴^{\circ}C$ است که $۰/۵^{\circ}C$ بالاتر از درجه نرمال است. دما در طول ۱۰۰ سال گذشته افزایش یافته است و این افزایش ناچیز در ربع قرن اخیر شتاب

یافته است. در سال‌های بعد از ۱۹۸۷ ده سال وجود دارد که جزء گرم‌ترین سال‌ها محسوب می‌شوند و رکورددار هستند. بر طبق داده‌های سازمان هواشناسی جهانی، که دفتر مرکزی آن در ژنو قرار دارد؛ متوسط دمای کره زمین از سال ۱۹۷۶ نسبت به ۱۰۰ سال گذشته با سرعت سه برابر افزایش یافته است. هم‌اکنون در قرن ۲۱، دمای کره زمین $۰/۶^{\circ}C$ گرم‌تر از ابتدای قرن ۲۰ است. افزایش گرمای هوا فقط به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای و تأثیر ناشی از آن نیست بلکه در ربع قرن گذشته افزایش فعالیت‌های انسانی منجر به ایجاد تغییرات آب‌وهوایی شده است.

آتش‌سوزی در جنگل‌های کبک در سال ۲۰۰۲

کارشناسان انتظار فصل به‌مراتب دشوارتری را داشتند، تابستانی گرم و خشک و زمستانی با بارندگی‌های کم در آوریل و می. رعدوبرق بارها و بارها در خلال هفته اول جولای در کبک اتفاق افتاد و باعث ایجاد چندین حریق در بخش‌های وسیعی از جنگل شد. در مجموع، گزارش‌ها حاکی از این است که در حدود یک‌میلیون هکتار از جنگل‌ها در کبک دچار آتش‌سوزی شدند که معادل یک‌سوم جنگل‌های موجود در کانادا می‌باشد. نیمه ماه جولای شلوغ‌ترین زمان برای وقوع رعدوبرق و صاعقه و آتش‌سوزی در اونتاریو، مانیتوبا و بریتیش کلمبیا بود.
در پایان فصل، مرکز آتش‌نشانی جنگل‌های کانادا در منطقه وینی‌پگ گزارش داد که سال ۲۰۰۲، یک سال متوسط در مورد تعداد آتش‌سوزی‌ها و میزان مناطق تحت تأثیر آتش بوده است. درحالی‌که در اول دسامبر ۲۰۰۲، تعداد ۷۸۳۲ آتش‌سوزی ۲,۸۰۰,۲۰۰ هکتار از جنگل‌ها را سوزاند. میانگین ۱۰ ساله عبارت بود از ۷۷۵۷ آتش‌سوزی و نابودی ۲;۶۶۴,۱۴۰ هکتار جنگل. آخرین سالی که در آن آتش‌سوزی‌های قابل‌ملاحظه‌ای در کانادا اتفاق افتاد، سال ۱۹۹۸ بوده است.



نواحی آتش‌سوزی‌های اصلی در شمال کبک در سال ۲۰۰۲

سال ۲۰۰۹ بهار بدون برف

در جنوب و مرکز کبک، رکورد یک بهار کم برف ثبت شد. در مونترال، شربروک و بوگوتویل، میزان بارش برف حتی از رکوردهای ثبت‌شده به ترتیب در سال‌های ۱۹۴۱، ۱۹۶۲ و ۱۹۴۲ نیز کمتر بود. در فرودگاه بین‌المللی ترودو مونترال بین ماه‌های مارس و مه فقط در حدود ۳/۸ سانتی‌متر برف بارید که در مقیاس بارش برف ۱۱/۵ سانتی‌متری در سال ۱۹۵۳ یک کاهش سیزده برابری را نشان می‌دهد. دومین رکورد بهار کم برف در منطقه اتاوا-گاتینو به ثبت رسید که فقط ۷/۶ سانتی‌متر برف بارید (بالاترین رکورد ثبت‌شده مربوط به آغاز سال ۱۹۳۸ است). حتی به طرز شگفت‌انگیزی، بارش برف در شهر کبک بین ماه‌های فوریه تا مه کمتر از رکوردهای ثبت‌شده است (فقط در حدود ۲۳ سانتی‌متر). این نکته قابل‌ملاحظه است که در نیمه نخست زمستان تا ۳۱ ژانویه در حدود ۲۰۳ سانتی‌متر برف باریده است که نزدیک به ۱۵۰٪ میانگین است.

وزش باد در ماه مه ۲۰۰۹

در ۱۴ مه، تندبادها با سرعت بالای ۱۰۰km/h سبب ایجاد خسارت‌های قابل‌ملاحظه‌ای در چندین نقطه کبک شدند. این بادهای شدید همچنین شرایط رانندگی را نیز مختل ساختند. شش نیمه تریلر شامل یک تریلر ۱۸ چرخ، در نزدیکی منطقه Beloeil واژگون شدند. در مونترال سرویس‌های حمل‌ونقل عمومی مانند خدمات اتوبوس‌رانی در خط ویژه پل Champlain به حالت تعلیق در آمدند. باد علایم ترافیکی را جابجا کرده بود و وزش باد شدید باعث ایجاد خسارت در کابل‌های انتقال برق ۷۰۰۰ واحد مسکونی شده بود. همچنین خسارت‌های اصلی در منطقه Saint-Julie اتفاق افتاده بود، جایی که وزش باد باعث ریشه‌کن شدن صدها درخت گردید. در Alma سقوط درختان بر روی کابل‌های برق سبب آتش‌سوزی شده بود، در La Tuque و منطقه Baiest-St-Paul پشت‌بام‌ها و دکل‌های برق و تیرهای روشنایی خیابان دچار آسیب شده بودند و خسارت‌های فراوانی به اموال عمومی و شخصی وارد آمده بود.

سال ۲۰۱۰

در سال ۲۰۱۰، لایه نازکی از برف بر روی زمین (مشابه سال گذشته) با یک هوای معتدل بهاری به همراه بارشی ملایم همراه شد. بازگشت چرخه ال‌نینو شرایط پرخطری را برای ایجاد آتش‌سوزی‌های بهاری در جنگل‌ها ایجاد کرد.

مقاله روزنامه- آتش‌سوزی در جنگل‌ها در فصل زمستان

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5818.Incendies-de-foret-en-hiver.pdf

۴- تحلیل و نتایج

مشاهدات و اطلاعات هواشناسی برای فعالیت‌های همکاران سازمان SOPFEU ضروری هستند. هر روز، سرویس‌های هواشناسی از ۱۵۹ ایستگاه مختلف داده‌ها را به‌صورت ساعتی جمع‌آوری و تحلیل می‌کنند. این اطلاعات به‌صورت آنلاین در دسترس هستند و شرایط دقیق جنگل‌ها را نشان می‌دهند که به سازمان SOPFEU این امکان را می‌دهد که شاخص‌هایی را برای ارزیابی میزان خطر آتش‌سوزی در نقاط مختلف استان تعیین نماید. نرم‌افزار مدیریت صاعقه برای مناطق تحت نظارت سازمان SOPFEU مورد استفاده قرار می‌گیرد (این نرم‌افزار متعلق به Hydro-Québec می‌باشد)[۷].

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5827،Logiciel-de- gestion-du-point-de-chu.pdf

این نرم‌افزاربه‌وسیله انجمن SOPFEU مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌زودی، در اختیار سایر سازمان‌هایی که از پورتال Geo-risk استفاده می‌کنند نیز قرار می‌گیرد. این پورتال هم‌اکنون مورد استفاده وزارت حمل‌ونقل کبک و سازمان امنیت شهری مناطق می‌باشد.

آمارهای مربوط به عوامل ایجاد آتش‌سوزی‌ها در ۱۰ سال اخیر [۸]
http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5836،Statistiques-des-10-dernieres-annee.pdf

آمارهای مربوط به سال ۲۰۰۷ در مقایسه با میانگین ده‌ساله بین ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷.[۳]
http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5837،Statistiques-pour-l-annee-2007-vers.pdf

گزارش مدیر اجرایی SOPFEU - ۲۰۰۷ یک سال پر چالش

تعداد آتش‌سوزی‌هایی که انجمن SOPFEU در سال ۲۰۰۷ با آنها مقابله کرده است ۱۶ درصد در مقایسه با میانگین ۱۰ ساله گذشته رشد کرده است. به جهت خسارات ناشی از صاعقه، سال ۲۰۰۷ چالشی‌ترین سال برای انجمن بوده است. تعداد ۸۹۲ حریق در این فصل به وقوع پیوسته که ۲۷۸۰۳۳ هکتار از جنگل‌ها را تحت تأثیر قرار داد. هزینه مهار آتش به بالای ۶۳/۷ میلیون دلار رسید. صنایع پایین‌دستی در نوامبر ۲۰۰۶ هزینه‌های خود را اعلام کردند و وزارت منابع طبیعی کانادا هزینه‌های مهار آتش‌سوزی تا ۳۱ مارس ۲۰۰۹ را بررسی کرده است.

دوره‌های اوج نگران‌کننده: ۲۰۰۷[۳]

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5824.L-annee-2007-periodes-de-pointe-pre.pdf

دوره‌های اوج

دو دوره نگران‌کننده ویژه در فصل حفاظت اتفاق افتاد. اولی در ۲۵ مه آغاز شد و ۲۵۴ آتش‌سوزی ۳۰ کیلومتر از شرق منطقه Semnelere در Abitibi را سوزاند. این حریق که نزدیک به ۶۰۰۰۰ هکتار از جنگل‌ها را در بر گرفت، طیف وسیعی از کارکنان سازمان SOPFEU را در آن زمان به خود مشغول ساخته بود. در ماه می، حدود ۸۰۰۰۰ هکتار از جنگل‌ها تحت تأثیر آتش‌سوزی قرار گرفت که این مقدار از میانگین مربوط به کل فصل بیشتر بود. دومین دوره نگران‌کننده از ۱۰ ژوئن تا اول جولای طول کشید. در ۱۲ ژوئن وقوع صاعقه و شرایط آب‌وهوایی خشک باعث ایجاد ۱۲۸ حریق شد. ازآنجا که گروه‌های متعددی برای مهار آتش‌سوزی در منطقه ۲۵۴ شرقی Semeterre به کار گرفته شده بودند، انجمن SOPFEU مجبور شد با منابع خارجی دیگری جهت امداد تماس بگیرد. ۱۶ ژوئن با ۱۶۲ آتش‌سوزی در کبک، پرکارترین روز برای SOPFEU بود.

در سال ۲۰۰۷ تعداد صاعقه‌ها غیرعادی بود و باعث افزایش ۴۰ درصدی آتش‌سوزی‌های ناشی از صاعقه گردید و درمجموع ۴۰۴ حریق به وقوع پیوست که در مقایسه با میانگین ۲۴۲ حریق در طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ افزایش چشمگیری بود.

مطابق گزارش SOPFEU، نرخ رشد حریق در اثر صاعقه برای چند سال متوالی صعودی بوده است.

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5838.Tendance-a-la-hausse-des-feux-de-fo.pdf

افسانه‌ها و حقایق درباره رعدوبرق[۹]

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5828.Mythes-ou-realite-sur-la-foudre.pdf

افسانه: رعدوبرق عامل اصلی حریق در جنگل‌ها می‌باشد.

تحقیق و پرسش SOPFEU از افرادی که در طی سال گذشته در جنگل مشغول فعالیت‌های مختلف بوده‌اند نشان می‌دهد یک‌سوم پاسخ‌دهندگان اعتقاد دارند عامل اصلی ایجاد حریق در جنگل‌های کبک صاعقه است.

حقیقت: فعالیت‌های انسانی دلیل بیشتر حریق‌های جنگلی است.

فعالیت‌های انسانی سبب ۶۷% حریق‌ها و صاعقه سبب ۳۳% حریق‌ها می‌باشد. از آنجا که بیشتر حریق‌ها در جنگل بر اثر فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود، رفتارهای بازدارنده می‌تواند تفاوت بزرگی را ایجاد کند. در کبک، کاهش ۴۰ درصدی به معنای ۳۵۰ حریق کمتر در هر سال است. با وجودی که صاعقه تنها عامل ۳۳ درصد از حریق‌هاست، اما از نظر وسعت منطقه تحت تأثیر، حریق‌های ناشی از صاعقه بیشترین سهم را دارند. عوامل انسانی سبب آتش‌سوزی در جنگل‌ها اگر چه کم‌خسارت‌تر هستند اما نه تنها جنگل‌ها، بلکه خانه‌ها و زیرساخت‌ها را نیز تهدید می‌کنند.

۵- عواقب آتش‌سوزی بر سلامت کاربران راه و جریان ترافیک

متوقف کردن جریان ترافیک به دلیل وقوع حریق در جنگل‌ها، ایمنی کاربران شبکه جاده‌ای را تأمین می‌کند. به‌صورت همزمان، این حریق سبب ایجاد فشارها و سختی‌هایی نیز می‌شود (تخمین طول انسداد ترافیکی، تخمین کوتاه‌ترین طول ممکن برای انسداد ترافیک). حریق‌های جنگلی همچنین تأثیرات منفی اقتصادی بر جوامع مجاور منطقه حادثه‌دیده دارند (گردشگری محلی و بین‌المللی و ماهیگیری). فرایند مربوط به اقدامات، در ماه مه ۲۰۰۹ توسط سازمان امنیت شهری برای منطقه Saguenay–Lac-Saint-Jean–Chibougamau و Cote- Nord تعیین شد.
http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5829، procedu1.pdf

فرایندهای مربوط به امور ارتباطی و اطلاع‌رسانی به‌وسیله وزارت حمل‌ونقل کبک برای آگاهی بخشیدن به کاربران راه و سایر ارگان‌های مربوطه در هنگام وقوع حریق‌های جنگلی تعیین و تدوین شده‌اند.
http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5830،procedure-de-communication-etablie-.pdf

۶- مشاهدات، راهبرد و نتیجه

بسته به اندازه و شدت، حریق‌های جنگلی می‌توانند سبب انسداد در جنگل‌ها و قسمت‌هایی از شبکه جاده‌ای شوند. این وضعیت ممکن است منجر به توقف تولید الوار، ایجاد انسداد در راههای جنگلی و توقف جریان ترافیک و جابجایی انسان و کالا شود. گاهی اوقات حریق جنگلی ممکن است ساکنان مناطق شهری، کارکنان جنگلداری، مسافران و گردشگران و ماهیگیران را وادار به تخلیه محل کند. نرم‌افزار محاسباتی اداره فدرال راهها[1](FHWA)هزینه‌های واقعی کاربری شبکه راه را ارزیابی می‌کند. این نرم‌افزار جایگزین برنامه‌های TRDI visual/LCAA شده است که قبلاً مورد استفاده قرار می‌گرفتند. نقشه‌های زیر حاوی اطلاعاتی درباره‌شبکه جاده‌ای Saguenay-Loc-Saint-Jean-Chibougamau می‌باشد. این نقشه‌ها متوسط سالیانه ترافیک در هر روز[2](AADT)را در منطقه Chibougamau نشان می‌دهد. همچنین این نقشه‌ها درصد مسافرت وسایل نقلیه سنگین، AADT وسایل نقلیه سنگین، میانگین ترافیک انواع وسایل نقلیه و حجم تردد وسایل نقلیه سنگین و حجم جابجایی افراد (توریست‌ها) را نشان می‌دهد.

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5819،Information-sur-le-reseau-routier-d.pdfhttp://private.piarc.org/library/CTC3/2/5820،Information-sur-le-reseau-routier-d.pdfhttp://private.piarc.org/library/CTC3/2/5821،Information-sur-le-reseau-routier-d.pdfhttp://private.piarc.org/library/CTC3/2/5822،Information-sur-le-reseau-routier-d.pdf

1. The **F**ederal **H**igh**w**ay **A**dministration
2. The **A**verage **A**nnual **D**aily **T**raffic

در سال ۲۰۰۵، جاده ۱۶۷ در منطقه تحت حفاظت Ashuapmushuan از تاریخ ۳۱ مه تا ۶ ژوئن به خاطر حریق جنگلی در طول راه و ایجاد دود (که باعث کاهش دید شده بود)، مسدود شد. مسیرهای ویژه بر اساس وضعیت منطقه جهت تخلیه ساکنان منطقه در نظر گرفته شد و مسیرهای ایمنی برای جابجایی خصوصاً جابجایی‌های ضروری فراهم آمد.

در نهایت، SOPFEU سیستم پایش وضعیت حریق‌های جنگلی را راه‌اندازی کرد. در زمانی که میزان خطر و ریسک به سطح بالایی می‌رسد، تمام سازمان‌های ذی‌ربط و مسؤولان امنیت شهری در منطقه به حالت آماده‌باش در می‌آیند. در این مواقع از سازوکار مدیریت اورژانس استفاده می‌شود. انواع دیگری از اقدامات پیشگیرانه توسط وزارت حمل‌ونقل کبک در حال بررسی است. احتمال وقوع آتش‌سوزی در مناطق جنگلی مجاور فرودگاه، یکی دیگر از موارد اضطراری است که در طرح‌های اضطراری فرودگاهی وزارت حمل‌ونقل مورد توجه قرار گرفته است. زیرا این مناطق دورافتاده و بدون مسیرهای جایگزین هستند و در زمانی که نقاط ورودی و خروجی منطقه تحت حریق مسدود باشند اقدامات مراقبتی از فرودگاه حیاتی به نظر می‌رسد. زیرا هواپیماهای آب‌پاش CL-415 فقط از این فرودگاه‌ها قادر به پرواز و امدادرسانی به مناطق تحت حریق می‌باشند. اثر حریق‌های جنگلی بر شبکه جاده‌ای در نشانی زیر ارایه شده است. بازه زمانی مسدود بودن راهها بین یک تا شش روز می‌باشد.

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5839.Impact-des-feux-de-foret-sur-notre-.pdf

مسدود شدن جاده‌ها بر اثر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها منجر به ایجاد موانع زیر می‌شود:

- کاهش سرعت جریان ترافیک کاروان‌های امدادی (یا خودروهایی که دارای اسکورت هستند).
- افزایش خطوط انتظار در ترافیک جاده‌ای.

وجود دود ناشی از حریق در مناطق مجاور راه، به دلیل کاهش میدان دید باعث کاهش سرعت ترافیک می‌شود و موارد زیر را افزایش می‌دهد:

- مصرف سوخت،
- استهلاک موتور خودرو در هر کیلومتر مسافت رانده‌شده،
- زمان مورد نیاز برای سفر.

نرم‌افزار REAL COST هزینه تأخیرهای بیشتر از ۲۰ دقیقه در جریان ترافیکی را بر حسب ساعت به دلار و بر مبنای متوسط درآمد ماهیانه افراد ساکن در کبک در سال ۱۹۹۸ محاسبه می‌کند. ارزش پول هدر رفته برای هر ساعت تأخیر بر اساس انواع وسایل نقلیه و به ازای هر سرنشین عبارت است از:

$\frac{\$30.23}{h}$: راننده کامیون سنگین و همچنین جریمه تأخیر در حمل‌ونقل کالا

$\frac{\$27.78}{h}$: راننده کامیون سبک (حمل سوخت و کارگران جنگلداری)

$\frac{\$23.79}{h}$: راننده اتوبوس (تأخیر مسافران)

$\frac{\$7.07}{h}$: مسافران اتوبوس

$\frac{\$16.86}{h}$: خودروی در حال کار، راننده و مسافر

$\frac{\$9.80}{h}$: خودروی در حال رفتن به محل کار

$\frac{\$7.07}{h}$: خودروی در حال رفتن به مدرسه

باید توجه داشت که شاخص‌های مربوط به هزینه‌های زندگی در محاسبه داده‌ها در سال ۲۰۱۰ محاسبه می‌شوند. این هزینه‌ها با استفاده از نقشه حجم جریان ترافیکی که در نشانی زیر آمده است تصویرسازی شده است.

نقشه: مجموع متوسط ترافیک روزانه

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5816،Debit-journalier-moyen-estival-DJMe.pdf

میانگین ترافیک روزانه تابستانی (ASDT) در جاده ۱۶۷ بین منطقه La Doré و Chibougamau، برابر ۱۳۴۰ وسیله نقلیه است. ۵۰ درصد حجم ترافیک ایجادشده را وسایل نقلیه سنگین و کامیون‌های سبک با تعداد ۶۲۰ دستگاه خودرو انتقال کالا تشکیل می‌دهند که اگر این مقدار در هزینه تخمینی ۵۸ دلار در هر ساعت ضرب شود مجموع ۳۵۹۶۶ دلار در ساعت به دست می‌آید. سایر وسایل نقلیه ۴۰ درصد مابقی ترافیک را تشکیل می‌دهند که شامل ۵۹۶ سفر روزانه می‌باشد، که اگر این مقدار در هزینه تخمینی ۳۳/۶۰ دلار در هر ساعت ضرب شود مجموع ۲۰۰۲۵ دلار در ساعت به دست می‌آید. بنابراین هر ساعت توقف جریان ترافیک نزدیک به ۵۶۰۰۰ دلار هزینه در بر دارد.

آماده‌سازی

- برگزاری جلسات سالانه با تمامی ارگان‌های تأمین‌کننده امنیت شهری در ماه مارس.
- توسعه و تکمیل فهرست‌های مرتبط با حریق‌های جنگلی.
- توسعه و تکمیل فهرست‌های مرتبط با نقشه‌های راههای دسترسی به جنگل‌ها.

پیشگیری

- پاک‌سازی شبکه راه (در محدوده‌های ۷۵ متری برای منطقه حفاظت‌شده Lourentian)
- پاک‌سازی راهها (جاروب کردن جاده‌ها) برای کاهش احتمال آتش‌سوزی.

مداخله

- قرار دادن موانعی در مسیر راه و جاده‌های جنگلی برای توقف جریان.
- سازمان‌دهی مسیرهای تحت مراقبت برای مسافران و وسایل نقلیه سنگین.
- بازرسی پل‌ها پس از وقوع حریق.
- همکاری با سازمان‌های Hydro.Quebea و SOPFEU برای پوشش تمامی مناطق جنگلی دچار حریق.
- پرواز بر فراز محدوده آتش‌سوزی به وسیله بالگرد برای تعیین وضعیت شبکه راه.
- همکاری با سازمان امنیت شهری مناطق (ORSC)[1].

بازیابی و تهیه گزارش پس از حادثه

پروژه‌های سال ۲۰۱۰

داده‌های مربوط به میزان بارش برف در زمستان ۲۰۱۰ (زمان نگارش گزارش) هنوز در دسترس نبودند. اما طبق گزارش‌های شبکه هواشناسی ۲۲۹ سانتی‌متر برف در سال ۲۰۱۰ بارید، درحالی‌که متوسط بارش فصلی ۳۳۹ سانتی‌متر است. بر اساس گزارش‌های تصویری سازمان محیط زیست کانادا، بارش باران کمتر از مقدار نرمال بوده

1. **O**rganisation **R**égionale de la **S**écurité **C**ivile

است. مدیران سازمان‌های همکاری بین‌المللی در امور مدیریت سدهای استانی از میزان پوشش برف زمستانی ابراز نگرانی کرده‌اند. این نشانه خوبی برای آتش‌سوزی‌های جنگلی احتمالی در ماه مه ۲۰۱۰ نبود.

پیش‌بینی‌های سال ۲۰۱۰ (پایین‌تر از سطح نرمال)

منبع ۱۵: سازمان محیط‌زیست کانادا / خبرنامه/ تصاویر

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5831،Source-15-environnement-Canada_bull.pdfhttp://private.piarc.org/library/CTC3/2/5832،Source-15-environnement-Canada_bull.pdf

تأثیرات احتمالی ناشی از تغییرات آب‌وهوا

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5840،Impact-possible-des-changements-cli.pdf

منبع: Le Quotidien, March 12, 2010

منبع: Le Soleil, March 20, 2010

منبع ۱۶: سازمان محیط زیست کانادا، بارندگی‌ها کمتر از مقدار نرمال است.

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5833،Source-16-environnement-Canada-Cart.pdf

منبع ۱۷: سازمان محیط زیست کانادا، دما دارای انحراف از میزان نرمال است.

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5835،Source-17-environnement-canada-Cart.pdf

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5835،Source-17-environnement-canada-Cart.pdf

تأثیر بر مدیریت سدها

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5825،La-grande-entreprise-gestionnaire-d.pdf

منبع: Le Quotidien, March 2010

مطلوبیت گرمای هوا برای برخی فعالیت‌ها

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5826،Le-beau-temps-ne-depla-t-pas-a-tout.pdf

منبع: Le Soleil, March 14, 2010

وسعت آتش‌سوزی سال ۲۰۰۲ در Chibougamou [۶]

http://private.piarc.org/library/CTC3/2/5823.Intensite-du-feu-de-foret-a-Chiboug.pdf

حریق جنگلی در CHTBOUGAMAU **در سال ۲۰۰۲**

مراجع

- Ministère des Transports du québec.
- Le grand atlas du Canada et du monde, p.53, 2002.
- Rapport annuel 2007 de la Société de protection des forêts contre le feu (sopfeu), p. 4-5, 2007.
- Environment canada website, Weather and meteorology, “Ten Top Weather Stories for 2002”
- Environment canada.
- Atlas électronique du Saguenay–Lac-Saint-Jean.
- Sopfeu website.
- Sopfeu website, “Statistiques” tab.
- Site Web de la sopfeu, onglet “Publications.”
- Taken from the regional emergency measurse and civil security plan by the
- Direction du Saguenay–Lac-Saint-Jean–Chibougamau, p.231, august 2009.
- Ministère des Transports du québec, “Le diagnostic régional des transports”,
- Saguenay, québec, 2000.
- Table developed by the centre de services de chibougamau in march 2010.
- Le quotidien, march 2010.

کانادا ۴- مدیریت ریسک رانش خاک‌های رسی در کبک

تهیه شده توسط: Janelle Potvin، وزارت حمل‌ونقل کبک (کانادا)

۱- مطالعه، پروژه، فعالیت یا مطالعه موردی

کشور: کانادا، کبک

منطقه جغرافیایی هدف: استان کبک

نوع خطرات (تهدیدات): رانش خاک رس

دسته‌بندی ریسک: مدیریت ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط:MSP (امنیت عمومی) و شهرداری‌ها، مدیریت اراضی ملی، وزارت حمل‌ونقل کبک

تاریخ اتمام: ۲۰۰۳

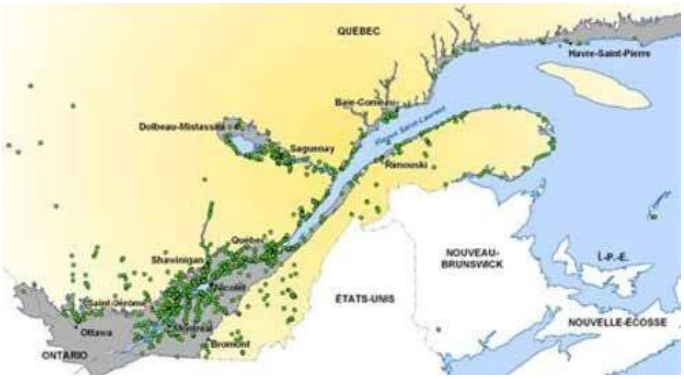
مؤلف: Janelle Potvin، Direction du Laboratoire des Chaussées

۲- خلاصه

به‌منظور کاهش میزان خطرپذیری رانش زمین در خاک‌های رسی مناطق مجاور دریا، اخیراً دولت کبک در دره رودخانه Lawrence، سیستم مدیریتی متشکل از چهار مؤلفه را پیاده‌سازی کرده است. نخست، یک برنامه نقشه‌برداری جدید با مقیاس ۱:۵۰۰۰ برای مناطق مستعد رانش زمین که در سال ۲۰۰۳ اجرایی شد و قابلیت تطبیق با شرایط گوناگون را دارد. دوم، یک برنامه مدیریت و ریسک برای هر منطقه بر روی نقشه که این برنامه با همکاری شهرداری‌های مناطق مختلف تکمیل و توسعه یافت. سوم، حمایت‌های مالی و فنی دولت به‌خصوص در شرایط اضطراری و به‌منظور پیشگیری از وقوع خطر و در نهایت، پیشنهاد برنامه‌های آموزشی و آگاه‌سازی عمومی برای انسجام بیشتر بخش‌های مختلف جامعه و تکمیل فرایند پشتیبانی. تجربه سی سال گذشته در کبک نشان می‌دهد هر یک از این مؤلفه‌ها به‌طور مؤثری در مدیریت خطر ناشی از رانش زمین ضروری هستند.

۳- مقدمه/ مرور

بیش از ۸۵ درصد جمعیت کبک در مناطقی با خاک‌های رسی ساکن هستند که بیشتر بخش‌های آن تحت تأثیر دوران پسایخبندان قرار دارند. این مناطق عبارتند از St.Lawrene، رودخانه‌های اتاوا به‌علاوه ناحیه Saguenay.



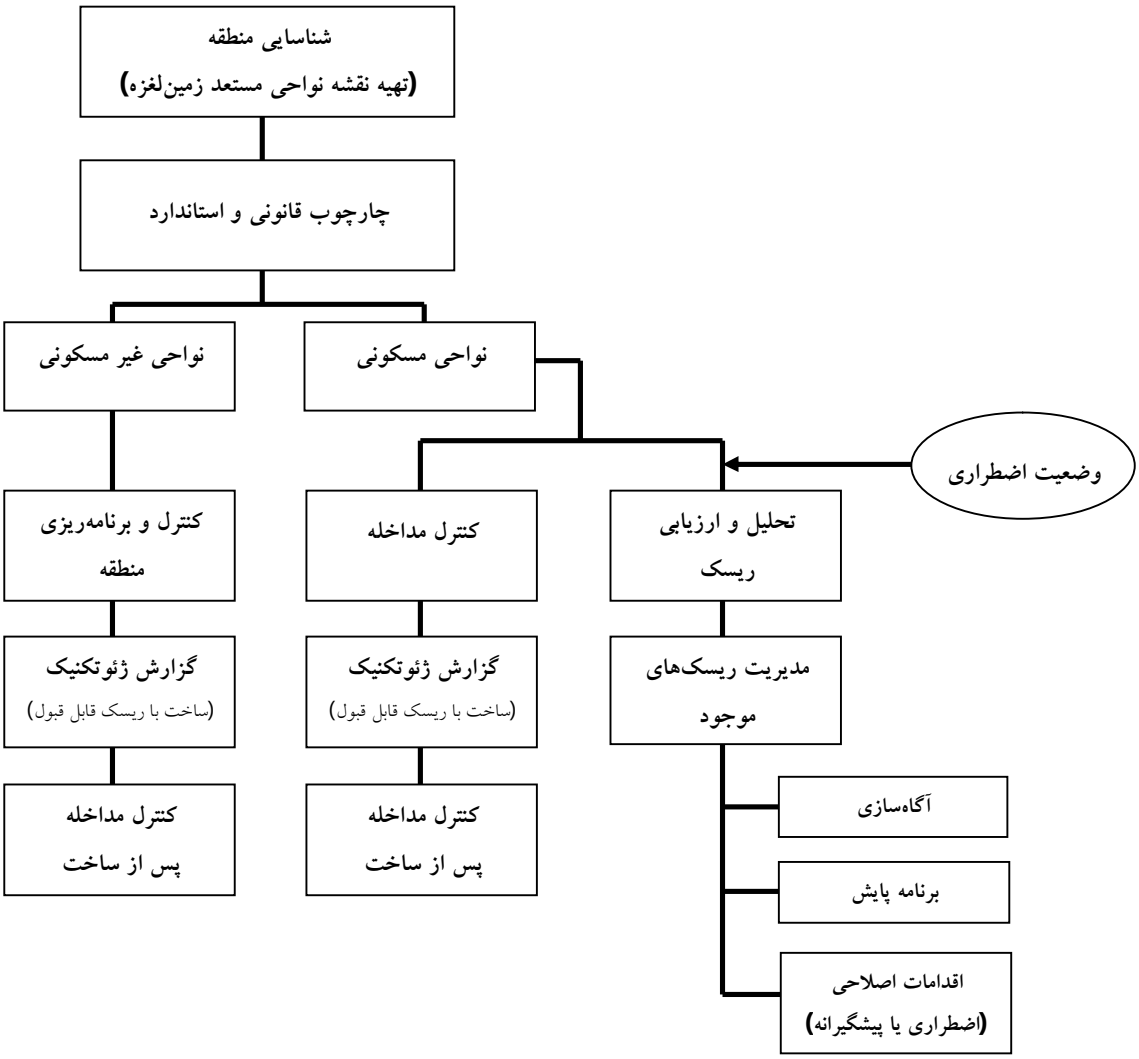
پراکندگی ذخایر دریایی و توزیع نقاط رانش زمین

این خاک‌های رسی مستعد لغزش و رانش هستند. رکوردهای ثبت‌شده مربوط به رانش زمین بر اساس گزارش وزارت حمل‌ونقل کبک بر این نکته دلالت دارند که ۸۰ درصد رانش‌های زمین در مرزهای دریایی مناطقی متمرکز هستند که تحت تأثیر پدیده پسایخبندان قرار دارند. بیشتر لغزش‌ها در کرانه‌های رسی رودخانه‌ها و راههای آبی اتفاق می‌افتند و علت پیدایش آنها فرسایش بستر رودخانه‌ها و کرانه آنها می‌باشد. بالا آمدن و چرخش لایه‌های خاک پدیده بسیار رایجی است. با وجود اینکه، بیشتر لغزش‌ها دارای عرض کمی هستند، اما می‌توانند سبب ایجاد آسیب‌های گسترده‌ای به اموال عمومی و همچنین زیرساخت‌ها شوند. چرخش لایه‌ها گاهی حرکت عظیمی را در عرض چند دقیقه در لایه‌ها ایجاد می‌کند که این حرکت عظیم می‌تواند شکاف‌های بسیار بزرگی را به وجود آورد که اصطلاحاً به آنها جریان‌های سریع زمین می‌گویند. این شکاف‌ها می‌تواند تا چند صد متر گسترش یابند و منجر به از دست رفتن حیات یا ایجاد خسارت‌های گسترده فیزیکی شوند.

به‌طور خلاصه، به جهت اینکه لغزش زمین‌های رسی پدیده بسیار رایجی است (صدها مورد در هر سال) و از آنجا که اکثر زمین‌لغزه‌ها در مناطقی با تراکم جمعیت بالا اتفاق می‌افتد که می‌تواند منجر به خسارت‌های عظیمی شود، دولت کبک رویکردهای مدیریتی خود را در زمینه مدیریت ریسک این‌گونه پدیده‌ها در سال‌های اخیر مورد بازنگری قرار داده است. تحلیل، ارزیابی و مدیریت ریسک مرتبط با خطر رانش زمین یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین برنامه‌های مدیریتی حکومت کبک در سال‌های اخیر بوده است. به جهت تجربه به‌دست‌آمده از وقوع زمین‌لغزه‌های مختلف در کانادا، سرویس‌های ژئولوژی و ژئوتکنیک وزارت حمل‌ونقل کبک در رویکردی جدید، فعالیت‌های مشترک خود را با وزارت امنیت ملی و شهرداری‌های مناطق و سازمان امور اراضی، توسعه داده است.

۴-تحلیل‌ها / نتایج

اقدامات دولت کبک عمدتاً بر روی مدیریت کلی خطر رانش زمین، به‌خصوص در بخش اقدامات پیشگیرانه، متمرکز شده است. نمودار سازمانی زیر بیانگر این است که تمامی اقدامات با همکاری و مشارکت سازمان‌های شهری و خود ساکنین انجام شده است. توضیحات مربوط به نمودار در ادامه آمده است.



نمودار سازمانی دولت کبک برای مدیریت خطر رانش زمین

گام نخست از برنامه‌ریزی: شناسایی منطقه

بر اساس این اصل (که گام نخست آن عبارت است از شناخت خطرهایی با امکان تهدید مردم و اموال عمومی)، برنامه نقشه‌برداری مخصوصی برای شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر خطر رانش زمین با استفاده از رویکرد منطقه‌ای در سال ۲۰۰۳ طراحی و اجرایی شد. پس از ارایه مشاوره‌های گسترده به کاربران اصلی این نقشه‌ها و به‌طور مشخص شهرداری‌ها، تصمیم گرفته شد نقشه‌ها در مقیاس ۱:۵۰۰۰ تهیه شوند و بنا به درخواست قرار شد که نقشه‌های مناطق شهری در مقیاس ۱:۲۰۰۰ تهیه شوند. این مقیاس‌ها کار شهرداری‌ها و کارشناسان شاغل در مشاورین املاک و مستغلات (به‌خصوص، نقشه‌برداران و دفاتر اسناد رسمی) را تسهیل کرد. برای هر منطقه، چندین لایه از اطلاعات گوناگون بر هم منطبق شدند و نقشه‌های مختلفی را به وجود آوردند.

نخستین نقشه، «نقشه مستند» بود که شامل داده‌های اصلی و پایه از قبیل نوع خاک شیب ژئومتری، شکاف‌های قدیمی و جدید ناشی از رانش زمین، مناطق فرسایش یافته در طول راههای آبی و موقعیت حفره‌های ایجاد شده برای نقشه‌برداری و حسگرهای داخل این حفره‌ها، می‌شد.

دومین نقشه «نقشه نقاط مستعد رانش زمین» است که به‌طور خاص برای مهندسین ژئوتکنیک تولید شده است. هدف این نقشه عبارت است از تعیین نقاط سطحی که پتانسیل آسیب‌پذیری در برابر رانش زمین را دارا هستند.

مشخصات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، بر اساس مؤلفه‌های زیر دسته‌بندی می‌شوند: آشکاری، مستعد بودن و وخامت. وجود و شدت این مؤلفه‌های مختلف امکان ارزیابی میزان آسیب‌پذیری مناطق در برابر خطر رانش زمین را فراهم می‌سازد. وسعت منطقه تحت تأثیر احتمالاً بستگی به بزرگی مقیاس رانش زمین دارد و این مؤلفه را می‌توان بر اساس روش‌های نقشه‌برداری ارایه‌شده توسط Lebuis et al (۱۹۸۳) به دست آورد.

نوع سوم نقشه‌ها، «نقشه‌های مرزی» نامیده می‌شوند که به‌طور مشخص برای کمک به شهرداری جهت اعمال آیین‌نامه‌ها، تهیه شده‌اند. مناطق آسیب‌پذیر بر اساس مقررات مشابهی در یک منطقه مجزا دسته‌بندی می‌شوند.

این واقعیت که یک ناحیه در داخل یک منطقه خاص و مشخص قرار گرفته است به این معنا نیست که الزاماً در این نقطه حادثه‌ای رخ می‌دهد، بلکه قرار گرفتن در یک گروه خاص، مجموعه‌ای از خصوصیات مختلف را بیان می‌کند که یک منطقه را مستعد وقوع چنین نوع اتفاقات و حوادثی نشان می‌دهد. رانش زمین ممکن است که بر اثر عوامل طبیعی یا اقدامات انسانی ایجاد شود.

در مجموع، این سه نوع نقشه، که گام نخست طرح مدیریت ریسک را تشکیل می‌دهند، جزییات علمی از منطقه را گردآوری می‌کنند که امکان اتخاذ اقدامات مدیریتی پیشگیرانه و مناسب را فراهم می‌سازند.

گام دوم برنامه مدیریتی: چارچوب قانونی و استاندارد

دومین گام در چارچوب مدیریتی عبارت است از تعریف و اعمال استانداردهایی برای انجام اقدامات آنی در مناطق نقشه‌برداری شده. به‌منظور همکاری با کارشناسان شهرداری‌ها، دولت کبک چارچوب‌های قانونی را که با ابزارهای طراحی شهری و منطقه‌ای ترکیب شده بودند، ارایه کرد. برای هر یک از گروه‌های تعیین شده در نقشه‌های مرزی، قوانینی تعریف شده است که بر اساس انواع مختلف گروه‌ها اعمال می‌شود (دولت کبک، ۲۰۰۴).

گام سوم از برنامه مدیریتی: مدیریت ریسک رانش زمین

در این گام، برنامه مدیریتی به سه شاخه مجزا تقسیم می‌شود:

الف- برنامه‌ریزی منطقه‌ای و کنترل مناطق غیر مسکونی

برای زمین‌های غیر مسکونی، اعمال نقشه‌های مربوط به مدیریت ریسک شامل مواردی از جمله کنترل نظارت بر مسایل موجود در منطقه و نظارت بر توسعه آنهاست. اگر یک اقدام برنامه‌ریزی‌شده در یک منطقه اعمال شده باشد، این اقدام باید توسط یک مهندس ژئوتکنیک که مسؤول ارزیابی پایداری اولیه منطقه مورد نظر است، بررسی شود تا از ایمن بودن این اقدام و اثرات آن بر مناطق مجاور اطمینان حاصل گردد. مهندسان ژئوتکنیک باید تمامی محدودیت‌های لازم برای اطمینان از ایمنی منطقه و کنترل تمامی اقدامات پس از ساخت‌وساز در منطقه را در یک بازه زمانی طولانی‌مدت در نظر بگیرند و اعمال کنند. این رویکرد، توسعه مناطق مستعد به رانش را بدون افزایش میزان خطر، امکان‌پذیر می‌سازد.

ب- کنترل اقدامات مداخله‌ای در مناطق مسکونی

برای زمین‌هایی که در مناطق مستعد به رانش واقع شده‌اند و قبلاً ساخت‌وساز در آنها صورت گرفته است، طرح به دو شاخه تقسیم می‌شود. نخستین شاخه شامل کنترل فعالیت‌های انسانی است که دارای اثرات مخربی بر پایداری شیب‌هاست و در حدود ۴۰ درصد از موضوعات مطالعاتی در این خصوص را شامل می‌شود. مجموعه کاملی از اقدامات مداخله‌ای قانونی و ارزیابی‌های ژئوتکنیک برای این امر لازم است. هدف از انجام این قبیل اقدامات این است که در مناطق مستعد به رانش، ساخت‌وسازهای جدیدی انجام شود، بدون آنکه میزان خطر افزایش یابد.

پ- تحلیل و ارزیابی ریسک در مناطق مسکونی

برای برخی از مناطق که قبلاً در آنهاساخت‌وساز انجام‌شده است و جزء مناطق مستعد به رانش می‌باشند، ممکن است سطح ریسک در وضعیت غیر قابل قبولی قرار داشته باشد که نیازمند اقدامات فوری در یک بازه زمانی کوتاه است. در این شرایط، سطح ریسک احتمالی برای انسان‌ها و اموال عمومی باید مورد ارزیابی قرار گیرد. در این مورد، تحلیل و ارزیابی ریسک منطقه‌ای باید هم برای مجموعه یکپارچه شهری و هم برای حوضه‌های وسیع آبخیز اعمال شود. ارزیابی سطح ریسک بر پایه روش ارزیابی کمّی ریسک (QRA) می‌باشد (Fell, 2005; Australian Geomechanics Society, 2000; Porter, 2007). این روش، از یک رویکرد رویداد بالقوه برای تخصیص میزان ریسک به منطقه استفاده می‌کند. در این روش از اطلاعات موجود در نقشه‌های مربوط به مناطق مستعد رانش استفاده می‌شود و تعریفی کمّی از خطرات ارایه می‌گردد (برای مثال، احتمال وقوع جریان سریع زمین در یک مقیاس معین). روش رویکرد منطقه‌ای، ضرایبی را تعیین می‌کند که این ضرایب میزان خطر را برای هر یک از مناطق مسکونی در هر ناحیه محاسبه می‌کنند و این مقادیر با نواحی مجاور مقایسه می‌شوند.

این روش برای نوع مشخصی از خطرات (از قبیل جریان سریع زمین)، یک نقشه شدت ریسک تولید می‌کند که امکان ارزیابی نتایج بالقوه ناشی از وقوع رانش زمین را بر انسان‌ها و اموال عمومی فراهم می‌سازد. این روش به‌صورت زیر تشریح می‌شود.

روش ارزیابی ریسک- ارزیابی خطر

گام نخست عبارت است از ارزیابی کمّی خطری که احتمالاً منطقه مورد بررسی را تحت تأثیرات شدید رانش زمین قرار می‌دهد. این تحلیل بر مبنای اصل تشخیص عمومی (Lefebvre, 1996) پایه‌گذاری شده است که نشان می‌دهد انواع زمین‌لغزه‌ها پس از شکل‌گیری یک رانش دورانی به وجود می‌آیند که این رانش دورانی باعث شکل‌گیری دره‌هایی با عمق و شیب کافی می‌شوند که امکان پیدایش رانش زمین را ایجاد می‌کنند. احتمال وقوع مجدد زمین‌لغزه در مناطقی که برای بار اول در آنها رانش زمین اتفاق افتاده است در نقطه‌ای که «نقطه شروع» نامیده می‌شود، وجود دارد. نقطه شروع، یک سراشیبی در لبه حوضه‌های آبخیز است که دچار فرسایش شده است. نخست، احتمال منطقه‌ای "$P_{Région\text{-}fr}$" تعیین می‌شود. این پارامتر بدین‌صورت تعریف می‌شود: احتمال بازگشت دوباره رانش زمین در هر یک از نقاط حوضه‌های آبخیز در بازه‌های زمانی تقریباً ۱۰۰ ساله. احتمال اینکه، این قبیل اتفاقات در بخش‌های نقشه‌برداری شده"$P_{secteur\text{-}fr}$"به وقوع بپیوندند برابر است با احتمال منطقه‌ای، تقسیم بر تعداد اتفاقات بالقوه‌ای که در منطقه نقشه‌برداری شده به وقوع می‌پیوندد "$N_{ÉP}$".

$$P_{secteur\text{-}fr} = P_{Région\text{-}fr} / N_{Ép} \qquad (۱)$$

تعداد مجموع اتفاقات بالقوه به این صورت تعریف می‌شود: قطعات مورد مطالعه قرار گرفته در حوضه‌های آبخیز بر تعداد قطعات همگن ژئوتکنیک تقسیم می‌شوند. برای هر قطعه همگن، مجموع طول مناطق مستعد لغزش زمین، همان‌طور که بر روی نقشه‌ها نشان داده شد، اندازه‌گیری می‌شوند. باید مراقب بود که هر قطعه بیش از یک بار در نظر گرفته نشود. در مناطق مورد مطالعه، طول بر متوسط عرض شکاف‌های ایجاد شده تقسیم می‌شود. مجموع تعداد اتفاقات برای هر قطعه، تعداد اتفاقات بالقوه برای هر یک از مناطق تحت مطالعه را نتیجه می‌دهد.

تمامی نقاط شروع دارای تمایل مساوی و یکسان برای رانش زمین نیستند و همه آنها پتانسیل یکسانی برای لغزش مجدد ندارند. با در نظر گرفتن این میزان تنوع و به جهت محاسبه پتانسیل‌های مختلف نقاط شروع، باید احتمال وقوع و بازگشت زمین‌لغزه‌ها، به‌وسیله یک ضریب که میزان مستعد بودن یک لایه را به لغزش چرخشی نشان می‌دهد "K_{Rot}" و ضریبی که میزان مستعد بودن به بازگشت رانش را نشان می‌دهد "K_{Fr}" وزن داده شوند. این ضرایب در فرمول زیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند:

$$P_{site\text{-}fr} = P_{secteur\text{-}fr} * K_{Rot} * K_{Fr} \qquad (۲)$$

برای هر منطقه مستعد به بازگشت رانش، حداقل شیب پایدار در نظر گرفته شده است. همان‌گونه که در معادله ۳ نشان داده شده ضریب توزین "K_{Rot}" از ضرب، ضرایب جزئی، به دست آمده است.

$$K_{Rot} = K_H * K_J * K_F * K_W * K_S * K_E \qquad (۳)$$

که این ضرایب عبارتند از:

K_H: ضریب ارتفاع حداکثر شیب

K_J: ضریب زاویه میانگین شیب

K_F:ضریب شکل کلی شیب

K_W: ضریب وضعیت جریان آب‌های سطحی

K_S: ضریب وقوع نشانه‌های ناپایداری

K_E: نرخ فرسایش بستر

با وجود اهمیت تمامی این مؤلفه‌ها که به‌وسیله کارشناسان تعیین می‌شوند، بر مبنای تجربیات مهندسان ژئوتکنیک و اطلاعات اخذ شده از مناطق تحت مطالعه، مقادیر قراردادی برای این ضرایب در نظر گرفته شده است. همان‌گونه که معادله ۴ نشان می‌دهد، ضریب توزین K_{Fr} از ضرب، ضرایب زیر به دست آمده است.

$$K_{Fr} = K_D * K_{st} * K_{sur} * K_{WL} * KNs \qquad (۴)$$

که این ضرایب عبارتند از:

K_D: ضریب جریان حجمی گل‌ولای

برای بررسی جریانات حجمی گل‌ولای و همچنین شستشوی خاک بستر بر اثر رانش زمین، باید فرض کرد که این جریانات حجمی به‌صورت آزادانه حرکت می‌کنند و در مسیر جریان آنها هیچ مانع و سدی برای محدود کردن حرکت آنها وجود ندارد.

K_{st}: ضریب چینه‌شناسی

تأثیرات ناشی از خصوصیات چینه‌ای لایه‌های رسی حساس از قبیل موقعیت، ضخامت و عمق در محاسبات لحاظ می‌شوند. برای این ضریب جزئی، تنها شرایط نامطلوب لحظه‌ای بررسی می‌شود زیرا بیان کمّی آن بسیار دشوار است.

K_{sur}: ضریب مقاومت برشی زهکشی‌نشده برای خاک دست‌خورده

در سال ۱۹۸۳ Lebuis et al نشان دادند رابطه مستقیمی بین فاصله رانش زمین و مقاومت برشی خاک‌های دست‌خورده وجود دارد. مقاومت برشی کمتر منجر به بیشتر شدن جریانات حجمی گل‌ولای می‌شود.

K_{WL}: ضریب حد روانی

مطابق نظرات Lebuis et al (۱۹۸۳)؛ یک رابطه معکوس بین فاصله رانش زمین و حد روانی وجود دارد. داده‌های آنها همچنین نشان می‌دهد رانش زمین در مناطقی که ۲۰ تا ۴۰ درصد دارای حد روانی هستند، بسیار شدیدتر است. از آنجا که خاک‌های با حد روانی بالا حالت خمیری بیشتری دارند، شکل‌گیری و تحکیم مجدد آنها بسیار دشوارتر است.

KNs: ضریب عدد پایداری

انرژی موجود خاک دست‌خورده که بستگی به عوامل متعددی ازجمله ارتفاع شیب و مقاومت برشی زهکشی‌نشده خاک دارد می‌تواند با استفاده از عدد پایداری "Ns" تخمین زده شود. یک شیب با مقدار "Ns" بزرگ‌تر، انرژی بالقوه بیشتری برای شکل‌دهی مجدد خاک رس دارد. Mitchel and Markell (۱۹۷۴) مقدار حداقلی ۵ را پیشنهاد دادند، اما این مقدار حداقلی می‌تواند بر اساس ارزیابی‌های انجام‌شده در منطقه تحت مطالعه، تعدیل شود.
به همان میزان که K_{Fr} افزایش می‌یابد، احتمال این وجود دارد که یک زمین‌لغزه مجدد در نقاط مستعد و آسیب‌پذیر به وقوع بپیوندد.
اثر ضرایب کلی K_{Fr} و K_{Rot} باعث ایجاد افزایش در مقادیر احتمالی $P_{site\text{-}fr}$ و احتمال وقوع رانش زمین مجدد در منطقه $P_{secteur\text{-}fr}$ می‌شود. با این وجود، رایج‌ترین اثر این ضرایب افزایش مقادیر مربوط به $P_{site\text{-}fr}$ است. بنابراین، ضریب توزین "K_p" باید بر میانگین احتمالات منطقه‌ای اعمال شود تا رابطه مربوط به‌احتمال منطقه‌ای تعدیل شود (معادله ۵).

$$K_p = P_{secteur\text{-}fr} / \overline{P_{site\text{-}fr}} \qquad (۵)$$

$$P_{site\text{-}fr} * K_p = (P_{site\text{-}fr})_p \qquad (۶)$$

از آنجا که نمونه‌های مورد ارزیابی بسیار کوچک هستند، داده‌های ورودی مورد استفاده جهت اندازه‌گیری احتمال وقوع خطر ممکن است کاملاً دقیق نباشد. همچنین به دلیل این که تعداد رویدادهای تاریخی نامعلوم هستند، تنها یک برآورد اولیه برای $P_{Région\text{-}fr}$ در دسترس می‌باشد. با استفاده از تمامی اطلاعات مربوط به شکاف‌های عمیق ایجاد شده بر اثر رانش زمین که در مجاورت حوضه‌های آبخیز پدید آمده‌اند، مجموعه‌ای از مطالعات برای ارزیابی

امکان‌پذیر بودن وقوع مجدد این خطرات در حال انجام است. این رویکرد سبب فراهم شدن داده‌های بیشتر و بزرگ‌تری می‌شود.
همچنین ارزیابی خطرات بر اساس نظرات متخصصین و کاربرد ضرایب وزن‌دهی K_{Fr} و K_{Rot} صورت می‌گیرد. دامنه تغییرات احتمال وقوع خطر که در این روش محاسبه می‌شود تأثیر جدی بر ارزیابی ریسک می‌گذارد. تفاوت بین حداقل و حداکثر مقادیر مربوط به $P_{site\text{-}fr}$ می‌تواند بسیار زیاد باشد، به‌عنوان‌مثال این تفاوت می‌تواند از ۰/۲۴ تا ۱۵۷/۶ باشد.

روش ارزیابی ریسک- ارزیابی پیامدها

شدت بالقوه پیامدها، "C"، برای یک منطقه تحت خطر می‌تواند با استفاده از رابطه تجمعی (۷) ارزیابی شود:

$$C = (V)\left[\sum_{1}^{n}(P_T \times P_S \times E_{VP})\right] \qquad (۷)$$

که در آن:

P_T: احتمال موقتی، عبارت است از احتمال تکرار و وقوع حادثه در مناطق تحت تأثیر رانش. بررسی‌های صورت گرفته توسط Fell et al (۲۰۰۵) نشان می‌دهد احتمال موقتی برای هر یک از سازه‌های موجود در منطقه متفاوت است. بزرگ‌ترین نرخ تراکم جمعیتی برای ساختمان‌های موجود در منطقه در نظر گرفته می‌شود. در تحلیل ریسک منطقه‌ای، فرض می‌شود ساکنان در هر روز ۱۶ ساعت در داخل خانه‌های خود هستند. این احتمالات می‌تواند بر اساس اطلاعات موجود تعدیل گردد.

V: آسیب‌پذیری؛ احتمال اینکه یک فرد ساکن در مناطق آسیب‌پذیر در مقابل رانش زمین، جان خود را از دست دهد از نظر آماری بسیار پایین است. با این‌وجود و با توجه به اطلاعات اندک موجود، خطر آسیب‌پذیری در مناطق مستعد به رانش بسیار جدی است و باید در ارزیابی‌ها ارزش جان انسان‌ها نیز لحاظ گردد.

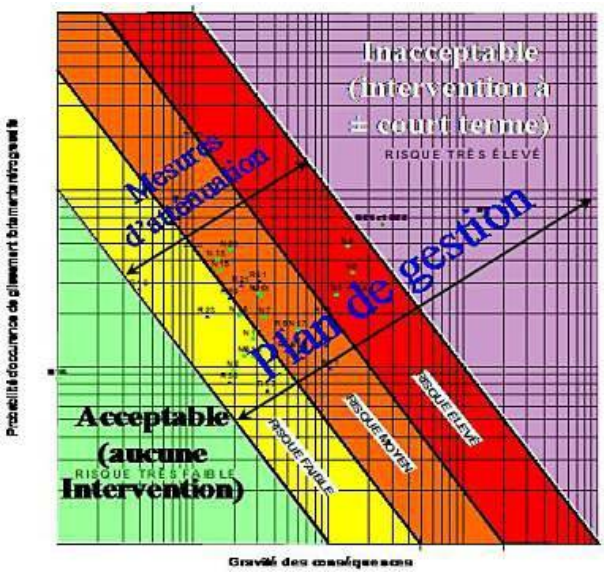
P_S: احتمال فضایی؛ احتمال فضایی بر اساس این اصل است که اجزای آسیب‌پذیر در مجاورت مناطق مستعد زمین‌لغزه، بیشتر تحت تأثیر رانش‌های مجدد قرار می‌گیرند. هر یک از مناطق تحت خطر بر اساس میزان خطرپذیری به چهار زیر مجموعه تقسیم می‌شوند که به موازات ناحیه دارای پتانسیل شروع رانش قرار می‌گیرند. مقدار "n" در معادله (۷) برابر ۴ است. احتمال تخصیص یافته به هر منطقه در این زیرمجموعه‌ها، بر اساس وسعت مناطق خطرپذیر و نرخ رشد جریان‌های سطحی در شکاف‌ها تعیین می‌شود. مقدار این احتمالات در تعداد افراد تحت خطر در هر منطقه ضرب می‌شود. مجموع این مقادیر، میزان کلی احتمال فضایی را مشخص می‌کند.

E_{VP}: تخمین تعداد افراد تحت خطر؛ برای دستیابی به یک برآورد اولیه، به‌طور متوسط چهار نفر در هر خانه مسکونی و دو کارگر در هر کارخانه یا مزرعه در نظر گرفته می‌شود. اگر تعداد قطعی افراد مشخص باشد، مقادیر دقیق‌تری به دست می‌آید. داده‌های تولید شده توسط روش‌های مرتبط با ارزیابی پیامدها نسبت به داده‌های به‌دست‌آمده از روش ارزیابی خطرات ماهیت نظری بسیار کمتری دارند. ارزیابی احتمال زمانی، آسیب‌پذیری و تعداد اجزای در معرض خطر، نتایجی با قابلیت بازتولید بالا ارایه می‌نماید. همانن احتمال فضایی، میزان داده‌های موجود در یک منطقه، برای ارایه یک ارزیابی نسبتاً دقیق کافی می‌باشد.

روش ارزیابی ریسک- تحلیل و برآورد ریسک

اثرات ناشی از وقوع رانش زمین بر اساس میزان احتمال وقوع پدیده و شدت آن، در مقیاس لگاریتمی ارزیابی می‌شود. این روش مطابق نظرات انجمن مهندسی ژئوتکنیک (۱۹۹۸) تدوین شده است و توسط Fell et al (۲۰۰۵) مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش سه سطح متفاوت برای ریسک قابل تعریف است: غیرقابل‌قبول، ALARP و قابل‌قبول. در ناحیه ALARP باید تلاش‌هایی صورت بگیرد تا سطح ریسک و خطرپذیری کاهش یابد. کلمه ALARP مخفف عبارت «تا حدی غیرمنطقی» است. بر اساس این رویکرد، نموداری با استفاده از ۵ گروه ریسک تولید شده است:

ناحیه با ریسک غیرقابل‌قبول که سطح بسیار بالایی از ریسک را تشکیل می‌دهد، ناحیه با ریسک قابل‌قبول به این معنی که سطح ریسک بسیار پایین است، ناحیه ALARP که خود به ۳ زیرگروه تقسیم می‌شود (پر ریسک، ریسک عادی و ریسک پایین). این نمودار هر یک از نواحی بالقوه را بر اساس این مقیاس دسته‌بندی می‌کند.



دسته‌بندی نواحی دارای پتانسیل شروع رانش بر اساس سطح ریسک

سپس نتایج بیان شده در این نمودار به نقشه میزان ریسک‌پذیری هر منطقه منتقل می‌شود. ساختمان‌های موجود در این منطقه که به‌طور بالقوه تحت تأثیر خطرات ناشی از رانش زمین قرار دارند نیز بر روی این نقشه‌ها بر اساس نوع سازه و موقعیت جاگذاری می‌شوند (ساکنین، مشاغل، مزارع، کلبه‌های جنگلی و مناطق خالی از سکنه).

مدیریت شرایط اضطراری

نمودار سازمانی مدیریت طرح همچنین نشان می‌دهد که چگونه باید شرایط اضطراری را مدیریت کرد. زمانی که حادثه ناگهانی اتفاق می‌افتد، اقدامات رسمی و اضطراری بر اساس توصیه‌های ارایه شده توسط کارشناسان ژئوتکنیک وزارت حمل‌ونقل کبک، به‌وسیله نهادهایی همانند وزارت امنیت عمومی کبک و سازمان‌های مشاور در زمینه امنیت شهری اجرایی می‌شود و ارزیابی‌های لازم با توجه به شرایط و نوع درخواست‌ها صورت می‌گیرند. همچنین برنامه‌های ویژه حمایت مالی برای مردم و مشاغل مختلف که از خسارت‌های وارد آمده رنج می‌برند وجود دارد که این هزینه‌ها برای اقدامات ضروری یا تعمیر اموال شهری که در اثر حادثه دچار آسیب شده‌اند مصرف می‌شود.

۵- تأثیر بر ایمنی یا سایر موضوعات مهم (به‌طور مثال، موضوعات اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی)

رویکرد عمومی برای مدیریت ریسک‌های طبیعی، همان‌طور که قبلاً تشریح شد، به طور قابل توجهی خطرات ناشی از رانش زمین در کبک را کاهش می‌دهد. این شرایط در مقایسه با وضعیت سال‌های گذشته به جهت وجود چارچوب‌های قانونی بهتر برای اقدامات مورد نیاز و پایش و پشتیبانی بهتر شهرداری‌ها از سوی دولت، به‌مراتب مطلوب‌تر است. برنامه‌های نقشه‌برداری و حمایت‌های مالی اختصاص‌یافته برای اقدامات پیشگیرانه و اثبات اهمیت جایگاه دستگاه‌های حکومتی بر مدیریت شرایط اضطراری، یک عامل محرک بسیار مهم برای اقدامات در سطح مدیریت شهری است.

با وجودی که مقادیر مشخص شده بر روی نقشه ریسک عمدتاً بر مبنای نظر یک کارشناس می‌باشند، اما می‌توانند تصمیم‌گیری در مورد نحوه مدیریت ریسک در منطقه را برای ادارات دولتی و شهرداری‌ها تسهیل کنند.

طرح مدیریت ریسک که بر مبنای نقشه‌های طراحی شده بیان می‌گردد، سه نوع از فعالیت‌ها را بر می‌شمارد:

- نوع اول اقدامات، استفاده و بهره‌گیری از گردهمایی‌های اجتماعی برای آگاهی گروه‌های جمعیتی متأثر است، که آنها را از شرایط و نوع عملکرد دستگاه‌های قانونی آگاه می‌سازد و همچنین نقش ساکنان را که می‌تواند در کاهش این نوع خطرات مؤثر باشد، یادآوری می‌کند. ازجمله وظایف مهمی که بر عهده ساکنان است، حس وظیفه‌شناسی در مواقع بحرانی و مشاهده و گزارش پدیده‌هایی است که بیانگر گسترش ناپایداری‌ها در وضعیت ظاهری زمین است (شکاف‌ها و لغزش‌های چرخشی و غیره).

- نوع دوم اقدامات عبارتند از تدوین برنامه‌های نظارتی بر روی مناطق مستعد به رانش‌های طبیعی. نقشه‌های بازرسی می‌توانند به‌منظور تسهیل فعالیت‌های کارگران بخش‌های دولتی و شهرداری‌ها طراحی شوند. برنامه‌های پیوسته نظارتی، دقیق‌ترین و ظریف‌ترین بخش از فرایند مدیریت ریسک است، با این وجود هیچ‌کس نمی‌تواند تعیین کند یک نقشه مرتبط با رانش‌های عمیق در هنگام وقوع حوادث می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد یا خیر. این رویکرد باید در قالب «یک شبکه ایمن یکپارچه» تدوین شود تا بتوان در صورت وقوع حوادث مهم به آن دسترسی داشت. این رویکرد تنها می‌تواند سبب کاهش خطر ریسک شود و به‌طور کامل منجر به حذف ریسک نمی‌گردد.
- درنهایت، برای مدیریت شرایطی که سطح ریسک بسیار بالاست و اقدامات انجام‌شده نتوانسته است به‌طور قابل قبولی خطر ریسک را کاهش دهد، باید به سرعت اقداماتی انجام شود تا سطح ریسک را پایین آورد. در بسیاری از موارد، بازتعریف موقعیت تحت خطر، ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین راه‌حل است. در غیر این صورت تثبیت سطح خاک یا مسلح کردن آن باید انجام شود. بعد از انجام این اقدامات تمامی راه‌حل‌های ممکن تحلیل می‌شوند و دولت‌ها می‌توانند حمایت‌های مالی خود را که در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد هزینه‌ها را پوشش می‌دهند، ارایه کنند.

۶- ملاحظات/ راهبردها/ نتیجه‌گیری

تخصص ژئوتکنیک یکی از مهم‌ترین عوامل در سیستم‌های مدیریتی است. اقدامی که در یک ناحیه محدود به طور معمول ممنوع است، در صورتی وجود یک نظر کارشناسی ژئوتکنیک با رعایت الزامات خاص، می‌تواند مجاز شمرده شود. نظر کارشناسی باید یک ارزیابی دقیق از پایداری موجود منطقه مورد نظر یا تأثیر اقدام را ارایه نماید. نظر کارشناسی همچنین باید حاوی توصیه‌هایی برای اقدامات ضروری به منظور اطمینان از پایداری منطقه موردنظر و نیز اقدامات پیشگیرانه‌ای برای حفظ پایداری منطقه باشد. چهار گروه از الزامات در نظر کارشناسی وجود دارد که بر اساس درجه آسیب‌پذیری (مردم و اموال) یا هزینه‌های ساخت پروژه می‌باشند.

تجربیات سی سال گذشته نشان می‌دهد مطالعات ژئوتکنیک بر روی پایداری شیب‌ها نتایج بسیار متنوعی را تولید می‌کند که این نتایج بستگی به مؤلف دارد. به‌منظور استانداردسازی نتایج، تفهیم ساده‌تر آنها برای افرادی که مسؤول صدور مجوز بر اساس این مطالعات هستند، دولت کبک تدوین راهنمایی را در دست تهیه دارد که مهندسان ژئوتکنیک مسؤول انجام مطالعات را هدایت می‌کند (Lefebvre et al ،2008). دوره‌های تخصصی برای تکمیل و توسعه این برنامه راهنما در حال شکل‌گیری هستند. دولت در حال امتحان کردن روش‌های گوناگون و همچنین ثبت نام از مهندسانی است که تجربه فعالیت در چنین نوع پروژه‌هایی را دارند. همچنین در تدوین این برنامه راهنما مسایلی که زندگی مردم را تحت تأثیر قرار می‌دهند نیز لحاظ می‌شود.

در خاتمه، تمامی اقدامات تشریح شده فوق، یک برنامه جامع و یکپارچه را شکل می‌دهد که برای موفقیت رویکردهای دولت کبک ضروری به نظر می‌رسد.
همچنان جنبه‌های مختلفی برای تحقیق و توسعه وجود دارند، به‌خصوص با توجه به مشاهدات دقیقی که در مناطق پرخطر انجام شده است. به‌علاوه آموزش و افزایش آگاهی در میان افراد ذینفع جامعه یکی از اقداماتی است که به دلیل پیچیدگی مسأله، تغییر کارکنان و افراد درگیر موضوع و تعداد زیاد مردم متأثر از آن، باید انجام شود.
رویکرد کمّی ارزیابی ریسک که در بالا تشریح شد به‌طور پیوسته در حال توسعه و تکمیل است و نیازهای ویژه حوزه مدیریتی نیز در آن لحاظ شده است. به‌روزرسانی این رویکرد و آماده‌سازی آن برای کاربرد در انواع مختلف رانش زمین در مناطق مختلف که در معرض خطرات بزرگی هستند، در حال انجام است. این رویکرد همچنین برای ارزیابی میزان ریسک در شبکه جاده‌ای کبک مورد استفاده قرار خواهد گرفت.
در نهایت، بزرگ‌ترین چالش عبارت است از تهیه سریع نقشه‌های تقسیم‌بندی شده که بیانگر میزان خطر در هر منطقه هستند. اجرای عملیاتی یک برنامه مدیریت ریسک بدون وجود این اطلاعات ضروری، غیر ممکن است. نقشه‌هایی که تهیه می‌شوند باید در کمترین زمان ممکن و با دقت بسیار بالا (مقیاس ۱:۵۰۰۰) تهیه گردند تا مورد استفاده نهادهای حکومتی و شهری قرار گیرند.

۷- هزینه/ منابع

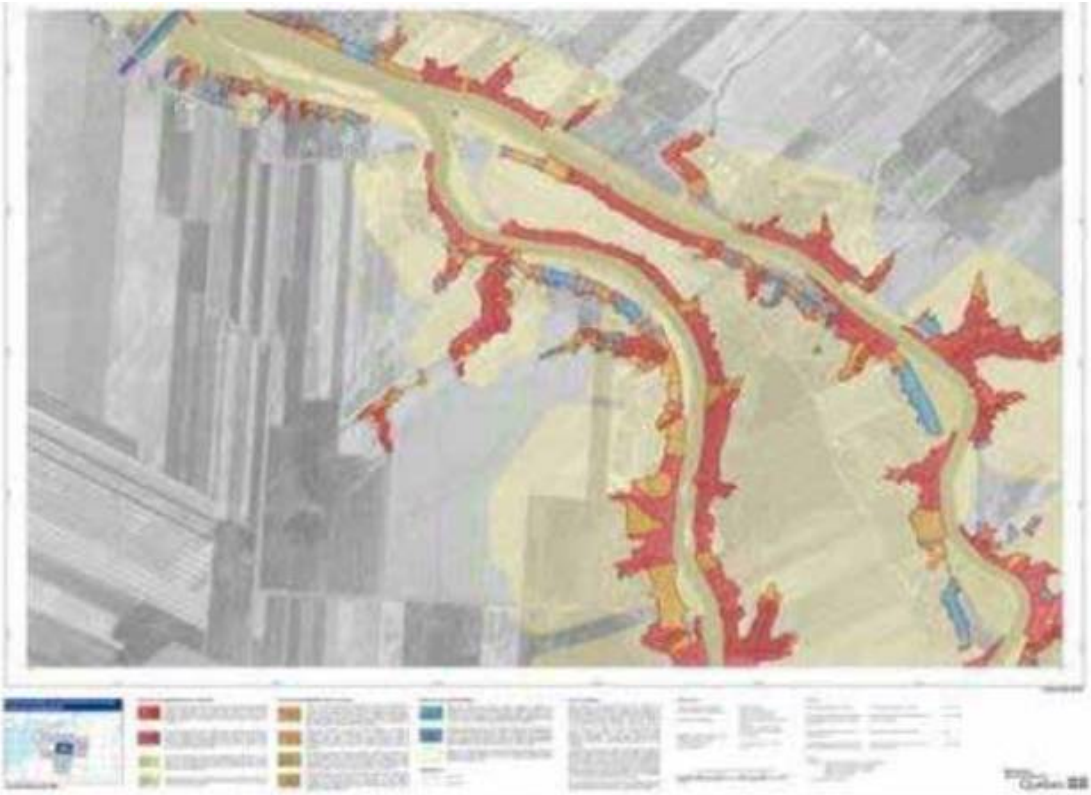
هزینه‌ها و منابع مالی شامل هزینه‌های مطالعه، پروژه‌ها، نقشه‌کشی، اجرا و پیامدهای عملیات می‌باشد. وظیفه نقشه‌کشی نقاط مستعد رانش به ۲۰ نفر از کارکنان وزارت حمل‌ونقل واگذار شده است. علاوه بر دستمزدها، سرمایه‌گذاری انجام‌شده در هر سال برای نقشه‌کشی و مدیریت ریسک بالغ‌بر ۲/۰۰۰/۰۰۰ دلار است.
هزینه اقدامات پیشگیرانه تقریباً ۸/۰۰۰/۰۰۰ دلار در سال ۲۰۱۰-۲۰۰۹ تخمین زده شده است در حالی که هزینه ناشی از خطرات در این سال‌ها بالغ بر ۲۰/۲۰۰/۰۰۰ دلار بوده است. این اقدامات توسط وزارت امنیت اجتماعی مدیریت شده‌اند. هزینه‌های مربوط به مواجهه با وضعیت‌های اضطراری رانش زمین در هر سال متفاوت است و وظیفه فعالیت در این حوزه کاری بر عهده وزارت امنیت اجتماعی می‌باشد.

شکل ۱- نمونه‌ای از چرخش عمیق لایه‌های رسی در راههای آبی، ۱۹۹۰

شکل ۲- چرخش عمیق لایه‌های خاک و خسارت به پایه‌های پل، ۲۰۰۰

شکل ۳- توده حجمی جریان گل‌ولای و خسارت به بخشی از مناطق شهر نیکولت، ۱۹۵۵

شکل ۴- نمونه‌ای از رانش زمین که باعث ایجاد شکاف در مجاورت یک واحد مسکونی شده است. در تصویر یک بولدوزر در حال غلتیدن بر اثر شدت جریان گل‌ولای و تخریب زمین است.



شکل ۵- نمونه‌ای از نقشه‌های مناطق مستعد رانش زمین

شکل ۶- نمونه‌ای از منطقه‌ای با سطح ریسک بالا که تحت عملیات فوری پایدارسازی قرار گرفته است.

شکل ۷- نمونه‌ای از یک نقشه ریسک برای مناطق در خطر جریان شدید گل‌ولای

کانادا ۵- رویکرد جدید وزارت حمل‌ونقل کبک برای طراحی و مدیریت زیرساخت‌های فرودگاهی در NUNAVIK از منظر تغییرات آب‌وهوایی: به سوی یک راهبرد سازگار

تهیه شده توسط: Anick Guimond، Gilles Grondin، Maude Boucher، وزارت حمل‌ونقل کبک (کانادا)

۱- مطالعه، پروژه، فعالیت و مطالعه موردی

کشور: کانادا- کبک

منطقه جغرافیایی هدف: نانویک- کبک (شکل ۱)

نوع خطرات (تهدیدات): تغییرات ناشی از دخالت انسان و تغییرات آب‌وهوایی

دسته‌بندی ریسک: ارزیابی و بهبود ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: وزارت حمل‌ونقل کبک، اداره همکاری‌های شمال کبک، خدمات ژئولوژی و ژئوتکنیک

تاریخ اتمام (مطالعات/ پروژه/ فعالیت/ مورد مطالعاتی): ۲۰۱۱ تا ۲۰۰۴

۲- خلاصه

وزارت حمل‌ونقل کبک از سال ۱۹۸۴ مالکیت سیزده فرودگاه را بر عهده دارد. زیرساخت‌های ۹ فرودگاه در مناطق بسیار سرد پوشیده شده از یخ قرار دارند که در برابر پدیده گرمای کره زمین بسیار حساس هستند. اخیراً این سازه‌ها خسارت‌هایی را تجربه کرده‌اند که مرتبط با گرمایش زمین و ذوب شدن یخ‌ها می‌باشد. در هنگام اجرای این پروژه‌ها، از آنجا که تصور می‌شد شرایط آب‌وهوایی ثابت هستند، هیچ‌گونه اقدام پیشگیرانه در این پروژه‌ها صورت نگرفت.

اخیراً تغییرات آب‌وهوایی در منطقه نانویک مشاهده شده است و نشان می‌دهد که دمای هوا در حال افزایش است. به همین ترتیب، پیش‌بینی‌های هواشناسی دلالت بر افزایش دما و بارش باران دارند. این پدیده‌ها وسعت خسارات را تشدید می‌کنند. همچنین سرعت گسترش این پدیده در سازه‌های آسیب‌پذیر، وزارت حمل‌ونقل کبک را مجبور کرده است در رویکردهای طراحی و مراقبتی خود تجدیدنظر کند و مؤلفه‌های مربوط به تغییرات آب‌وهوایی را در محاسبات خود لحاظ کند تا اثر این خطرات را کاهش دهند.

مراحل مختلف این فرایند شامل موارد زیر است: تعیین انواع خسارت‌های مشاهده‌شده در زیرساخت‌ها و تجهیزاتی که در اثر تغییرات دمایی و ذوب شدن توده‌های یخی دچار آسیب شده‌اند، همچنین تعیین خصوصیات توده‌های یخ و ویژگی‌های کمّی و ظاهری خسارت‌ها و آسیب‌ها. پس از انجام این فعالیت‌ها تصمیماتی مبنی بر اجرای کارهای مراقبتی و آزمایش روش‌های منطبق بر شرایط آب‌وهوایی اتخاذ می‌گردند.

نخستین نتایج علمی که از این مطالعات و تحقیقات استخراج می‌شود، وزارت حمل‌ونقل کبک را قادر خواهد ساخت که مقیاس پیش‌بینی اثرات این پدیده بر روی سازه‌های شمالی را به‌صورت کمّی تفسیر کند و راهبردهای تطبیقی را برای هر یک از زیرساخت‌ها اتخاذ نماید. این راهبردها بر تعداد وقوع حوادث و روش‌های اجرایی و تکنیک‌های مراقبتی مدرن، تمرکز خواهند کرد. راه‌حل‌های تطبیقی، روش آنالیز هزینه و سود را به کار خواهند گرفت و همچنین در تمامی مراحل خود مسایل فنی و مهندسی و همچنین زیست‌محیطی را در نظر خواهند گرفت. این راه‌حل‌ها شامل مراحلی از جمله کاهش میزان انباشتگی برف‌ها، جمع‌آوری آب از درون شیب‌ها و خاک‌ریزها یا سرد کردن خاکریز در طول زمستان می‌شود.

راهبرد سازگاری برای زیرساخت‌های فرودگاه Puvirintuq توسعه یافته‌اند. این فرودگاه به‌عنوان یک مثال مهم و اصلی برای کاربرد راهبرد سازگاری محسوب می‌شود. وزارت حمل‌ونقل کبک راه‌حل‌ها و رویکردهای سنتی خود را با رویکردهای تطبیقی جدید ترکیب کرد و راه‌حل‌های جدیدی را با در نظر گرفتن عامل تغییرات آب‌وهوایی و عکس‌العمل سازه‌های موجود در منطقه نسبت به این تغییرات، طراحی کرد.

به‌طور همزمان، مرور روش‌های نگهداری زمستانی و همچنین آموزش نیروهای فعال در این حوزه بسیار لازم و ضروری است. آموزش کارگران و مهندسان مجرب برای فعالیت در زیرساخت‌های فرودگاهی در پهنه‌های یخی، برای فرایند بلندمدت سازگاری زیرساخت‌های حمل‌ونقل ضروری است.

۳- مقدمه و دید کلی

منطقه نانویک شمالی‌ترین منطقه کبک است که در مدار ۵۵ درجه شمالی واقع است. در سال ۲۰۰۹، تعداد ۱۱۵۳۳ نفر در چهارده روستای شمالی نانویک زندگی می‌کردند. از آنجا که ساکنان این مناطق از طریق شبکه راههای زمینی با هم ارتباط ندارند، جابجایی‌ها و حمل‌ونقل آنها از طریق چهارده فرودگاه و امکانات زیربنایی آنها (شامل باند فرودگاه و جاده‌های دسترسی فرودگاهی) انجام می‌شود که سیزده فرودگاه آن متعلق به وزارت حمل‌ونقل کبک است (شکل ۱). بیشترین طول باندهای فرودگاهی متعلق به وزارت حمل‌ونقل، ۱۰۷۷ متر است و از شن ساخته شده است. روسازی راههای دسترسی فرودگاهی بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۹ انجام شده است. سازه‌های زیربنایی فرودگاهی وزارت حمل‌ونقل کبک در منطقه نانویک به‌وسیله سازمان فرودگاهی منطقه‌ای Kativik بهره‌برداری می‌شوند. اقدامات و فعالیت‌های توسعه‌ای و تعمیراتی به‌وسیله سازمان همکاری‌های منطقه شمالی کبک (وابسته به وزارت حمل‌ونقل) مدیریت می‌شود.

در منطقه قطبی کبک، سه پهنه یخی وجود دارد. پهنه یخی پیوسته (۱۰۰ تا ۹۰ درصد) که ۹ زیرساخت فرودگاهی در آن احداث شده است. پهنه یخی ناپیوسته (۹۰ تا ۵۰ درصد) و پهنه یخی پراکنده (۵۰ تا ۱۰ درصد) که هر یک از این دو ناحیه دارای یک سازه فرودگاهی هستند (شکل ۱).

شکل ۱- فرودگاه‌های MTQ در منطقه نانویک و پهنه‌های یخی در کبک

بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۱۹۹۱، یعنی در زمانی که فرودگاه‌های نانویک طراحی و ساخته می‌شدند، توده‌های یخی به عنوان توده‌هایی ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته شده بودند و پدیده گرمایش کره زمین جدی تلقی نمی‌شد. بنابراین هیچ‌گونه اقدام محافظتی خاصی به‌منظور کاهش اثرات ذوب توده‌های یخی انجام نشده بود. به‌علاوه هیچ‌گونه ارزیابی در آن زمان بر روی توده‌های منجمد عمیق و ساخت بسترها و خاک‌ریزها انجام نشده بود.

از اوایل سال ۲۰۰۰، خسارت‌های جدید مرتبط با ذوب‌شدگی توده‌های یخ در ۹ فرودگاه از ۱۳ فرودگاه کبک مشاهده شد. خسارت‌های مشاهده‌شده در راههای دسترسی و باندهای فرودگاهی عموماً به صورت زیر بودند:

- نشست لبه‌های کناری باندها، ایجاد ترک در لایه‌های بالایی روسازی (شکل ۲)،
- نشست مرکزی در تمامی سطح باند (شکل ۳)،
- شکست سیستم‌های زهکش در قسمت‌های پایینی باند و ایجاد سراشیبی‌های تند در اطراف باند (شکل ۴).

شکل ۲- نشست لبه‌های کناری باند

شکل ۳ - تمرکز نشست در نمای عرض باند

شکل ۴- شکسته شدن سیستم زهکش باند فرودگاه

علاوه بر پدیده گرم شدن زمین که سبب افزایش ضخامت لایه فعال پهنه یخی و تأثیر بر زیرساخت‌های فرودگاهی در منطقه نانویک شده بود، دو مؤلفه دیگر نیز در مورد فرایند نگران‌کننده ذوب توده‌های یخی مشاهده شدند:

- انتقال گرما باعث به راه افتادن جریان آب در زیر سطح روسازی و متراکم شدن آب در زیر سطح روسازی می‌شود.
- انباشتگی طبیعی و مکانیکی برف در قسمت پایین روسازی که باعث عایق شدن سطح زمین در زمستان و به دام افتادن گرما در خاک می‌شود.

تغییرات آب‌وهوایی که اخیراً در نانویک مشاهده شده است نشان می‌دهد میانگین سالانه دما در این منطقه از اواخر سال ۲۰۰۰ رو به افزایش بوده است و درجه حرارت هوا در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۷ در حدود ۳/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است.

این افزایش دما ۵ تا ۷ برابر سریع‌تر از میانگین سالانه گرمای کره زمین در همین بازه زمانی است. به همین ترتیب: پیش‌بینی‌های تصویری در مورد وضعیت دمایی نانویک در سال ۲۰۵۰ که در جدول ۱ نشان داده شده است نشان می‌دهد افزایش دما در تابستان ممکن است بین ۱/۶ تا ۲/۸ درجه سانتی‌گراد و ۴/۵ تا ۶/۵ درجه سانتی‌گراد در زمستان باشد (Oraunos Consortium, 2010).

پیش‌بینی میزان بارندگی‌ها نیز در همین مدت زمان نشان می‌دهد یک افزایش ۱۶/۸ تا ۲۹/۴ درصدی در بارش‌های زمستانی و ۳ تا ۱۲/۱ درصدی در بارش‌های تابستانی وجود خواهد داشت.

جدول ۱- پیش‌بینی تغییرات دما و بارندگی در نانویک

فصل		تغییرات تا سال ۲۰۲۰	تغییرات تا سال ۲۰۵۰	تغییرات تا سال ۲۰۸۰
زمستان	دما	۲/۴ -۴/۰ °C	۴/۵ -۶/۵ °C	۵/۸ -۹/۵ °C
	بارش	%۶/۲ - %۱۷/۹۰	%۱۶/۸ - %۲۹/۴	%۲۴/۰ - %۴۳/۸
بهار	دما	۱/۱ -۱/۹ °C	۱/۹ -۳/۳ °C	۲/۸ -۵/۴ °C
	بارش	%۲/۲ - %۱۱/۸	%۶/۳ - %۱۹/۰	%۱۲/۱ - %۲۹/۴
تابستان	دما	۰/۹ -۱/۷ °C	۱/۶ -۲/۸ °C	۲/۱ -۳/۶ °C
	بارش	%۱/۶ - %۸/۲	%۳/۰ - %۱۲/۱	%۵/۸ - %۱۷/۹
پاییز	دما	۱/۲ -۲/۳ °C	۲/۳ -۳/۷ °C	۲/۸ -۴/۶ °C
	بارش	%۵/۵ - %۱۲/۰	%۹/۸ - %۲۰/۱	%۱۶/۲ - %۲۹/۵

به‌علاوه، این پدیده مقیاس خسارت وارد آمده به سازه‌ها و سرعت پیدایش آنها را در سازه‌های آسیب‌پذیر، افزایش خواهد داد. این مشکلات وزارت حمل‌ونقل کبک را وادار به تجدید نظر در روش‌ها و رویکردهای نگهداری و طراحی و اعمال فاکتورهای دخیل در تغییرات دمایی به‌منظور کاهش اثرات جانبی آن خواهد نمود. در آخر باید گفت که راهبرد سازگاری برای سازه‌های موجود در نانویک در حال توسعه بوده و در سال ۲۰۱۱ پایان می‌یابد.

۴- تحلیل و نتایج

۴-۱- اجرای ارزیابی و برنامه مطالعاتی

در مواجهه با خسارت‌های واردشده بر اثر توسعه ذوب‌شدگی توده‌های عظیم یخی، وزارت حمل‌ونقل کبک برنامه‌های هوشمندانه‌ای را اجرا کرده است. در همین زمان، فعالیت‌های تحقیقاتی برای تعریف بهتر خصوصیات توده‌های عظیم یخی در منطقه انجام‌شده است. روش‌های سازگاری در دو نقطه مجزا مورد آزمایش قرار گرفتند.

هدف تمامی این مشاهدات و کارهای تحقیقاتی عبارت است از ارتقای درک از این پدیده و افزایش دانش در زمینه انجام اقدامات نگهداری از سازه‌ها و زیرساخت‌ها برای استفاده ایمن در بلندمدت.

۴-۱-۱- بازدیدهای میدانی

از سال ۲۰۰۴، بازدید میدانی برای بررسی اثرات جانبی ذوب‌شدگی توده‌های عظیم یخی منطقه نانویک بر زیرساخت‌های فرودگاهی در منطقه آغاز شد. این بازدیدها به‌منظور پایش فرونشست‌های موجود و توجه به فرونشست‌های جدید انجام می‌شوند که هر سال در یک طرح ویژه اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند. گودال‌ها و نیز تجمع برف در پاشنه خاکریزها نیز پایش می‌شود تا نشست اتفاق افتاده در این نقاط نیز تعیین شود. به‌منظور درک بهتر رفتار زیرساخت‌های آسیب‌پذیر، میزان توسعه و افزایش شکست یخ‌ها و ذوب‌شدگی توده‌های عظیم و عمیق یخی در زمین‌های اطراف سازه‌های فرودگاهی نیز پایش می‌شود. این اقدام به بررسی میزان تغییرات زمین‌های طبیعی و تعیین میزان تأثیرگذاری آنها بر زیرساخت‌ها کمک می‌کند.

۴-۱-۲- نصب ابزار اندازه‌گیری نشست

به‌منظور بررسی و مشاهده میزان پیشرفت نشست، در محل‌هایی که افت زیادی (با وجود انجام اقدامات نگهداری) وجود دارد ابزار اندازه‌گیری نشست نصب می‌شود. از سال ۲۰۰۵ سرعت ایجاد خسارات در سازه‌های آسیب‌پذیر افزایش زیادی پیدا کرده است. به عنوان مثال در باند فرودگاه TasiuJaq، در منطقه Ogava bay، ابزار نصب‌شده در شانه، میزان نشست ۷ سانتی‌متر را بین سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ نشان می‌دهد.
میزان افت در این موقعیت نسبتاً موضعی است. در جاده دسترسی به فرودگاه Umiujaq در منطقه Hudson's Bay مقدار افت ۶/۳ سانتی‌متر از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۶ ثبت‌شده است و همچنین میزان نشست در راههای اصلی متغیر است. این نکته بسیار قابل‌توجه است که تابستان ۲۰۰۵ یکی از گرم‌ترین تابستان‌های دهه اخیر بوده است. در تابستان ۲۰۰۹ در بخشی از جاده دسترسی Akulivik، دو نشست با طول موج کوتاه‌تر به عمق ۱۰ سانتی‌متر ظاهر شد. هیچ‌گونه علامت خاصی مبنی بر وجود آسیب‌های قدیمی در این منطقه وجود نداشت.

۴-۱-۳- پایش رژیم حرارتی پهنه یخی (پرمافراست)

به‌منظور پایش رژیم حرارتی پرمافراست در مناطق آسیب‌پذیر، کابل‌های دماسنج (Thermistor cables) نصب شدند. بخش مطالعاتی دانشگاه Laval از سال ۲۰۰۵، هر سال گزارشی از داده‌های تلفیقی ارایه می‌کند که بیانگر تغییرات پیش‌آمده در شرایط موجود هستند.

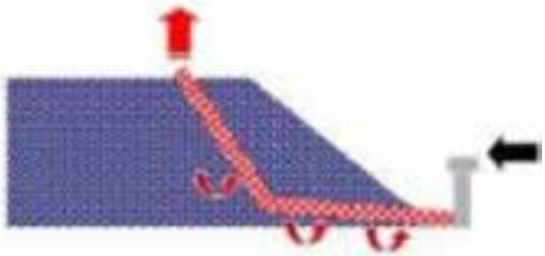
۴-۱-۴- خصوصیات پهنه یخی

در طی مرحله طراحی زیرساخت‌ها، حفاری‌هایی جهت تعیین خصوصیات لایه‌های فعال پرمافراست انجام‌گرفته است. در آن زمان، فرض بر این بود که شرایط آب‌وهوایی پایدار است و پدیده گرمایش زمین بررسی نمی‌شد. از پایان دهه ۹۰ میلادی، لایه فعال پرمافراست به دلیل تغییرات آب‌وهوایی و تغییرات فیزیکی پیش‌آمده در منطقه (مانند انباشتگی برف، ناکارآمدی زهکش‌ها و غیره) ضخیم‌تر شده‌اند. این اختلالات باعث ایجاد نشست در برخی فرودگاه‌ها و زیرساخت‌های جاده‌ای در نانویک شده است.

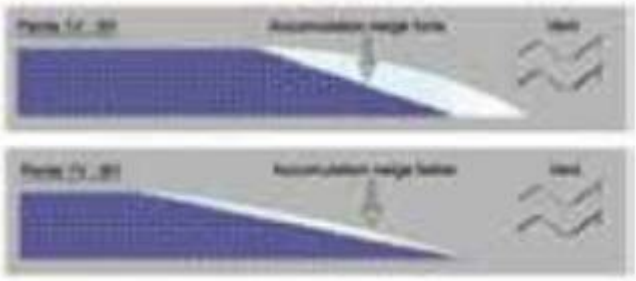
در سال ۲۰۰۳، چندین پروژه شناسایی خصوصیات توده‌های یخی به‌منظور تعیین ضخامت آنها، خصوصیات زمین‌شناختی و چینه‌شناسی آنها و خصوصیات مکانیکی و محتویات یخ‌ها، انجام گرفته است. مهم‌ترین روش‌های شناخت ویژگی‌های توده‌های یخی عبارتند از بررسی‌های ژئوفیزیکی (شکست لرزه‌ای و استفاده از رادارهای زمینی) و حفاری‌های غیر مخرب برای استخراج نمونه‌ها.

۴-۱-۵- تجربه تکنیک‌های تطبیقی

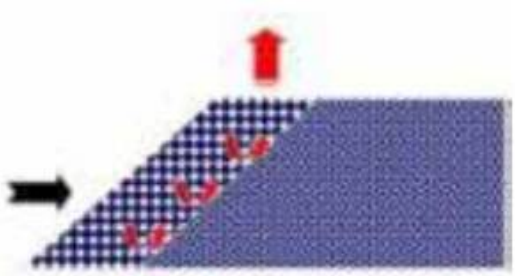
به‌منظور کاهش تأثیرات ناشی از ذوب‌شدگی توده‌های یخی در زیرساخت‌های حمل‌ونقل کبک، روش‌های سازگاری متفاوتی روی راههای دسترسی آسفالتی در منطقه Salluit و باند شنی در منطقه Tasiujoq آزمایش شده است. این پروژه‌های تجربی عبارت بودند از زهکشی حرارتی (شکل ۵)، خاکریزهای با شیب تدریجی (شکل ۶)، خاکریزهای همرفتی (شکل ۷) و سطوح بازتابنده.



شکل ۵- زهکشی حرارتی



شکل ۶- خاکریزهای با شیب تدریجی



شکل ۷- خاکریزهای همرفتی و سطوح بازتابنده

سایت آزمایشی Salluit

در پروژه تجربی انجام‌شده بر روی راه آسفالته دسترسی Salluit، نصب سطوح بازتابنده عملی نبود. محصول آزمایش‌شده به‌طور کامل روی روسازی راه نچسبید (روسازی در خلال نصب محصول و فعالیت‌های نگهداری شهرداری به مواد نفتی آغشته شده بود و برای این نوع سطح مناسب نبود). با این که در بین سیستم نصب نشد اما اطلاعات به دست آمده، خنک شدن سطح فوقانی روسازی در ابتدای پروژه را نشان داد.

روش گرمایش همرفتی خاک‌ریزها به‌تنهایی یا در ترکیب با سایر روش‌ها، عملی نبود به‌خصوص اینکه ارتفاع خاک‌ریز برای نصب سلول‌های همرفتی کافی نبود. محققان مؤسسه Grinch که مسؤول این پروژه بودند دریافتند حداقل ارتفاع خاکریز در حدود ۱/۵ متر مؤثر می‌باشد.

برای خاکریزی که زهکشی حرارتی در آن قرار داده شده بود تغییرات دمایی، متناسب با تغییرات دمایی هوای پیرامون آن بود. تعدادی از نکات آموخته‌شده از این پروژه تجربی عبارتند از:

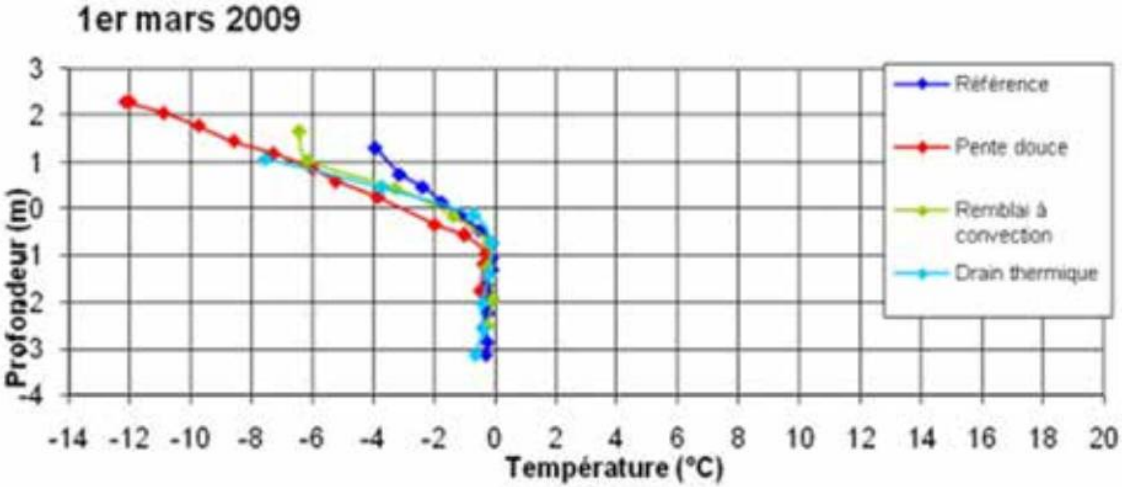
- بستر مورد آزمایش حداقل باید ۳۰ متر طول داشته باشد.
- ارتفاع خاکریز برای نصب زهکش‌های حرارتی یا سلول‌های همرفتی باید حداقل ۱/۵ متر باشد.
- حسگرهای حرارتی برای گرمای همرفتی و سیستم‌های زهکش حرارتی باید به‌وسیله لوله‌های کابل زیرزمینی ساخته شوند نه از لوله‌های مشبک و حفره‌دار.
- ابزارهای مورد استفاده باید جهت مقاومت در برابر شرایط آب‌وهوایی مناطق قطبی قوی و بادوام باشند.
- شرایط در سایت‌های برفی باید مطالعه شده باشد تا از ارتفاع کافی لوله‌های تهویه هوا برای مسدود نشدن ناشی از انباشت برف اطمینان حاصل شود.
- سیستم‌های زهکش نصب‌شده در محل باید با دقت تنظیم گردند تا موانع فیزیکی نتوانند باعث ایجاد انباشتگی آب در قسمت‌های پایین‌دست بستر راه شوند یا باعث تمرکز جریان فقط در یک قسمت خاص گردند (به‌طور مثال پایه‌های دکل‌های انتقال برق که مانع ایجاد جریان آب در درون نهرها می‌شوند).
- لایه‌های نازک آسفالتی، لایه‌های مناسبی جهت نصب سطوح بازتابنده هستند.

برای اجرای روش‌های سازگاری در مناطق شمالی، اقدامات نگهداری ناچیز و نیروی کار غیر ماهر کفایت می‌کند.

سایت آزمایشی Tasiujaq

سایت آزمایشی واقع در باند فرودگاه Tasiujoq در تابستان ۲۰۰۷ ساخته شد (شکل ۸). نتیجه عملکرد روش‌های مورد آزمایش در یک بازه زمانی سه ساله و با همکاری وزارت حمل‌ونقل کانادا مشاهده و بررسی خواهد شد. نتایج اولیه بیانگر عملکرد تقریباً مناسب تمامی تکنیک‌های مورد آزمایش بودند. برای مثال در اول مارس ۲۰۰۹، در پایان دوره سرمای زمستانی، قسمت‌های مورد آزمایش قرار گرفته مسیر نسبت به سایر قسمت‌ها خنک‌تر بودند. به‌علاوه در زمین‌های طبیعی اطراف بستر راه در عمق ۵ متری (محل تلاقی خاک طبیعی با سطح بستر راه) دما در حدود ۳- درجه سانتی‌گراد بود که ۱/۵ درجه سانتی‌گراد سردتر از سایر قسمت‌ها بود (شکل ۹).

شکل ۸- سایت آزمایشی در باند فرودگاه Tasiujaq



شکل ۹- رژیم حرارتی در چهار قسمت از منطقه، اول مارس ۲۰۰۹

به‌طورکلی، سیستم‌های حفاظتی پتانسیل معینی را در دو سال اول بهره‌برداری نشان داده‌اند. عملکرد مشاهده شده در طی این دو سال به‌صورت زیر است:

- مقطع دارای شیب تدریجی، در طول این بازه زمانی عملکرد بسیار خوبی داشت و دمای خاکریز در مقایسه با بخش کنترلی کاهش یافت. حداکثر میزان ذوب شدن در سال اول ۱/۲ متر بود که در سال دوم به ۰/۶ متر تقلیل یافت. این بخش به جهت پوشش برفی بسیار نازک بر روی آن، در طول زمستان سردتر می‌شود.
- زهکش حرارتی نیز در طول این دوره عملکرد خوبی داشت و سبب کاهش دما در خاکریز در مقایسه با بخش کنترلی گردید. حداکثر میزان ذوب‌شدگی در سال اول ۱ متر بود که در سال دوم به ۰/۸ متر تقلیل یافت. رفتار و عملکرد این قسمت بسیار رضایت‌بخش بود.
- خاکریزهای همرفتی نیز عملکرد مناسبی داشتند اما اثربخشی آن به دلیل ظرفیت تخلیه حرارتی ناکافی، کاهش یافت. این بخش به‌شدت در معرض امواج گرمای تابستانی و ذوب‌شدگی در کل عمق مورد بررسی می‌باشد.

۴-۱-۶- مطالعات آیرودینامیک

یک مطالعه آیرودینامیک بر روی فرودگاه Tasiujaq انجام خواهد گرفت تا کاربری مطلوب حصارهای برفی را که به‌منظور کم کردن میزان انباشتگی برف در لبه‌های کناری باند نصب شده‌اند، ثبت کند.

۵-تأثیرات بر ایمنی و سایر زمینه‌های مرتبط (مانند اقتصاد، محیط‌زیست، اجتماع)

در حال حاضر، وزارت حمل‌ونقل کبک در حال اجرایی کردن اقدامات نگهداری در زیرساخت‌هایی است که در برابر ذوب‌شدگی توده‌های عظیم یخی حساس هستند. اجرای روش‌های سریع ضروری است زیرا تحلیل نمونه‌های حاصل از حفاری‌ها نشان داد که مسیرهای جاده‌ای در معرض خطر نابودی و انهدام قرار دارند.

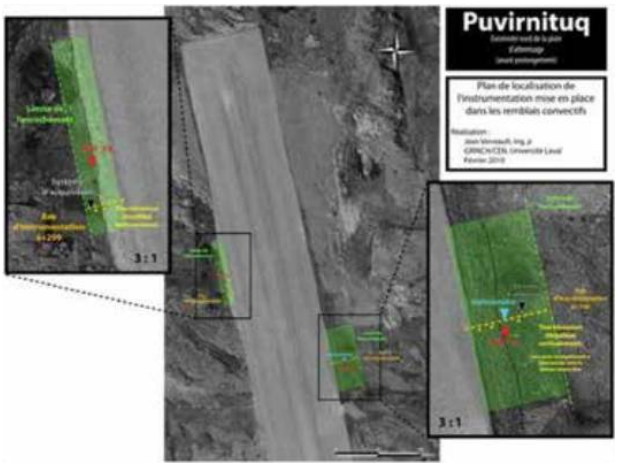
۵-۱- پایدارسازی قطعه‌ای از خاکریز باند فرودگاه Puvirnituq و معرفی یک روش سازگاری

حفاری در داخل سنگ‌بستر و تا عمق ۱۵ متری خصوصیات چینه‌شناسی خاک را نشان داد و همچنین ارزیابی عمق ذوب‌شدگی را امکان‌پذیر نمود. نمونه‌های سالم یخ‌زده و ذوب‌شده، استخراج شدند. با وجود طراحی مناسب سیستم‌های نمونه‌گیری، مشکلات زیادی در خلال حفاری پیش آمد که کیفیت تعدادی از نمونه‌ها را کاهش داد.

استخراج نمونه‌های سالم و بی‌نقص که دارای میزان زیادی ریزدانه از جمله شن و ماسه و سنگریزه هستند، کار دشواری است.

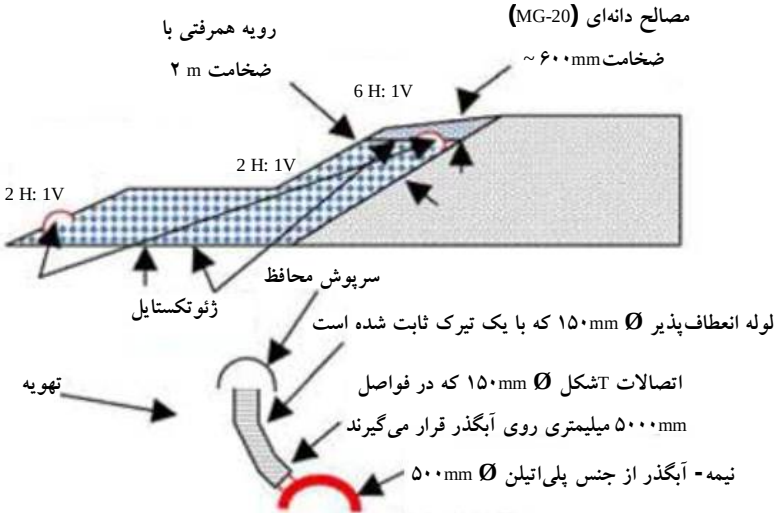
نتایج عمومی حفاری نشان داد سطح بالایی از ذوب‌شدگی در پاشنه خاکریزها در مقایسه با لایه‌های فعال زیر خاکریز و دشت یخ‌زده اطراف باند در فاصله بیش از ۳۰ متری، وجود دارد. ساختن خاکریزها بر روی توده‌های یخی، سطح بالایی از تهدیدات را ایجاد می‌کند و جریان ذوب‌شدگی توده‌های یخی را تسریع می‌کند.

پایدارسازی و اقدامات پیشگیرانه در پاشنه یک خاکریز اصلی در باند فرودگاه Puvirnituq در سال ۲۰۰۹ اجرایی شد (شکل ۱۰). مشاهدات انجام‌شده نشان داد خاکریزهای هدف با ارتفاع ۹ متر در طی چند سال اخیر مشکلاتی نظیر نشست داشته‌اند. نمونه‌گیری‌ها در پاشنه خاکریز، بیانگر ذوب‌شدگی توده‌های عظیم یخی تا عمق ۹ متری بود. بر اساس عدد نفوذ به دست آمده طی حفاری، خاک متشکل از رس دریایی با مقاومت کم پس از ذوب‌شدگی می باشد. این نگرانی وجود دارد که خاکریز در اثر ذوب‌شدگی‌های گسترده خاک‌های رسی در پاشنه، دچار ناپایداری شود. به‌منظور بررسی میزان تحکیم طبیعی خاک رس در زمین‌های زیر خاکریز، خطوط کانتوری ترسیم شدند.



شکل ۱۰- موقعیت مکانی فعالیت‌های پایدارسازی در Puvirnituq

اقدامات پایدارسازی حرارتی نیز انجام شدند. این اقدامات عبارت بودند از: اجرای سیستم‌های زهکش به‌منظور تغییر جریان آب در بالادست، به منظور که جلوگیری از برخورد آن با سنگ‌ریز و ساخت یک خاکریز همرفتی به‌منظور پراکنده کردن گرما از خاکریز. خاکریزهای همرفتی با پوشاندن شیب بالادست با مواد همرفت ساخته می‌شوند. این خاکریزهای همرفت در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده‌اند. به‌علاوه تجربه به کار گرفته شده در پروژه Tasiujaq برای ارتقای طراحی سیستم‌های تهویه در منطقه Puvirnituq به کار برده شد.



شکل ۱۱- نمودار سیستم حفاظتی نصب‌شده در لبه باند فرودگاه Puvirnituq

شکل ۱۲- سیستم حفاظتی در دست‌ساخت در لبه باند فرودگاه Puvirnituq

در انتخاب روش‌های سازگاری باید عوامل فنی، اقتصادی و ایمنی مد نظر قرار بگیرند. راه‌حل انتخاب‌شده، به‌خصوص در مناطق دورافتاده راحت‌تر به نتیجه رسید و هزینه‌های کمتری نسبت به سایر روش‌ها داشت. این روش انتخاب‌شده همچنین مشکلات ناپایداری سطوح را حل می‌کند و میزان نشست را در پروژه کاهش می‌دهد. عملکرد سیستم‌های استخراج‌کننده گرما به منظور اصلاح و بهبود طراحی، در آینده مورد نظارت و بررسی قرار می‌گیرند. در نهایت، پروژه Puvirnituq همچنین تلاش خواهد کرد خصوصیات مکانیکی خاک اطراف خاکریز را تعیین کند تا ارزیابی پایداری خاکریز در پهنه‌های یخی در حال نابودی بهبود یابد.

۶- ملاحظات، راهبردها و نتایج

۶-۱- راهبرد سازگاری

تمام داده‌های جمع‌آوری‌شده از سال ۲۰۰۴ به‌وسیله وزارت حمل‌ونقل کبک مورداستفاده قرار می‌گیرد تا یک راهبرد سازگاری برای هر یک از زیرساخت‌ها تدوین شود.
تغییرات آب‌وهوا، گرم شدن پهنه یخی ناشی از جریان یافتن آب در زیر خاکریز یا تجمع آب در قسمت پاشنه خاکریز و عایق شدن خاک در اثر انباشته شدن برف (به‌صورت دستی یا طبیعی) در پاشنه خاکریز، همگی بر افزایش ضخامت لایه فعال توده‌های عظیم یخی اثر دارند.
علاوه بر روش‌های سازگاری مورد مطالعه، روش‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت دیگری برای زیرساخت‌های فرودگاه‌های موجود مورد شناسایی قرارگرفته‌اند:

- پایش نشست با روکش مجدد،
- نگهداری آبروها در پاشنه خاکریزها به‌منظور اطمینان از وجود زهکشی مناسب، به‌خصوص در فصل بهار،
- پاک‌سازی برف روی شیب‌ها و پاشنه خاکریزها،
- پر کردن فرورفتگی‌ها با تورب (زغال گیاهی) تا سطح ترک‌خوردگی‌های باند ناشی از یخ‌زدگی به منظور جلوگیری از فرسایش حرارتی و ایجاد کردن سطح عایق،
- جابجا کردن آبروها از پاشنه خاکریز،
- ایجاد شیب تدریجی در خاکریز.

انتخاب نوع راهبرد سازگاری عمدتاً به میزان ریسک ناشی از تغییرات آب‌وهوایی مؤثر بر زیرساخت‌های فرودگاهی و کاربران آن، بستگی دارد. به‌عنوان مثال، در صورت وقوع تخریب‌های محلی یا خطر وقوع ناپایداری سطوح، اقدامات فوری یا پیشگیرانه ضروری هستند. در صورتی که سطح ریسک پایین باشد یا اصلاً وجود نداشته باشد، برای انتخاب بین اجرای یک روش سازگاری برای حداقل سازی تخریب زیرساخت یا پایش وضعیت و انجام اقدام نگهداری، باید تحلیل هزینه- فایده انجام شود.

۷- نتیجه‌گیری

در مواجهه با تغییر آب‌وهوا، لازم است بازرسی‌های ژئوتکنیک در اعماق بیشتری انجام شود تا خصوصیات توده‌های عظیم یخی تعیین شده و نوع و شکل مشکلات پیش رو در هر دو جنبه طراحی زیرساخت‌های جدید و نگهداری از سازه‌های موجود پیش‌بینی شوند. با توجه به شکل نشست، باید تحلیل هزینه- فایده به‌عنوان

بخشی از فرایند تصمیم‌گیری انجام شود تا بهترین راه‌حل، از بین روش‌های نگهداری مستمر یا روش‌های سازگاری انتخاب و تعیین گردد.

روش‌های سازگاری ساده شده که در مناطق مختلف آزمایش شده‌اند، ثابت می‌کنند که اجرای آنها بر حفظ توده‌های یخی زیر خاکریزها بسیار مؤثر هستند. به عنوان مثال، شیب تدریجی (پله‌ای) سطح خاکریز میزان کارایی خود را به‌اندازه روش‌های بسیار دشوار و پیچیده نشان داده است. در انتخاب یک یا چند راهکار تطبیقی، مؤلفه‌های بسیار زیادی باید مورد بررسی قرار بگیرند که شامل تجهیزات، در دسترس بودن مصالح، هزینه‌ها و حجم کار می‌شوند.

مسایل مورد بررسی قرار گرفته، بازنگری در اقدامات نگهداری زمستانی و آموزش‌های مناسب افراد به کار گرفته شده در این پروژه‌ها لازم و ضروری هستند. در نهایت، تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی بر توده‌های عظیم یخی، این نکته را آشکار می‌سازد که در مواجهه با این‌گونه مسایل نیاز به منابع انسانی متخصص می‌باشد. این نکته برای دانشگاه‌ها بسیار مهم است که مهندسانی را تربیت کنند تا قادر باشند مسایل و مشکلات پیش‌آمده در ساخت‌وسازهای مناطق شمالی را حل کنند.

۸- هزینه‌ها و منابع مالی

از سال ۲۰۰۴، در حدود ۳ میلیون دلار در کارهای مشاوره‌ای و تحقیقاتی برای تکمیل راهبرد سازگاری سرمایه‌گذاری شده است. برای موفقیت کامل یک پروژه باید در رشته‌های مختلف تحقیقاتی (مهندسان، مدیران، نقشه‌کشان، متخصصان ژئومورفولوژی و تکنسین‌ها)، نیروهایی تربیت شوند تا تمامی جنبه‌های مشکلات را بررسی کنند و راه‌حل‌هایی را برای تکمیل راهبرد سازگاری طراحی کنند تا این راهبرد تا سال ۲۰۱۱ تکمیل شود.

مراجع

[1] http://www.stat.gouv.qc.ca/regions/profils/region_10/region_10_ 00.htm

[2] Doré, G., Ficheur, A. “Expérimentation de méthodes de mitigation des effets de la fonte du pergélisol sur les infrastructures de transport du Nunavik: Aéroport de Tasiujaq”, (effects of permafrost melt mitigation methods on transportation infrastructures in nunavik: Tasiujaq airport), stage 3 report (preliminary version), rapport GcT-2009-11, université laval, québec, canada, 2009.

[3] Doré, G., voyer, E. “Expérimentation de méthodes de mitigation des effets de la fonte du pergélisol sur les infrastructures de transport au Nunavik: Projet expérimental de Salluit”, (effects of permafrost melt mitigation methods on transportation infrastructures in nunavik: salluit testing

project), final report (preliminary version), rapport GcT-2009-04, université laval, québec, canada,2010

[4] Doré, G. “Proposition de recherche, expérimentation de méthodes de mitigation des effets de la fonte du pergélisol sur les infrastructures de transport du Nunavik: Aéroport de Tasiujaq”, (research proposal: effects of permafrost melt mitigation methods on transportation infrastructures in nunavik: Tasiujaq airport), université laval, québec, canada, 2007.

[5] Ouranos. “Savoir s’adapter aux changements climatiques”, (adapting to climate change), isbn: 978-2-923292-03-8, montréal, québec, p.128, 2010.

[6] Doré, G., verreaulT, J. “Suivi des comportements thermique et mécanique du remblai de la piste de Puvirnituq”, (Tracking theral and mechanical behaviour of the puvirnituq runway embankment), stage 1 report (preliminary version), université laval, québec, canada, 2010.

[7] Guimond, A., Grondin G., Boucher, M. “Nouvelle approche de planification et de gestion des infrastructures aéroportuaires du ministère des Transports du Québec au Nunavik dans un contexte de changements climatiques: Vers une stratégie d’adaptation”, (new approach to planning and managing mTq airport infrastructures in nunavik in light of climate change: Toward a new adaptation strategy), presentation for the 2010 Transportation association of canada conference in halifax, ministère des Transports du québec, bureau de la coordination du nord-du-québec, rouyn-noranda, québec, may 2010.

[8] Boucher, M., Grondin, G., Guimond, A. “Auscultation et investigations du pergélisol sous les infrastructures du ministère des Transports du Québec au Nunavik: vers une stratégie d’adaptation”, presentation for the 2010 conference of the canadian national committee for the international permafrost association in calgary, ministère des Transports du québec, service de la géotechnique et de la géologie, québec, canada, may 2010.

فنلاند ۱ - فروپاشی پل در برسبی، فنلاند

تهیه‌شده توسط: kaiTattari (فنلاند)

۱- مطالعه

کشور: فنلاند

نوع خطر (عوامل انسانی، عوامل طبیعی یا تغییر آب‌وهوا): طبیعی

طبقه‌بندی ریسک (تحلیل ریسک، ارزیابی ریسک، بهبود ریسک، ارتباطات ریسک یا مدیریت ریسک): بهبود/مدیریت ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: اداره راه منطقه اوسیما، اداره راه فنلاند

سال انجام: ۲۰۰۸

۲-خلاصه

پل جاده‌ای واقع بر روی رودخانه موسیتو به‌طور غیرمنتظره‌ای در ژانویه ۲۰۰۸ فرو ریخت. بدیهی است که دلیل اصلی ریزش، تشکیل یک سد یخی در رودخانه و در نتیجه شکست سریع پل بود. شبکه راههای اوسیما دارای یک روش مدیریت ریسک است، اما ریسک مربوط به تشکیل سد یخی با توجه به یخزدگی سطح آب قابل‌تشخیص نبود.

بلافاصله پس از فروپاشی پل، همه پل‌های مشابه که در معرض ریسک آسیب یا فروپاشی به دلیل ایجاد سد یخی بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. این بررسی شامل بازدید غواصی از ساختارهای زیر آب نیز بود. بعداً، اداره راه فنلاند دستورالعملی برای بازدید غواصی ساختار پل‌های جاده‌ای تدوین نمود که طبق آن بازدید پل‌هایی که شرایط و معیارهای ریسک عمده را داشتند، اجباری گشت.

۳- مقدمه

فروریختن پل در فنلاند بسیار نادر است. بازدید کلی پل‌ها سالانه انجام می‌شود و یک بازدید ویژه دقیق‌تر نیز هر پنج سال یک بار انجام می‌شود. اگر خسارت مهم در ساختار پل وجود داشته باشد، دوره بازدید ویژه می‌تواند در فواصل زمانی کوتاه‌تری انجام شود.

با وجود بازدیدهای منظم و روش‌های مدیریت ریسک، پل جاده‌ای واقع بر روی رودخانه موسیتو به‌طور غیرمنتظره‌ای در ژانویه ۲۰۰۸ فرو ریخت. بدیهی است که دلیل اصلی ریزش تشکیل یک سد یخی در رودخانه بالادست پل بود که باعث شکستگی سریع آن گشت. سد یخی باعث افزایش سطح آب بالادست رودخانه شد و

شکستگی یخ یک جریان آب قوی را به وجود آورد. جریان آب قوی در کف رودخانه احتمالاً باعث فرسایش زمین زیر ستون میانی پل شده و در نتیجه باعث ریزش آن گشته است. پل قدیمی بوده بنابراین ستون میانی پل بر روی بستر یک پی تخت طبیعی ساخته شده بود.

۴- تحلیل

پل برسبی بین دو سد نیروگاهی واقع شده است. چند روز قبل از ریزش پل، سد یخی بر روی سازه‌های سد در بالادست رودخانه مشاهده شد. اندازه‌گیری‌های خودکار نیروگاه نشان داد که درست قبل از ریزش پل جریان رها شده بزرگ‌تر از حد متوسط بوده است. جریان رها شده استثنایی نبود زیرا جریان‌های مشابه یا بزرگ‌تری در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷ اندازه‌گیری شده بودند. برخی از ساکنان محلی متوجه تشکیل سد یخی در کف بستر رودخانه و افزایش زیاد سطح آب در مقابل پل‌ها شده بودند. پس از ریزش پل، اندازه‌گیری‌ها نشان داد سطح آب از حداکثر ارتفاع مجاز (طراحی ارتفاع سیل) ۱۷ سانتی‌متر تجاوز کرده بود.

در ماه دسامبر سال ۲۰۰۷ و ژانویه ۲۰۰۸، دمای هوا به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از درجه حرارت متوسط برای این ماه‌ها بود. دمای متوسط روزانه به‌طور عمده بالاتر از ۰ درجه سانتی‌گراد (نقطه انجماد) و بالاتر از متوسط بلندمدت بود. چند روز قبل از ریزش پل درجه حرارت متوسط روزانه هوا به زیر ۰ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا کرد. تأثیرات شرایط دمای هوا بر تشکیل سد یخی موردمطالعه یا ارزیابی قرار نگرفته بودند.

۵- تأثیر بر ایمنی و جابجایی

محل پل ریزش کرده در راهی محلی با متوسط ترافیک روزانه (ADT) حدود ۱۳۰ وسیله نقلیه قرار داشت. هیچ ترافیکی بر روی پل در زمان ریزش وجود نداشت. با این حال، ممکن بود فاجعه‌ای به دلیل حرکت روزانه اتوبوس مدرسه از روی پل، رخ دهد.

تأثیر ریزش پل بر جابجایی اندک بود زیرا این منطقه تراکم جمعیتی بسیار کمی دارد و شبکه راههای محلی موجود مسیرهای دسترسی جایگزین را تأمین می‌کند. حدود ۵ ماه پس از ریزش، یک پل جایگزین برای تردد افتتاح شد.

۶- ملاحظات

اداره راه منطقه اوسیما که مسؤول نگهداری از راههای عمومی در استان اوسیما تا پایان سال ۲۰۰۹ بود، ریسک‌های طبیعی و ریسک‌های دیگر در نگهداری راه را تحلیل کرده است. تشکیل سد یخی با توجه به دمای زیر نقطه انجماد به‌عنوان یک ریسک در نظر گرفته نشده بود. تا پیش از این سد یخی مشکلی در منطقه ساحل جنوب فنلاند ایجاد نکرد بود، هر چند این پدیده در برخی از مناطق دیگر کشور کاملاً رایج است. وزارت کشاورزی و

جنگلداری در گزارش خود که در سال ۲۰۰۸ منتشر شد اعلام کرد تشکیل سد یخی در استان اوسیما محتمل نیست. ریسک ایجاد سد یخی بر روی سازه‌های راه در ارزیابی و مدیریت ریسک در نظر گرفته نشده بود.

همه پل‌هایی که می‌توانستند در معرض ریسک آسیب یا فروپاشی به دلیل ایجاد سد یخی باشند بلافاصله پس از سقوط این پل مورد بررسی قرار گرفتند. این بررسی شامل بازدید غواصی سازه‌های زیر آب بود. پل‌هایی بررسی شدند که در قسمت پایین‌دست رودخانه سدهای ایستگاه انرژی برق قرار داشتند و سازه‌های آنها در آب یا در نزدیکی سطح آب بودند.

اداره راه فنلاند پس از فروپاشی پل برسبی، یک راهنما برای بازدید غواصی ساختار پل‌های واقع بر روی مسیل آماده کرد و مدیران شبکه جاده‌ای موظف به انجام بازدید در پل‌هایی شدند که معیارهای یک ریسک بزرگ را داشتند. بازدیدهای غواصی پل‌های واقع بر روی مسیل در چند دهه پیش کاملاً معمول بود، اما در دهه گذشته این نوع از بازدیدها به دلیل هزینه بالا و مزایای کم، تقریباً متوقف شده بودند.

مانند همه پل‌های دیگر، پل برسبی نیز به شکل سالانه بازدید شده بود و همچنین یک بازدید کامل‌تر نیز هر پنج سال یک بار در آن انجام می‌شد. انجام بازدید در زمانی که سطح آب در پایین‌ترین میزان خود قرار دارد، صورت می‌پذیرد. ساختارهای پایین‌تر از این سطح به دلیل اینکه بازدید غواصی در دهه‌های پیش متوقف شده بود، مورد بررسی قرار نگرفته بودند.

پل تخریب‌شده با یک پل موقتی جایگزین و یک پل دائمی جدید در سال ۲۰۱۱ ساخته شد. پل جدید با یک دهانه طولانی و بدون نیاز به پایه‌های میانی ساخته شد.

اداره راه فنلاند پس از فروپاشی پل برسبی به منظور کاهش ریسک‌هایی از این دست، یک دستورالعمل برای بازدید غواصی سازه‌های پل در زیر آب، تدوین نمود. نقطه شروع فرایند بازدید در این دستورالعمل، نقشه‌برداری و مشخص کردن پل‌هایی است که در معرض ریسک قرار دارند. ساختارهای زیر آب باید در طول مرحله ساخت، دوره تضمین و نیز به‌طور مداوم در طول عمر پل، باید بازدید و بازرسی شوند. با توجه به دستورالعمل، دوره‌های بازدید به ویژگی پل و شرایط محل پل بستگی دارد. این شرایط به شرح زیر هستند:

- میزان جریان آب؛
- احتمال سیل غیرمنتظره؛
- احتمال تشکیل سد یخی؛
- میزان حساسیت فرسایش خاک؛
- عمق شالوده؛
- کیفیت آب؛
- عبور و مرور و ترافیک روی آب؛
- آسیب‌هایی که در بازدیدهای غواصی پیشین شناسایی شده باشند.

ریسک آسیب‌های زیر سطح آب، برای هر پل با شرایط و عوامل ریسک که در بالا ذکر شد تعیین می‌شود. پل‌های در معرض ریسک باید پس از نقشه‌برداری مشخص شوند و بازه بازدید غواصی برای این پل‌ها باید کمتر از ۱۰ سال باشد. دستورالعمل بازدید غواصی شامل الزامات مورد نیاز برای برنامه‌ریزی ایمنی این نوع از بازرسی است. این الزامات شامل وظایف مقامات دولتی، وظایف مشتریان، وظایف پشتیبانان و مقررات مورد نیاز برای تشخیص صلاحیت گروه غواصی است.

فرایند بازدید غواصی به شرح ذیل است:

- تهیه پیش‌نویس طرح بازدید؛
- بازدید سازه‌های پل در زیر آب؛
- تشخیص وسعت و محل خسارت؛
- عکاسی از خسارت؛
- بازرسی‌های ویژه؛
- اسناد، مدارک و گزارش نتایج بازرسی.

طرح بازدید پایه، اساس بازدید می‌باشد و باید آن را در اسناد مناقصه گنجاند. مسایل زیر در طرح بازدید شرح داده می‌شوند:

- موضوع بازدید؛
- بازرس ارشد و گروه غواصی؛
- شرایط غواصی (جریان آب، سطح آب، امواج، باد)؛
- داده‌های اولیه موجود؛
- هدف از بازدید؛
- ساختار سازه مورد بازدید؛
- مسایلی که نیاز به توجه ویژه دارند؛
- تجهیزات بازدید و دستگاه مورد استفاده؛
- بازدید ویژه تعیین‌شده در درخواست مناقصه؛
- روش و میزان بازدید؛
- اندازه‌گیری و دستگاه بازدید؛
- محل برداشت و تعداد نمونه‌ها جهت آزمایش؛
- آزمایشگاه برای تحلیل نمونه‌ها؛
- روش‌های کنترل ترافیک.

جزئیات مورد نیاز و دستورالعمل برای مسایل دیگر در راهنما آمده است.

شکل ۱- پل فروریخته برسبی

شکل ۲- پایه میانی پل تقریباً در موقعیت افقی اولیه باقیمانده است

فنلاند ۲- کمبود و نقایص حفاظ‌های ایمنی و نرده‌های پل

تهیه‌شده توسط: kaiTattari (فنلاند)

۱- مطالعه

کشور: فنلاند

نوع ریسک (عامل انسانی، طبیعی یا تغییر آب‌وهوا): عامل انسانی

طبقه‌بندی ریسک (تحلیل ریسک، ارزیابی ریسک، بهبود ریسک، ارتباط ریسک یا مدیریت ریسک): درمان/ مدیریت ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: اداره راه منطقه اوسیما، اداره راه فنلاند

سال انجام: ۲۰۰۸

۲- خلاصه

در سال ۲۰۰۸، در آزادراه حد فاصل شهرهای هلسینکی و تامپر، یک حصار برف‌گیر، از نرده پل جاده عبوری از روی آزادراه به پایین سقوط کرد و با شیشه جلو یک اتومبیل در حال عبور برخورد کرد و سبب مجروحیت راننده خودرو شد.

اداره راه منطقه‌ای اوسیما که مسؤول تعمیر و نگهداری راههای عمومی در استان اوسیما تا پایان سال ۲۰۰۹ بود، ریسک‌های طبیعی و سایر ریسک‌های نگهداری راه را تحلیل و از روش مدیریت ریسک و راهنمای بازدید استفاده می‌نمود. پس از حادثه، اداره راه منطقه‌ای اوسیما برای بازدید چفت‌وبست‌های حفاظ‌های ایمنی در پل‌ها و حصارهای برف‌گیر پل‌هایی که بر روی یک راه دیگر قرار دارند، یک مشاور استخدام نمود.

۳- مقدمه

حصارهای برف‌گیر در نرده پل برای جلوگیری از سقوط برف و یخ به راه زیرین استفاده می‌شود. ریسک سقوط برف معمولاً از جمع شدن برف در لبه عرشه پل توسط باد شکل می‌گیرد.

بازرسی اولیه ساخت‌وسازهای پل و اتصالات سازه پل در قراردادهای ساخت و تعمیر پل وجود دارد. پس از آن، سازه و اتصالات پل به‌طور سالانه توسط مشاوران بازدید می‌شود. تمرکز در این بازدیدها بر سازه پل بوده است و روش بازدید به طور مفصل در دستورالعمل بازدید شرح داده شده است. بازدید حفاظ‌ها و نرده‌های ایمنی و چفت‌وبست‌های حصار برف‌گیر در یک سطح کلی و عمومی شرح داده شده است که به صورت چشمی انجام می‌شود.

پیمانکار ناحیه‌ای نگهداری روزانه، بعد از هر تصادف موظف به بازدید چفت‌وبست‌های حفاظ‌های ایمنی و حصارهای برف‌گیر و تعمیر آنها در اولین فرصت ممکن می‌باشد. این امر در صورتی است که یا خرابی‌ها به آسانی قابل رؤیت و شناسایی باشند یا پیمانکار پیامی از اداره راه، پلیس یا سایر کاربران راه در رابطه با خرابی دریافت نماید.

۴- تحلیل

اداره راه منطقه‌ای اوسیما پس از حادثه، جهت بازرسی چفت‌وبست‌های حفاظ‌ها و نرده‌های ایمنی پل‌ها و حصارهای برف‌گیر پل‌هایی که از بالای جاده دیگری عبور می‌کنند، مشاوری را انتخاب کرد. تعداد ۶۳۳ پل بازرسی شدند. چفت‌وبست‌های حفاظ‌ها و نرده‌های ایمنی و حصارهای برف‌گیر در ۳۲۷ پل با ضوابط مطابقت داشت (۵۲٪).

نقص‌هایی که در ۳۰۶ پل (۴۸٪) وجود داشت به شرح زیر بود:

- پیچ و مهره حصارهای برف‌گیر در ۱۹۷ پل (۳۱٪) دچار بریدگی شده بودند.
- پیچ و مهره حفاظ‌های ایمنی در ۱۰۲ پل (۱۶٪) دچار بریدگی شده بودند.
- اتصالات حصارهای برف‌گیر در ۲۲ پل (۳/۵٪) نوسازی شدند، در کل ۱۲۱ چفت‌وبست نوسازی شدند.
- به تعداد پیچ‌های حفاظ‌های ایمنی یا حصارهای برف‌گیر در ۲۳ پل (۳/۵٪) اضافه شد، در کل ۹۹ پیچ اضافه گردید.

دلایل کمبود و نقص بر اساس نتایج حاصل از این گزارش مورد بررسی قرار گرفتند. این احتمال وجود دارد که در برخی موارد، پیمانکاران همه پیچ و مهره‌های حفاظ‌های ایمنی و حصارهای برف‌گیر را در حین ساخت یا تعمیر پل نصب نکرده باشند یا اینکه پیچ‌ها به‌اندازه کافی سفت نشده باشند. لرزش و انبساط حرارتی قطعات فولاد می‌تواند باعث شل شدن پیچ و مهره‌ها و پایه‌ها شود. تصادفات وسایل نقلیه نیز می‌تواند باعث خسارت به پیچ و مهره‌ها و بست‌های حفاظ‌های ایمنی و حصارهای برفگیر شود.

اداره راه منطقه‌ای اوسیما، ریسک نگهداری راه را تحلیل و از یک روش مدیریت ریسک استفاده نمود. این روش شامل بازدید اتصالات پل می‌شود اما محتوای دستورالعمل بازدید به اندازه کافی تبیین نشده است. زنجیره اطلاعات کامل نبوده و تفسیر دستورالعمل بازدید و روش‌های آن به نظر کنترل نشده‌اند.

۵- ملاحظات

بازدید سالانه پل روش مناسبی برای بررسی چفت‌وبست‌های حفاظ‌های ایمنی و حصار برف‌گیر نبوده است. پیمانکار تعمیر و نگهداری تنها در زمانی وارد عمل می‌شود و اطلاعات را جمع‌آوری می‌کند که آسیب در بدترین

حالت آن است. روش‌های بازدید برای چفت‌وبست‌ها به درستی توصیف نشده‌اند. چفت‌وبست‌ها باید به صورت چشمی و یک‌به‌یک بازرسی شوند. اداره راه منطقه‌ای اوسیما یک مشاور جهت بازدید چفت‌وبست‌ها در فواصل منظم استخدام کرده است.

پس از بازدید ویژه چفت‌وبست‌های حفاظ‌های ایمنی و حصارهای برف‌گیر، تصمیم گرفته شد تمام چفت‌وبست‌هایی که ممکن است به دلیل سقوط قطعات خطری برای عبور و مرور جاده زیرین ایجاد کنند، بازدید شوند. این بازدید شامل دستگاه‌های مدیریت ترافیک، وسایل تأمین روشنایی راه و انواع مختلف چفت‌وبست‌های واقع در زیر عرشه پل (کابل‌های ارتباطی و برق، لوله‌های آب‌رسانی، لوله‌های حرارت مرکزی و غیره)، نیز می‌گردد. احتمال سقوط قطعات بسیار کم تخمین زده شده است. با این‌حال آمادگی برای این نوع ریسک‌ها مطلوب است.

شکل ۱- نبود چفت‌وبست در بخش پایینی حصار برف‌گیر

شکل ۲- چفت‌وبست‌های شکسته حصار برف‌گیر

شکل ۳- شل شدن انتهای حصار برف‌گیر و شکستگی چفت‌وبست‌ها

شکل ۴- جداشدن قطعه حصار برف‌گیر

فنلاند ۳- مدیریت ریسک در یک پروژه طرح و ساخت بزرگ

تهیه‌شده توسط: kaiTattari (فنلاند)

۱- مطالعه/ پروژه/ جزییات فعالیت

کشور: فنلاند

نوع ریسک (عامل انسانی، طبیعی یا تغییر آب‌وهوا): عامل انسانی

طبقه‌بندی ریسک (تحلیل ریسک، ارزیابی ریسک، بهبود ریسک، ارتباط ریسک یا مدیریت ریسک): مدیریت ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: اداره راه فنلاند

سال انجام: ۲۰۰۸ - ۲۰۰۷

۲- خلاصه

جاده کمربندی غرب شهرستان تامپر یکی از اولین پروژه‌های بزرگ طرح و ساخت بود که در آن از مدیریت ریسک سیستماتیک استفاده شده بود. مدیریت ریسک شامل مراحل برنامه‌ریزی راه تا ساخت‌وساز و مدیریت ریسک فعالیت‌ها در محل بود. اداره راه فنلاند از یک مشاور مدیریت ریسک برای پروژه استفاده کرد.

کارفرما ریسک‌ها را بر اساس طرح راه بررسی کرد. این عمل در حین آماده‌سازی اسناد مناقصه انجام شد. پیمانکاران شرکت‌کننده در مناقصه، ملزم بودند طرح مدیریت ریسک کارفرما را به‌روزرسانی کنند. طرح مدیریت ریسک به‌روز شده یکی از بخش‌های ارزیابی مناقصه بود.

پیمانکار ملزم به‌روزرسانی این طرح مدیریت ریسک در طول مرحله ساخت‌وساز گشت. مدیریت ریسک به عنوان یک مسأله مجزا در دستور کار جلسه سایت وارد شد. مسایل مربوط به مدیریت ریسک به شکل ماهانه بررسی می‌شدند.۲ تا ۳ بار در سال جلسات مدیریت ریسک جداگانه برگزار می‌شد. تفهیم ریسک‌ها، چالش‌ها در مدیریت ریسک و نیازهای توسعه در پایان پروژه مستندسازی شد.

۳- مقدمه

در سالیان گذشته، اداره راه فنلاند و پیمانکاران برای توسعه روش‌های مدیریت ریسک در پروژه‌های ساخت از منابع مختلفی استفاده کرده‌اند. اجرای مدل طرح و ساخت، توسعه روش‌های مزبور را تسریع نمود.

در مدل طرح و ساخت مسؤولیت طراحی و ساخت سازه به عهده پیمانکار قرار می‌گیرد. این امر معمولاً ریسک را در پروژه افزایش می‌دهد. نقشه راه، الزامات فنی و تقریباً تمام داده‌های اولیه توسط کارفرما ارایه می‌شود. این داده‌های ورودی جهت طراحی تقریبی و سریع که در طول فاز مناقصه انجام می‌شود، در اختیار پیمانکاران قرار

گرفت. مدل طرح و ساخت مسؤولیت برنامه‌ریزی را تقسیم می‌کند. افزایش مسؤولیت پیمانکار، ریسک‌های پیمانکار را افزایش می‌دهد که این امر ممکن است هزینه‌های ساخت را تحت تأثیر خود قرار دهد.
یکی از ریسک‌های پیمانکار، داده‌های اولیه پروژه است که توسط کارفرما ارایه می‌گردد. کمبودها و اشتباهات در داده‌های اولیه ممکن است مشکلات متعددی برای پیمانکار ایجاد کند که اغلب به کار اضافی و مذاکرات با کارفرما منجر می‌شود. جدول زمانی پروژه همچنین ممکن است به علت نیاز به کار اضافی در معرض خطر قرار بگیرد. کارفرما اغلب این هزینه‌های اضافی را پوشش می‌دهد.
یک روش سیستماتیک و خاص پروژه مربوطه، جهت مدیریت ریسک پروژه ساخت جاده کمربندی غربی شهر تامپر مورد آزمایش قرار گرفت. اداره راه فنلاند، کارفرمای پروژه طراحی و ساخت جاده کمربندی تامپر بود.

۴- نتایج

کارفرما ۶۸ ریسک را در مرحله آماده‌سازی مناقصه شناسایی کرد. این ریسک‌ها بر اساس احتمال و پیامدهایشان در مقیاس‌های عادی تا شدید طبقه‌بندی شدند. علاوه بر این، چندین ریسک جزئی نیز مدنظر قرار گرفتند اما از فرایند تحلیل و مدیریت ریسک حذف شدند.
تعداد ۵۵ ریسک از ۶۸ ریسک شناخته‌شده در مرحله ساخت، در اسناد مناقصه شرح داده شدند. مابقی، ریسک‌های داخلی کارفرما در پروژه بود. اهمیت این ریسک‌ها به کمک احتمال و پیامدهای هر یک از آنها، ارزیابی شد. این پروژه به چهار بخش مختلف تقسیم شد. تعداد ۲۷ ریسک (حدود ۵۰ درصد ریسک‌ها) با کل پروژه سروکار داشتند و مابقی بین بخش‌های مختلف پروژه تقسیم شدند.
ریسک‌های داخلی کارفرما برای کل پروژه شامل قرارداد، داده‌های ژئوتکنیک قدیمی و ریسک‌های کلی پروژه می‌باشند. ریسک‌های کارفرما در بخش‌های مختلف پروژه شامل داده‌های اولیه پروژه، مهندسی ژئوتکنیک، نقشه راهها و ریسک‌های زیست‌محیطی است.
ریسک‌های مرحله ساخت که توسط کارفرما شناسایی شده بودند به گروه‌های زیر تقسیم می‌شوند:

- قرارداد؛
- جدول زمانی؛
- داده‌های ژئوتکنیک قدیمی؛
- اطلاعات ذینفعان؛
- ریسک‌های عمومی پروژه؛
- ایمنی کارکنان؛
- حمل‌ونقل ویژه.

ریسک‌های موجود در گروه‌های داده‌های ژئوتکنیک قدیمی و ریسک‌های عمومی پروژه مورد ارزیابی قرار گرفتند و از ریسک عادی تا ریسک‌های مشخص‌شده، طبقه‌بندی شدند.
پیمانکار ریسک‌های تشریح شده در اسناد مناقصه کارفرما را از دیدگاه صرفه اقتصادی دسته‌بندی کرد. ریسک‌های زمان‌بندی و عمومی در این پروژه مهم‌ترین اثر هزینه‌ای را دارا بودند. ریسک‌های دیگر در گروه ریسک‌های معمولی قرار گرفتند. نتایج حاصل از طبقه‌بندی پیمانکار با کارفرما تا حدی متفاوت بود.
پیمانکار ریسک‌های مربوط مرحله ساخت را مجدداً طبقه‌بندی کرد. پس از این طبقه‌بندی اهمیت گروه ریسک داده‌های ژئوتکنیک و گروه ریسک ایمنی کارکنان تا طبقه مشخص‌شده افزایش یافت و ریسک‌های عمومی پروژه نیز تا طبقه شدید افزایش یافتند. علاوه بر طبقه‌بندی مجدد ریسک‌هاکه درخواست اسناد مناقصه تشریح شده بود، پیمانکار این ریسک‌ها را در طرح مدیریت ریسک نیز افزایش داد که می‌توانست اثر عمده‌ای بر هزینه‌های ساخت داشته باشد. پس از طبقه‌بندی مجدد پنجاه ریسک شناسایی و در سه گروه به شرح زیر قرار گرفتند:

- مدیریت پروژه؛
- ریسک‌های فنی؛
- ایمنی و محیط‌زیست.

طبق تشخیص پیمانکار ۱۰ ریسک اصلی برای مرحله ساخت انتخاب شدند. پنج ریسک در تمام مدت مرحله ساخت وجود داشتند و بلافاصله مورد پیگیری قرار گرفتند. تمام این پنج ریسک تا حدی در مرحله ساخت تحقق یافتند و اقدامات اصلاحی ضرورت یافت. این ۵ ریسک اصلی عبارت بودند از:

- مدیریت ترافیک در مرحله ساخت (ترافیک سنگین و مسیر حمل‌ونقل ویژه)،
- ایمنی در کارگاه ساخت (ترافیک سنگین در کنار کارگاه ساخت)،
- افزایش غیرقابل‌پیش‌بینی سطح هزینه،
- منابع انسانی (مرخصی به دلیل بیماری افراد کلیدی و جایگزینی)،
- آلودگی سیستم آب.

در مجموع، ۱۰۵ ریسک برای مرحله ساخت مد نظر قرار گرفتند و این ریسک‌ها از عادی تا شدید طبقه‌بندی شدند. ریسک‌هایی که کارفرما در طول مرحله آماده‌سازی اسناد مناقصه مد نظر قرار داده بود با توجه به وقوعشان در طول دوره ساخت، به شرح ذیل می‌باشند:

- ۷ ریسک در دوره ساخت وقوع یافت؛
- ۱۴ ریسک به‌طور محدود وقوع یافت؛
- ۳۴ ریسک در طول دوره ساخت اتفاق نیافتادند.

ریسک‌های مدنظر پیمانکار به شرح زیر است:

- ۵ ریسک در دوره ساخت وقوع یافت؛
- ۱۲ ریسک به‌طور محدود وقوع یافت؛
- ۳۳ ریسک در طول دوره ساخت اتفاق نیافتادند.

۵- ملاحظات

در مرحله ساخت از بیشتر ریسک‌های مورد نظر که بر اساس احتمال وقوع و پیامدهایشان از عادی به شدید طبقه‌بندی‌شده بودند، به صورت کامل یا محدود اجتناب شد. برخی از ریسک‌ها با طبقه‌بندی پایین‌تر از عادی در مرحله ساخت اتفاق افتادند. بخشی از این ریسک‌ها به‌گونه‌ای بودند که نمی‌شد آنها را از پیش تشخیص داد. ریسک‌های عادی تا شدید مورد توجه ویژه قرار گرفتند و با موفقیت در مرحله ساخت‌وساز مدیریت شدند. همکاری و مذاکرات در مورد ریسک‌ها برای همه طرف‌های پروژه (کارفرما، پیمانکار و سایر ذینفعان) مفید بود.
گروه مدیریت ریسک پروژه برخی از مسایل را که باید در مورد مدیریت ریسک در آینده توسعه پیدا کنند، مطرح کرد. این مسایل به شرح زیر می‌باشند:

- مدیریت ریسک باید به‌عنوان یک مسأله جداگانه در دستور کار و صورتجلسه نشست سایت باشد (نه تحت عنوان «مسایل دیگر» در پایان دستور کار)؛
- یکسان‌سازی اسناد مناقصه؛
- گروه‌بندی و تشکیل ساختار سلسله مراتبی برای ریسک‌ها و حذف همپوشانی.

اعمال روش مدیریت ریسک در پروژه موفق بود و تصمیم به توسعه این روش گرفته شد به‌طوری‌که بتوان آن را به‌راحتی در همه پروژه‌های بزرگ ساختمانی آینده اعمال کرد. این روش تنها بخشی از مدیریت ریسک ویژه پروژه خواهد بود زیرا برای دستیابی به تعهد کارفرما و پیمانکار، فرایند مدیریت ریسک باید برای هر پروژه ساخت جداگانه انجام شود. روال عادی و روزمره، خود می‌تواند به عنوان یک ریسک برای مدیریت ریسک موفق محسوب گردد.

آلمان ۱- ارزیابی ریسک‌های رانش زمین به دلیل رخداد شرایط آب‌وهوایی شدید

تهیه‌شده توسط: Udo Tegethof (آلمان)

۱- مطالعه/ پروژه/جزییات فعالیت

کشور: آلمان

منطقه جغرافیایی درگیر: اروپای مرکزی- آلمان

نوع خطر: تغییرات آب‌وهوا

طبقه‌بندی ریسک: تحلیل ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: مؤسسه فدرال مطالعات راه (BASt)؛ مطالعات رانش زمین در مرکز یوهان گوتنبرگ دانشگاه ماینز

سال انجام: ۲۰۱۰- ۲۰۰۹

۲- چکیده/ خلاصه

بر اساس تحلیل حوادث قبلی، افزایش شرایط رانش زمین در آینده، مورد بررسی قرار گرفت.

۳- مقدمه/ مرور کلی

به دلیل تغییرات آب‌وهوایی (تغییرات دما و میزان بارش)، احتمال رانش شیب ممکن است در آینده افزایش یابد. این امر منجر به ایجاد ریسک‌هایی بیشتر برای طراحی، ساخت و نگهداری از راهها، می‌گردد. در این مطالعه انتخاب نمونه‌هایی از حوادث رانش زمین انجام شده است. این وقایع از نظر علت و معلول با توجه به عوامل آب‌وهوایی و تأثیر خاص خود مورد بررسی قرار گرفتند. این وقایع با داده‌های دما و بارش محلی و منطقه‌ای در ارتباط هستند.

۴- تحلیل/ نتایج

پیش‌بینی شرایط آب‌وهوا برای سناریوهای آینده به ویژه برای رویدادهای بارش شدید و اثرات آنها بر شیب‌ها و رانش زمین در شبکه راههای فدرال مد نظر قرار گرفت. توصیه‌هایی برای دستیابی به هدف، مانند ایجاد یک فرایند ثبت ریسک‌ها و ایجاد یک نقشه ریسک ملی در حوزه شبکه راههای فدرال، این پروژه تحقیقاتی را تکمیل می‌کند.

شکل ۱- منطقه رانش "ALTMÜNDENER WAND" و"TILLYSCHANZE"؛ جاده B3 در کنار رودخانه فولدا

شکل ۲- منطقه رانش فعال بین Reil و Pünderich در سیل Moselle

شکل ۳- ترک در سطح راه فدرال B3 با روسازی آسفالتی، ناشی از رانش آرام زیرزمینی

شکل ۴- رانش زمین در جاده فدرال B4

آلمان ۲- تأثیر تغییر آب‌وهوا بر روی بتن پیش‌تنیده موجود در سازه پل

تهیه‌شده توسط: Udo Tegethof (آلمان)

۱- مطالعه/ پروژه/جزییات فعالیت

کشور: آلمان

منطقه جغرافیایی درگیر: اروپای مرکزی- آلمان

نوع ریسک: تغییرات آب‌وهوا

طبقه‌بندی ریسک: تحلیل ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: مؤسسه فدرال مطالعات راه (BASt)؛ دانشگاه اشتوتگارت

سال انجام: ۲۰۱۰- ۲۰۰۹

۲- چکیده/ خلاصه

هدف از این پروژه مطالعاتی، پیش‌بینی تأثیرات طبیعی محتمل در آینده در پل‌های بتنی پیش‌تنیده موجود، ناشی از اثرات تغییرات آب‌وهوایی با کمک مدل پیش‌بینی REMO، می‌باشد.

۳- مقدمه/ مرور کلی

شرایط آب‌وهوایی که پل‌های پیش‌تنیده در معرض آن قرار می‌گیرند به شرح زیر است:

- درجه حرارت ثابت؛
- دمای متغیر خطی؛
- باد؛
- بارش.

تحلیل آماری موقت: برای نسبت دمای ثابت ΔTN دمای هوا و برای بخش خطی ΔTM تابش خورشیدی (موج‌کوتاه) تحلیل و بررسی شد. برای اثرات باد، سرعت تندباد به عنوان معیار مقایسه استفاده شد.

در صورت بارش باران، افزایش سطح آب رودخانه‌ها در حوضه آبریز مربوطه، تخمین زده می‌شود. این موضوع ناشی از خطر جریان آب در برابر اجزای سازه فوقانی و شالوده و برخورد احتمالی کشتی‌ها به سازه‌ها است. دوره‌های بازدید از سال ۲۰۰۱ تا ۲۱۰۰ در نظر گرفته شده است. دوره‌های تحلیل با توجه به اثرات عوامل بین ۱۰ سال برای درجه حرارت و ۱۰ یا ۱۰۰ سال برای باد می‌باشد. به دلیل وسعت و شرایط توپوگرافی در آلمان، ایجاد

اثرات مختلف تغییرات آب‌وهوایی در این کشور مورد انتظار است؛ بنابراین، جهت انجام این تحقیق پنج مکان مختلف در آلمان انتخاب شد.

۴- تحلیل/ نتایج

نتایج مربوط به درجه حرارت

الف) تغییرات ثابت درجه حرارت: نتایج تحلیل درجه حرارت هوا در هر یک از ۵ منطقه نشان داد حداکثر و حداقل مطلق دمای هوا در حدود ۲۵٪ و ۵۶٪ در مقایسه با مقدار معتبر استاندارد موجود (DIN FB 101) دچار تغییر شده‌اند. برای مؤلفه دما این تحلیل، به ترتیب افزایشی در حدود ۲۲% و ۷۰% را نشان می‌دهد.

ب) متغیر خطی درجه حرارت: تحلیل تابش خورشید نشان می‌دهد حداکثر مقدار در دوره پیش‌بینی، پراکندگی قابل‌توجهی ندارد. این وضعیت توجیه‌پذیر است، چراکه تغییر آب‌وهوا اثر قابل‌توجهی بر ثابت خورشیدی ندارد. بنابراین، برای مقادیر متغیر ΔTM بخش دمای خطی، با توجه به DIN 101 برای پل‌های بتنی پیش‌تنیده، تغییری لازم نیست.

نتایج مربوط به باد

سرعت وزش باد: تغییر مورد انتظار در سرعت باد، بسته به طبقه‌بندی زمین، به‌ویژه در ناحیه شماره ۱ بسیار بالا است. تغییرات معادل ۱۶/۵٪ در پایگاه اصلی فرانکفورت، ۳۰/۹٪ در کمپتن و ۳/۴٪ در دوسلدورف قابل پیش‌بینی می‌باشد. ناحیه باد شماره ۲ توسط مقررات پوشش داده شده است. تحلیل نواحی بادی شماره ۳ و شماره ۴ در حال انجام است.

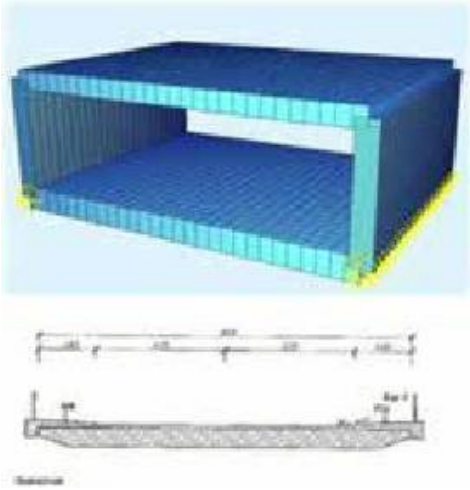
پل قابی (تک‌دهانه همراه با دال بتنی)

پل‌های تک دهانه به دلیل طراحی خود به‌طور قابل‌توجهی در معرض تغییرات ثابت دمای هوا قرار دارند. اجزای مختلف مانند روسازه و زیرسازه دارای درجه حرارت متفاوتی از یکدیگر می‌باشند؛ بنابراین این تغییرات در دمای اجزا سبب افزایش نیروها و تنش‌ها در داخل سازه پل می‌گردد که در مقایسه با نیروهای به‌دست‌آمده از استانداردهای موجود (برای مثال DIN 1072:1967) بزرگ‌تر خواهند بود. نتایج محاسباتی که در حال حاضر انجام شده‌اند، افزایش نیرو را به‌طور متوسط ۷/۵٪ نسبت به DIN FB 101 و ۲۴٪ نسبت به استاندارد DIN 1072، محاسبه نموده‌اند.

۵- ملاحظات/ راهبردها/ نتایج

نظر به اینکه پل‌ها سازه‌هایی با طول عمر بلندمدت هستند، نیاز است استانداردهای موجود به سرعت اصلاح شوند.

پل با قاب بتنی (DIN FB 101)



- **بتن** C30/35
- **نوع فولاد** BST 500 **(کلاس** A**)**
- **ضخامت صفحه راه: ۰/۸ متر**
- **ضخامت دیواره‌ها: ۰/۸ متر**
- **دهانه: ۱۴ متر**
- **عمق: ۱۰/۸ متر**

آلمان ۳- ریسک تشکیل لایه آب بر سطح راه در اثر تغییرات آب‌وهوا

تهیه‌شده توسط: Udo Tegethof (آلمان)

۱- مطالعه/ پروژه/ جزییات فعالیت

کشور: آلمان

منطقه جغرافیایی درگیر: اروپای مرکزی- آلمان

نوع ریسک: تغییرات آب‌وهوا

طبقه‌بندی ریسک: تحلیل ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: مؤسسه فدرال مطالعات راه (BASt)؛ دانشگاه علوم کاربردی، گیسن

سال انجام: ۲۰۱۰

۲- چکیده/ خلاصه

آب‌وهوای آلمان تا پایان این قرن تغییر قابل توجهی می‌کند و انتظار می‌رود این تغییرات سبب افزایش رخدادهای شدید مانند افزایش باران‌های شدید گردند. پیش‌بینی‌ها نشان‌دهنده کاهش بارش در تابستان (۱۸ تا ۲۲ درصد) و افزایش در زمستان (۲۰ تا ۳۰ درصد) می‌باشند. این تغییرات در مناطق مختلف به‌طورقابل‌توجهی متفاوت خواهد بود. آب باران از شیب عرضی راه به‌سرعت خارج می‌شود اما در مقاطعی از راه که تغییر در شیب عرضی رخ می‌دهد، آب باران به صورت یک لایه نازک آب بر روی سطح راه باقی می‌ماند. اگر سطح راه خیس باشد، ریسک تصادف افزایش می‌یابد. این پروژه برای مشخص کردن این موضوع است که آیا در آینده در چنین بخش‌هایی باید یک ریسک بزرگ‌تر را در نظر گرفت یا خیر. دوره انجام پروژه از ماه فوریه تا دسامبر ۲۰۱۰ است.

۳- مقدمه/ مرور کلی

در اولین گام باید روشن شود کدام یک از رویدادهای شدید آب‌وهوایی در آینده نیاز به بررسی دارند و در چه بسامدی رخ می‌دهند. این امر به وسیله داده‌های مؤسسه هواشناسی ماکس پلانک و مرکز خدمات آب‌وهوایی (CSC) انجام خواهد شد. برای مناطق انتخاب‌شده، بخش‌های مختلف راه با توجه به ضخامت لایه نازک آب مورد انتظار، تحلیل شدند. بر اساس تحلیل ضخامت لایه نازک آب مورد انتظار، یک تخمین زمانی صورت می‌گیرد که در آن جریان ترافیک به طور قابل توجهی تحت تأثیر شدت باران است. در گام بعدی، تخمینی از توسعه ریسک بر اساس توسعه پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت، متوسط و بلندمدت، انجام می‌گردد.

۴- روش‌شناسی/ رویکرد

- بررسی بارش‌های سنگین با در نظر گرفتن شدت و میزان تکرار (تقسیم به دوره‌های پیش‌بینی مختلف)؛
- شناسایی مناطق مختلف که با افزایش بارش‌های قوی در آینده به دلیل تغییرات آب‌وهوایی، نیاز است مورد توجه قرار بگیرند؛
- شناسایی مسیر و نوع روسازی راههای انتخاب‌شده (پایگاه داده‌های راه مؤسسه فدرال مطالعات راه)؛
- تعیین سرعت تشکیل لایه آب با استفاده از برنامه PLANUS برای راههای مورد نظر و نام‌گذاری و مشخص کردن مناطق بحرانی برای دوره‌های مختلف پیش‌بینی؛
- تعیین اندازه امکانات زهکشی (در صورت نیاز) و مقایسه با امکانات موجود؛
- تعیین واحدهای زمانی که در آن جریان ترافیک به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر شدت باران قرار دارد؛
- تشریح میزان بهبود با در نظر گرفتن مسایل اقتصادی.

۵- تأثیر بر ایمنی/ جابجایی/ محیط‌زیست/ زیرساخت

به‌عنوان یک نتیجه از این پروژه تحقیقاتی، نمودارهایی برای پیش‌بینی مناطق با ریسک بالا به دلیل افزایش بارش‌ها، ارایه شده‌اند که اساس تعریف بهبود و سازگاری به‌موقع زیرساخت‌ها با تغییرات آب‌وهوا می‌باشد.

تصادف به دلیل تشکیل لایه نازک آب در سطح راه

آلمان ۴ - تأمین داده‌های راه و ساختمان برای تحلیل اثرات تغییر آب‌وهوا

تهیه‌شده توسط: Udo Tegethof (آلمان)

۱- مطالعه/ پروژه/ جزییات فعالیت

کشور: آلمان

منطقه جغرافیایی درگیر: اروپای مرکزی- آلمان

نوع ریسک: تغییرات آب‌وهوا

طبقه‌بندی ریسک: مدیریت ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: مؤسسه فدرال مطالعات راه (BASt)؛ Heller Ingenieurgesellschaft MBH

سال انجام: ۲۰۱۰

۲- چکیده/ خلاصه

موضوع اصلی این پروژه تحقیقاتی بررسی امکان یکپارچه‌سازی اطلاعات تغییرات آب‌وهوا (پیش‌بینی‌های منطقه‌ای) با پایگاه داده‌های موجود مربوط به زیرساخت‌های جاده‌ای است که با هدف مطالعه اثرات تغییرات آب‌وهوایی در زیرساخت‌های راه در آلمان صورت پذیرفت. پایگاه‌های داده‌های مورد نیاز عبارتند از:

- شبکه راه؛
- طرح هندسی شبکه راه؛
- داده‌های مدیریتی؛
- شرایط داده‌ها؛
- داده‌های ساخت‌وساز؛
- داده‌های ترافیکی؛
- داده‌های آب‌وهوایی.

بسیاری از داده‌های مورد نیاز در مؤسسه فدرال مطالعات راه (BASt) در دسترس هستند. داده‌های آب‌وهوایی از مجموعه عرضه شده توسط مرکز خدمات آب‌وهوای هامبورگ اخذ شده‌اند. داده‌های آب‌وهوایی بر اساس سناریو A1b سازمان IPCC (پانل بین‌دولتی بررسی تغییرات آب‌وهوایی) تهیه شده‌اند و توسط Remo (انستیتو هواشناسی ماکس پلانک هامبورگ) برای دوره ۲۱۰۰-۲۰۱۰ ناحیه‌بندی شده‌اند.

مجموعه داده‌های مورد استفاده در فرمت‌های مختلفی می‌باشد و نیاز به روال خاصی برای وارد کردن آنها به یک پروژه- پایگاه داده‌ها می‌باشد. برای اهداف تحلیل لازم بود یک بانک اطلاعاتی شبکه‌ای ایجاد شود که قادر باشد

اطلاعات مربوط به شبکه راه (به‌عنوان مثال ترافیک/ ساخت راه/ ساخت پل) به وسعت ۱۰ × ۱۰ کیلومتر را بر روی ناحیه‌بندی تغییرات آب‌وهوایی ادغام کند. در این پروژه، فرایندی برای ادغام داده‌ها معرفی شد. ادغام داده‌های زیرساخت مانند طرح، حجم ترافیک، وضعیت راه با داده‌های پیش‌بینی‌شده آب‌وهوایی می‌تواند صورت پذیرد. هر کاربر می‌تواندتحلیل را با شاخص‌های خود شروع کند.

۳- تحلیل/ نتایج

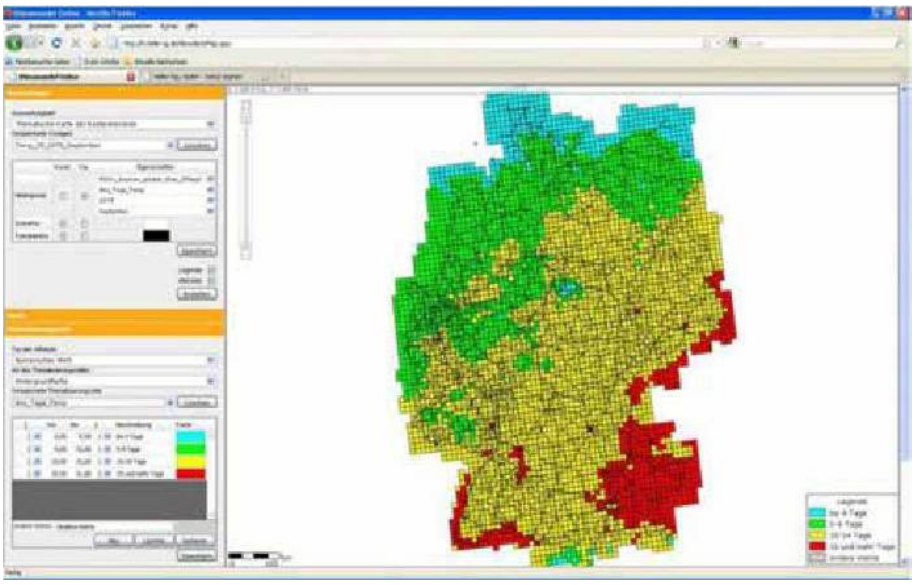
در نتیجه نرم‌افزاری به نام «تغییرات آب‌وهوایی برخط» تولید شد که امکان سه نوع گزارش‌دهی را داراست:

- نقشه موضوعی؛
- عناصر تصویری منتخب؛
- اشیا (موضوعات) منتخب.

با استفاده از آخرین نسخه گزارش، برای مثال امکان انتخاب همه پل‌هایی که یک دهانه بیش از ۳۰ متر دارند یا دارای حداکثر شیب طولی ۵٪ هستند یا در معرض دمای بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در طی یک دوره ۱۰ روزه در سال ۲۰۵۰ قرار می‌گیرند، وجود دارد. نرم‌افزار آزمایشی «تغییرات آب‌وهوایی برخط» برای حمایت از مدیریت راه طراحی شده است تا بتوان نقاط بحرانی محتمل را با توجه به تغییرات آب‌وهوایی تحلیل نمود.

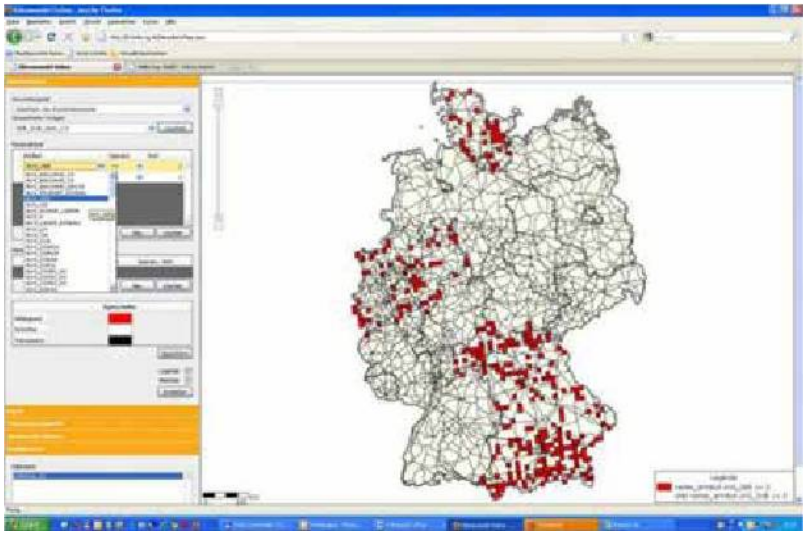
۴- نمونه‌ها

نمونه یک نقشه موضوعی



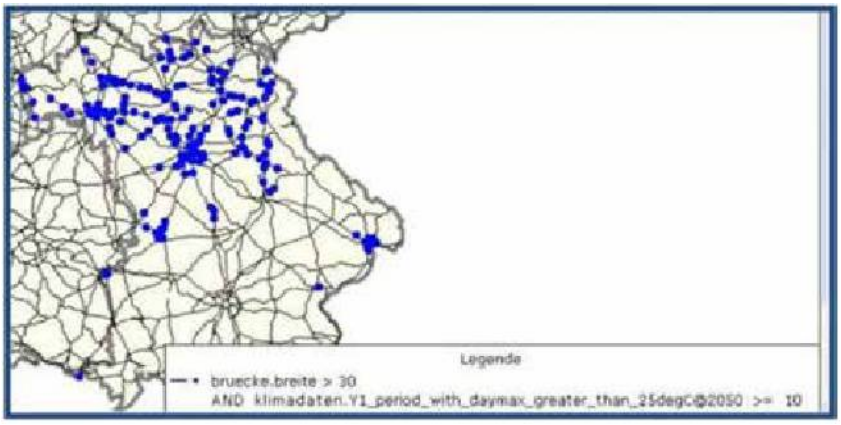
شکل ۱- بخش‌های تصویری با نمایش تعداد روزهایی از ماه سپتامبر سال ۲۰۷۵، با حداکثر درجه حرارت بیش از ۲۵°C

نمونه عناصر تصویری منتخب



شکل ۲- نتیجه یک استعلام پیچیده: نمایش تمام عناصر با مقاومت لغزشی بزرگ‌تر از ۲ و استحکام بزرگتر از ۲

نمونه اشیا (موضوعات) منتخب



شکل ۳- پل‌های با دهانه بزرگ‌تر از ۳۰ متر که در یک دوره ده روزه در سال ۲۰۵۰ در معرض دمای بیش از ۲۵°C قرار می‌گیرند.

تمام داده‌های مربوطه را می‌توان به فایل‌های اکسل برای شناسایی هر یک از اشیا (موضوعات) جداگانه، انتقال داد.

ژاپن- مدیریت ریسک راهها در برابر تغییرات جوی و بلایای طبیعی

تهیه‌شده توسط: Akira Sasaki (ژاپن)

۱- مطالعه/ پروژه/ جزییات فعالیت

کشور: ژاپن

منطقه جغرافیایی درگیر: مشخص نشده

نوع ریسک: تغییرات آب‌وهوا

طبقه‌بندی ریسک: تحلیل ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: وزارت محیط‌زیست، وزارت مدیریت زمین، زیرساخت، حمل‌ونقل و گردشگری، مؤسسه ملی مدیریت زیرساخت‌های زمینی، مؤسسه مطالعات امور عام‌المنفعه

سال انجام: ۲۰۰۵ تا کنون

۲- معرفی

در ۵۰ سال گذشته، فجایع و بلایایی در مقیاس بزرگ به‌شدت در منطقه آسیا- اقیانوسیه افزایش یافته است، در عین حال فجایعی مربوط به آب مانند سیل و رانش زمین که از عوامل مهم ریسک‌ها و خسارت به راهها هستند سریع‌تر از دیگر عوامل افزایش یافته‌اند (این فجایع «بلایای مرتبط با آب» نامیده می‌شوند). درحالی‌که بسامد تکرار آنها افزایش یافته است، مقیاس آسیب و تأثیرشان نیز بیشتر و جدی‌تر شده است. به همین دلیل، مدیریت ریسک برای راهها بسیار مهم‌تر از قبل می‌باشد. خوشبختانه، تعداد مرگ‌ومیر و جراحت ناشی از بلایای مرتبط با آب در ژاپن به دلیل اقدامات کنشگرا و واکنشی، همراه با تدابیر مختلف سازه‌ای و غیرسازه‌ای، کاهش یافته است.

با این حال، میانگین تعداد افرادی که در هر سال به‌وسیله بلایای مرتبط با آب در طول دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ کشته شده‌اند در حدود ۶۳۰۰۰ نفر در منطقه آسیا و اقیانوسیه است که حدود ۹۱٪ از آمارهای جهانی را در این زمینه به خود اختصاص می‌دهد. خسارت اقتصادی ناشی از بلایای مرتبط با آب در دوره بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۱ برابر با ۴۶۶ میلیارد دلار آمریکا است. زیان‌های اقتصادی در دوره بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ بیش از ۶۰ برابر بالاتر از دوره ۱۹۶۵ تا ۱۹۷۴ است. در سطح جهانی، سیل ۸۴٪ از مرگ‌ومیرهای ناشی از بلایای طبیعی را به خود اختصاص می‌دهد (۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵)، این نوع از حوادث ۶۵٪ از خسارات اقتصادی را نیز به خود اختصاص می‌دهند (۱۹۹۲ تا ۲۰۰۱). مردم بیش از پیش در دشت‌های سیل‌خیز زندگی و کار می‌کنند و تا سال ۲۰۵۰ انتظار می‌رود بیش از ۲ میلیارد نفر در معرض ریسک خسارت دیدن از سیل باشند. علاوه بر این، انتظار می‌رود تغییرات

آب‌وهوا علت عمده تشدید بلایای مرتبط با آب باشند. در نتیجه، اگر شدت پدیده‌های طبیعی بر اقدامات متقابل ژاپن برای کاهش خسارت‌های مربوط به آب غلبه کند، این کشور نیز در معرض ریسک‌های شدید خواهد بود.
هدف این مقاله یافتن پروژه‌های تحقیقاتی است که از شبکه‌های جاده‌ای در برابر عوامل مستقیم خطرزا محافظت می‌کنند و به‌طور همزمان به جستجو برای اقداماتی می‌پردازد که خسارت سیستم‌های جاده‌ای و تأسیسات مربوطه را کاهش می‌دهند.

۳- اثرات فعلی و آینده ناشی از تغییرات آب‌وهوایی در ژاپن

پروژه تحقیقاتی «ارزیابی جامع اثرات تغییرات آب‌وهوایی جهت تعیین سطح خطر گرم شدن زمین و تثبیت مناسب غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو زمین- پروژه ارایه پیش‌بینی جامع اثرات تغییرات آب‌وهوا- اثرات گرم شدن زمین بر ژاپن»، توسط وزارت محیط‌زیست ژاپن و تحت هدایت و نظارت دکتر Nobuo Mimura استاد دانشگاه توهوکو ژاپن اجرا شده است. این پژوهش دارای ابعاد مختلفی است و به غیر از مسایل مربوط به آب شامل علوم کشاورزی و سلامت انسان نیز می‌باشد. مسایل مرتبط با آب با هدف مدیریت ریسک برای راهها معرفی شده‌اند.

۴- اهداف پروژه تحقیقاتی

این پروژه تحقیقاتی از سال ۲۰۰۵ به‌عنوان یک پروژه ۵ ساله برای درک شرایط فعلی و موقعیت‌هایی که تغییرات آب‌وهوایی اخیر به وجود آورده است، آغاز شده است. سه هدف عمده این تحقیق در ادامه ذکر شده‌اند.

- به دست آوردن اطلاعات کمّی در مورد اثرات تغییرات آب‌وهوایی در زمینه‌های کلیدی مانند منابع آب، جنگل‌ها، کشاورزی، مناطق ساحلی و سلامت انسان در منطقه آسیا از جمله ژاپن. دوره این تحقیق پایان قرن حاضر است اما بیشتر تمرکز آن تا سال ۲۰۵۰ می‌باشد؛
- درک جامع از اثرات بر ژاپن و روشن ساختن رابطه این اثرات با سطح گرم شدن کره زمین؛
- روشن ساختن تمایز اثرات با توجه به میزان غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو (سناریوهای تثبیت گازهای گلخانه‌ای).

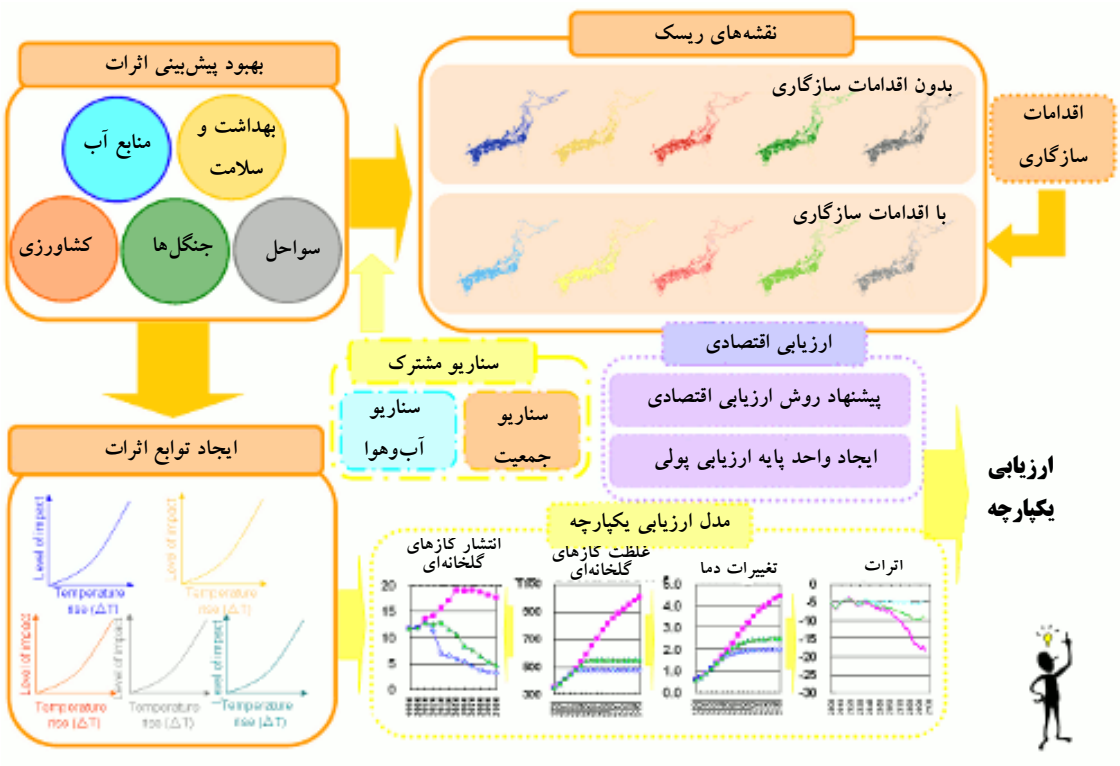
۵- پروژه تحقیقاتی اجراشده توسط وزارت محیط‌زیست ژاپن

طرح تحقیقاتی به وضوح در شکل ۱ نمایش داده شده است. ویژگی اصلی و بارز مطالعه حاضر این است که موارد زیر در آن مد نظر قرار گرفتند:

- پیش‌بینی اثرات؛
- تهیه نقشه‌های ریسک؛

- توسعه توابع تأثیر؛
- ارزیابی اقتصادی؛
- ایجاد سناریوها؛
- ارزیابی یکپارچه و مدل‌سازی شامل:

- ارایه طرح کلی مدل ارزیابی یکپارچه و مدل ارزیابی یکپارچه سناریوهای تثبیت؛
- یک مدل ارزیابی یکپارچه برای تحلیل جامع و ارزیابی اهداف کنترل گرمایش زمین مانند تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای و غیره، روش‌های کارای اقتصادی برای تحقق این اهداف و همچنین اثرات و ریسک‌های مرتبط با این اهداف.



شکل ۱- الگوی تحقیقاتی پروژه برای پیش‌بینی جامع اثرات تغییر آب‌وهوا

حساسیت تعادل آب‌وهوایی: $3^{\circ}C$ ، اثر بازخورد کربن در نظر گرفته نمی‌شود.

- در میان نمونه‌های ارایه‌شده از روش‌های انتشار متفاوتی برای تحقق سناریوهای تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای، استفاده شده است.
- از GCM برای تهیه سناریوهای آب‌وهوایی بر حسب منطقه از تغییرات میانگین دمای جهانی استفاده می‌شود.
- دوره پایه یا سال افزایش اثرات گرمایش زمین دوره ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۰ (یا ۱۹۹۰) در نظر گرفته شده است.

دو سناریو تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای (شامل گازهای گلخانه‌ای و اثرات خنک‌کننده ذرات آئروسل) و یک سناریو روند متداول[1] (BaU) در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند.

- **سناریو** 450s: در این سناریو تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای برابر با ۴۵۰ ppm (غلظت معادل CO_2) می‌باشد.
  - جهش در غلظت گازهای گلخانه‌ای رخ می‌دهد.
  -افزایش درجه حرارت متعادل زمین در حدود ۲/۱°C (در مقایسه با قبل از انقلاب صنعتی) که می‌توان با کم کردن ۰/۵°C از آن، مقایسه را با سطح دمای تعادل سال ۱۹۹۰ انجام داد (افزایش ۱/۶ درجه‌ای نسبت به سال ۱۹۹۰).
- **سناریو** 550s: در این سناریو تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای برابر با ۵۵۰ ppm (غلظت معادل CO_2) می‌باشد.
  - جهش در غلظت گازهای گلخانه‌ای رخ می‌دهد.
  - افزایش درجه حرارت متعادل زمین در حدود ۲/۹°C (در مقایسه با قبل از انقلاب صنعتی؛ طبق این تحلیل در سال ۲۱۰۰ در حدود ۲۷°C خواهد بود) که می‌توان با کم کردن ۰/۵°C از آن، مقایسه را با سطح دمای تعادل سال ۱۹۹۰ انجام داد (افزایش ۲/۴ درجه‌ای نسبت به سال ۱۹۹۰).
- BaU **(سناریو روند متداول)**
  - افزایش درجه حرارت متعادل زمین در حدود۳/۸°C (در مقایسه با قبل از انقلاب صنعتی) که می‌توان با کم کردن ۰/۵°C درجه سانتی‌گراد از آن، مقایسه را با سطح دمای تعادل سال ۱۹۹۰ انجام داد (افزایش ۳/۳ درجه‌ای نسبت به سال ۱۹۹۰).

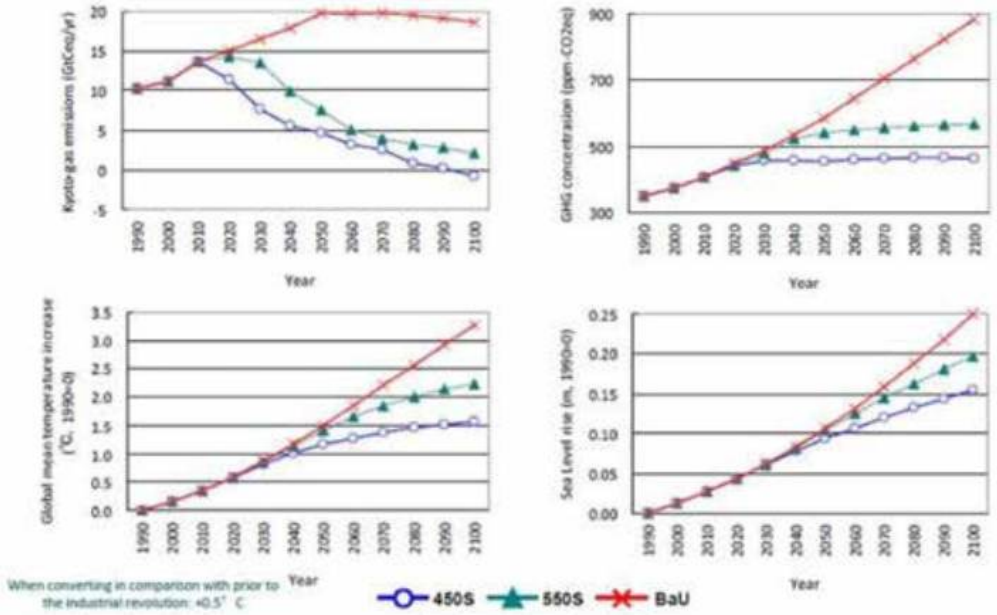
مطابق با IPCC SRES B2 انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای (شش نوع از گازهای گلخانه‌ای طبق پروتکل کیوتو معین شده‌اند)، غلظت گازهای گلخانه‌ای، افزایش میانگین جهانی دما و افزایش سطح آب دریاها، در این سناریوها پیش‌بینی می‌شوند.

موارد زیر به‌وسیله سناریوهای مختلف تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی شده‌اند:

- انتشار گازهای پروتکل کیوتو (GtCeq/yr)؛
- غلظت گازهای گلخانه‌ای (معادل $PPM\text{-}CO_2$)؛
- افزایش میانگین جهانی درجه حرارت (**C**°۰ در سال مبنای ۱۹۹۰).
- افزایش سطح آب دریا (۰ متر در سال مبنای ۱۹۹۰).

شکل ۲، به‌وضوح مقادیر مربوط به هر دهه را طبق سناریوهای مختلف نمایش می‌دهد. تمامی سناریوها نشان‌دهنده آن هستند که تفاوت آشکار از اواسط قرن ۲۱ شروع خواهد شد.

1. **B**usiness **A**s **U**sual (BaU)



شکل ۲- پیش‌بینی به وسیله سناریوهای مختلف

۶- اثرات سیل

افزایش سیل به دلیل افزایش شدت بارش و فراوانی بارندگی با شدت قوی، مورد انتظار است. حتی در پایین‌ترین سطح تمرکز گازهای گلخانه‌ای (450s)، انتظار افزایش آسیب‌ها به شکل قابل‌توجه وجود دارد.

طرح کلی شاخص ارزیابی اثرات

فرض بر این است که متوسط سطح حفاظت در ژاپن با بارش‌های متوالی باران که در شرایط کنونی هر ۵۰ سال یک‌بار رخ می‌دهد رابطه مستقیم دارد و هیچ‌گونه آسیبی در مورد بارش‌های با شدت کمتر از آن رخ نمی‌دهد.
فرض دیگر این است که سه شهر بزرگ سطح بالاتری از حفاظت را دارا می‌باشند که بر اساس بارش‌های متوالی باران که در شرایط کنونی هر ۱۵۰ سال یک بار رخ می‌دهند و نیز مناطق سیل‌زده این سه شهر بزرگ و مناطق دیگر، تخمین زده شده است. فرض بر این است که سطح حفاظت در همین حد باقی می‌ماند و اقدامات سازگاری آینده در نظر گرفته نمی‌شود.

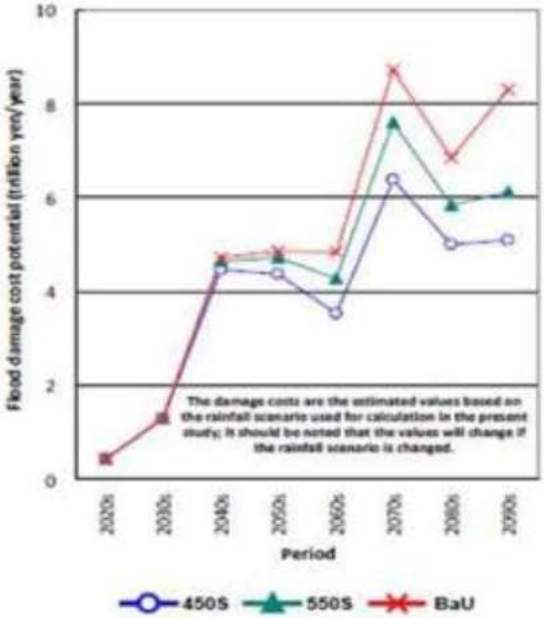
اثرات آینده- روندهای ملی

هر چه سطح تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای پایین‌تر باشد، هزینه بالقوه خسارت سیل کمتر خواهد بود. با این حال، حتی در سناریو 450s، انتظار می‌رود سطح آسیب همراه با افزایش گرمایش زمین، افزایش یابد. تفاوت قابل‌توجهی بین سناریوها تا حدود اواسط قرن (تا دهه ۲۰۵۰) و حدود سال ۲۰۵۰ دیده نشده است. هزینه بالقوه

خسارت سیل کمی کمتر از ۵ تریلیون ین در سال است. برای حدود پایان قرن (تا دهه ۲۰۹۰)، تفاوت قابل‌توجهی بین سناریوها آشکار شد، برای این دهه، حداکثر هزینه بالقوه خسارت سیل مورد انتظار حدود ۶/۴ تریلیون ین در سال برای سناریو 450s، حدود ۷/۶ تریلیون ین در سال برای سناریو 550s و تقریباً ۸/۷ تریلیون ین در سال برای سناریو BaU، خواهد بود.

روندهای منطقه‌ای

خسارت عمده در مناطق Hokuriku/ koshinetsu/ kanto و مناطق Tokai/Chubu/kinki دیده می‌شود، مکان‌هایی که اغلب امکانات و دارایی‌ها در دشت‌های سیل‌خیز متمرکز شده‌اند. تا پایان قرن (دهه ۲۰۹۰)، تفاوت‌های قابل‌توجهی در سناریوهای مختلف پدیدار شد. هزینه بالقوه خسارت سیل مورد انتظار برای هر یک از این دو منطقه به ترتیب حدود ۳/۵ و ۲/۵ تریلیون ین در سال برای سناریو 450s و حدود ۴/۱ و ۲/۹ تریلیون ین در سال برای سناریو 550s و حدود ۴/۶ و ۳/۷ ین در سال برای سناریو BaU، خواهد بود.



شکل ۳- هزینه بالقوه خسارت سیل بر اساس سناریوهای مختلف

اثرات رانش زمین (احتمال گسیختگی شیب)

افزایش احتمال گسیختگی شیب به دلیل افزایش در شدت بارش و فراوانی بارندگی با شدت قوی مورد انتظار است. در مورد پایین‌ترین سطح تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای (450s)، افزایش احتمال رانش زمین، تمایل رسیدن به یک سطح بیشینه را نشان می‌دهد.

طرح کلی شاخص ارزیابی اثرات

احتمال گسیختگی شیب در زمانی که بارش بیش از ۵۰ میلی‌متر در روز باشد بررسی می‌شود. فرض بر این است که بارش بیش از ۵۰ میلی‌متر در روز، تأثیر یکنواختی را در سراسر کشور خواهد داشت. در حقیقت، شدت بارشی که باعث گسیختگی شیب می‌شود با توجه به منطقه متفاوت خواهد بود. بنابراین در رابطه با این موضوع، بررسی‌های دقیق‌تر در آینده لازم است. معیارهای تطبیق و سازگاری آینده در نظر گرفته نمی‌شوند.

اثرات آینده- روندهای ملی

هر چه سطح تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای پایین‌تر باشد، احتمال گسیختگی شیب کمتر خواهد بود. تحت سناریو 450s، افزایش در احتمال گسیختگی شیب، نشان‌دهنده تمایل به رسیدن به یک سطح بیشینه می‌باشد.
تا حدود اواسط قرن (تا دهه ۲۰۵۰) در سراسر کشور تفاوت قابل‌توجهی در احتمال گسیختگی شیب تحت سناریوهای 450s، 550s و BaU دیده نمی‌شود. با این حال، در اواخر قرن (تا دهه ۲۰۹۰)، تفاوت در احتمال گسیختگی شیب با توجه به سناریوهای مختلف پدیدار می‌شود و حداکثر افزایش به ترتیب در حدود ۴٪، ۵٪ و ۶٪ تحت سناریوهای مختلف مورد انتظار است.

روندهای منطقه‌ای

در منطقه Hokkaido/Tohoku احتمال افزایش گسیختگی شیب تقریباً در پایان قرن صرف‌نظر از سناریوها ادامه خواهد داشت، درحالی‌که در منطقه kanto/koshinetsu/Hokuriku احتمالاً روندها به طور قابل‌توجهی با توجه به دوره مورد نظر تغییر خواهند کرد. چنین تفاوت‌هایی در مناطق مختلف به علت تفاوت در میزان بارندگی بیش از ۵۰ میلی‌متر در روز در این مناطق می‌باشد؛ بنابراین لازم است توجه داشت که روندها با توجه به شدت بارش بحرانی، متفاوت خواهند بود.

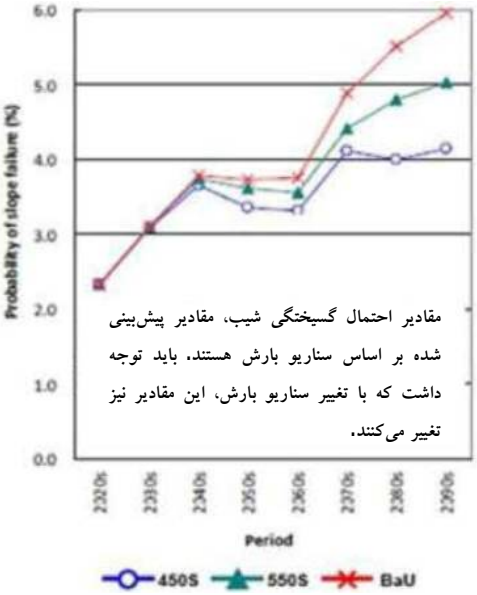
اثرات فاجعه رانش زمین (هزینه بالقوه خسارت گسیختگی شیب)

افزایش هزینه‌های آسیب‌ها و خسارات به علت گسیختگی شیب ناشی از افزایش شدت بارندگی مورد انتظار است. در مورد پایین‌ترین سطح تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای (450s)، افزایش هزینه‌های ناشی از رانش زمین تمایل رسیدن به یک سطح بیشینه را نشان می‌دهد. هزینه‌های بالقوه آسیب ناشی از گسیختگی شیب در مورد بارش بیش

از ۵۰ میلی‌متر در روز محاسبه می‌شود (فرض شده است که هزینه خسارت در سراسر کشور تا حد بارش ۵۰ میلی‌متر در روز، برابر صفر می‌باشد).

میزان خسارات اقتصادی

میزان خسارات اقتصادی= ارزش اقتصادی (واحد پایه اقتصادی)* مقیاس (منطقه) استفاده از زمین * احتمال گسیختگی شیب.



شکل ۴- احتمال گسیختگی شیب

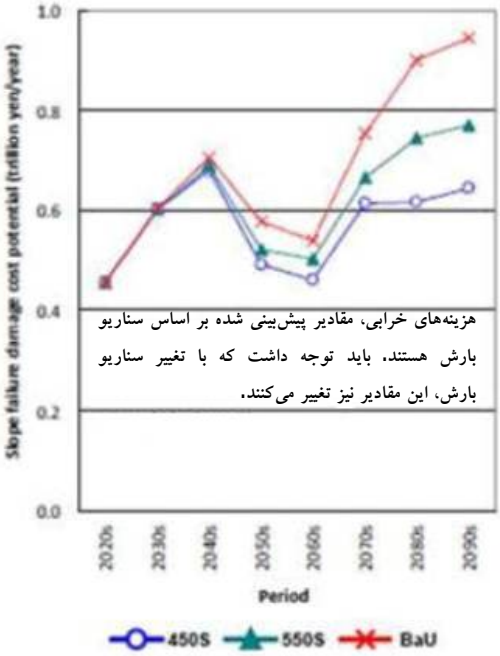
کاهش ارزش امکانات و دارایی‌های موجود در مناطقی که دچار چنین فاجعه‌هایی شده‌اند و همچنین تغییرات ارزش دارایی‌ها در آینده، مدنظر قرار نمی‌گیرد. معیارهای تطبیقی و سازگاری آینده نیز در نظر گرفته نمی‌شوند.

اثرات آینده- روندهای ملی

هر چه سطح تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای پایین‌تر باشد، هزینه بالقوه آسیب گسیختگی شیب کمتر خواهد بود. تحت سناریو 450s، انتظار می‌رود آسیب‌ها و خسارات به یک سطح ثابتی برسند. در سراسر کشور و تا حدود اواسط قرن (تا دهه ۲۰۵۰) تفاوت قابل‌توجهی در هزینه بالقوه آسیب‌های گسیختگی شیب در میان سناریوها مختلف دیده نمی‌شود. با این حال، در اواخر قرن (تا دهه ۲۰۹۰)، اختلاف قابل‌توجهی با توجه به سناریوهای مختلف پدیدار می‌شود، تحت سناریو 450s، میزان هزینه‌های آسیب‌ها تفاوت چندانی با دوره قبل (دهه ۲۰۵۰) نخواهد کرد. تحت سناریو 550s، حداکثر هزینه مورد انتظار به حدود ۰/۷۷ تریلیون ین در سال خواهد رسید و تحت سناریو BaU، پیش‌بینی حداکثر هزینه برابر با ۰/۹۴ تریلیون ین در سال است.

اثرات آینده- روندهای منطقه‌ای

در آینده خسارت عمده در منطقه Tokai/Chubu/kinki مورد انتظار است. همراه با افزایش گرمایش زمین، در حدود اواخر قرن حاضر (دهه ۲۰۹۰)، افزایش چشمگیری در هزینه‌های آسیب در دو منطقه Hokkaido/Tohoku و kanto/koshinetsu/ Hokuriku، پیش‌بینی می‌شود به نحوی که تا پایان قرن در این دو منطقه افزایش هزینه‌ها تحت سناریو 450s به حدود ۰/۱۴ و ۰/۰۹ تریلیون ین در سال، تحت سناریو 550s، تقریباً ۰/۱۷ و ۰/۱۰ تریلیون ین در سال و تحت سناریو BaU، در حدود ۰/۲۲ و ۰/۱۳ تریلیون ین در سال، پیش‌بینی می‌شود.



شکل ۵- هزینه بالقوه آسیب گسیختگی شیب

اقدامات پیشگیرانه اجرا شده در ژاپن در برابر تغییرات آب‌وهوایی

به‌طور کلی ۴ اقدام پیشگیرانه در برابر تغییرات آب‌وهوایی وجود دارد که می‌تواند شامل عوامل ناشناخته نیز باشد. این است که اثرات تغییرات آب‌وهوایی دارای پتانسیل‌های اجتناب‌ناپذیر برای کاهش اثربخشی اقدامات پیشگیرانه موجود هستند. این ۴ اقدام پیشگیرانه عبارتند از:

- شبکه بین‌المللی سیل،
- سیستم جهانی هشدار سیل،
- IFAS (نسخه روند جریان GFAS)،
- سیستم هشدار فوری برای بلایای مرتبط با رانش زمین.

شبکه بین‌المللی سیل (IFNet) و سیستم جهانی هشدار سیل

سیل‌ها بدون شک مخرب‌ترین بلایای طبیعی هستند که در هر سال به مناطق زیادی در جهان خسارت می‌زنند. در طول قرن گذشته، روند خسارت سیل از هر دو منظر اجتماعی و اقتصادی به دلیل افزایش بارش‌های سنگین باران، تغییرات در نحوه استفاده از زمین‌های بالادست رودخانه‌ها و تمرکز مداوم جمعیت و امکانات و دارایی‌ها در مناطق سیل‌خیز، روند افزایشی داشته است. در سطوح محلی و ملی طرح‌های ابتکاری بزرگی برای پیاده‌سازی اقدامات پیشگیرانه مناسب با هدف کاهش تهدیدات بلایای مرتبط با آب صورت گرفته است. اگر یک سازوکار ایده‌آل برای جمع‌آوری دانش و پیوستگی این تلاش‌ها ایجاد شود، این طرح‌های ابتکاری بدون شک مکانیسم‌ها و معیارهای موفقی را تولید خواهند کرد که می‌توانند مزایای اجتماعی و اقتصادی فراوانی را برای جامعه بین‌المللی به همراه داشته باشند.

جهت کمک به افزایش همکاری‌های بین‌المللی در مسایل مربوط به مدیریت سیل، وزارت زمین، زیرساخت و حمل‌ونقل ژاپن (MLIT) و مؤسسه توسعه زیرساخت (IDI)، همراه با دیگر سازمان‌های کلیدی بین‌المللی، شبکه بین‌المللی سیل (IFNet) را راه‌اندازی نمودند. شبکه IFNet با هدف ایجاد یک مکانیسم دقیق برای بسیج جامعه بین‌المللی و به‌عنوان پلتفرمی که در آن تمام سازمان‌ها و افراد دارای صلاحیت در مسایل مربوط به مدیریت سیل بتوانند در زمینه تبادل اطلاعات و تجارب فعالیت کنند، شکل گرفت؛ به عبارت دیگر، IFNet سعی دارد از طریق ایجاد یک همکاری بین‌المللی مناسب به چهار هدف، شکستن دور باطل سیل و فقر، رسیدن به ثبات اقتصادی با بهبود هماهنگی و اثربخشی اقدامات لازم برای مدیریت سیل، کاهش خسارت جانی و مالی ناشی از سیل و کمک به کشورهای در حال توسعه برای رسیدن به ثبات در پیشرفت، دست یابد.

در این راستا، برنامه IFNet توسعه سیستم جهانی هشدار سیل (GFAS) را برای کمک به کشورهای در حال توسعه برای بهبود آمادگی در مقابل سیل و بهبود کنترل سیل، در دستور کار خود قرار داد. سیستم GFAS جهت پشتیبانی سازمان ملی هواشناسی در هر کشور برای خدمات هشدار سیل و انتقال اطلاعات مربوط به بارش در بالادست رودخانه‌ها که در آن مسافت‌سنج و داده‌های مشاهده‌ای وجود ندارد، توسعه یافته است. سیستم GFAS بر اساس سیستم جهانی اندازه‌گیری بارش (GPM) و پیوستن پروژه‌های JAXA ژاپن و NASA ایالات‌متحده به یکدیگر، شکل گرفته است.

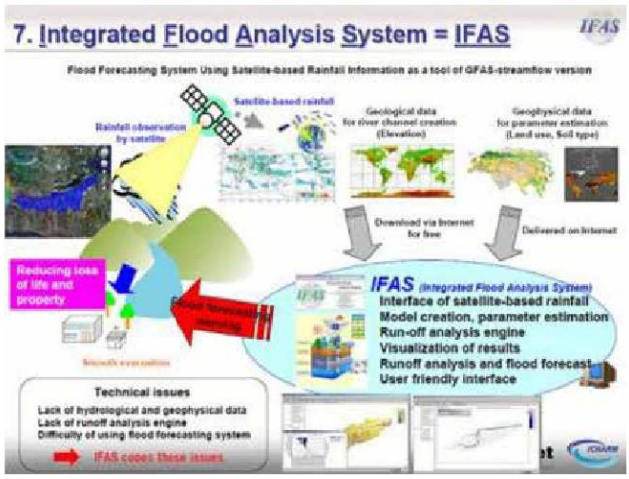
داده‌های جهانی بارش جمع‌آوری شده برای تولید نقشه جهانی بارش در سه ساعت آینده، اطلاعات عددی پیش‌بینی وضعیت آب‌وهوا و دیگر داده‌ها، پردازش می‌شوند. داده‌های بارش در سطح زمین و در حوضه رودخانه‌ها اندازه‌گیری شده و به‌عنوان داده‌های کالیبراسیون در این فرایند استفاده می‌شوند. نقشه بارش ۳ ساعت آینده تولید شده بلافاصله به شکل آنلاین و از طریق اینترنت به سیستم جهانی هشدار IFNet تحویل می‌گردد. در این سیستم، پردازش بیشتر بر اساس اطلاعات جغرافیایی و توپوگرافی محلی مانند بارش‌های بحرانی صورت

می‌پذیرد. اگر نتایج داده‌های پردازش شده احتمال بیش از مقدار بحرانی را نشان دهد، هشدار سیل به‌طور خودکار به سازمان مسؤول هواشناسی و پیشگیری از فاجعه کشور مربوطه ارسال می‌شود. اعتقاد بر این است که همکاری‌های بین‌المللی در IFNet و حمایت از پروژه GFAS بدون شک ابتکارات در حال انجام در سراسر جهان برای کاهش خطر خسارت و اطمینان از پایداری بیشتر محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی را افزایش خواهد داد.

شکل ۶- GFAS (سیستم جهانی هشدار سیل)

توسعه سیستم تحلیل یکپارچه سیل (IFAS)

در شکل۷ سیستم پیش‌بینی سیل با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای مبتنی بر بارش، به‌عنوان ابزاری از نسخه روند جریان سیل GFAS نمایش داده شده است.



شکل ۷- IFAS (سیستم تحلیل یکپارچه سیل)

برای پیش‌بینی مؤثر و کارآمدتر سیل در کشورهای در حال توسعه، ICHARM سیستم تحلیل سیل را به‌عنوان ابزاری از روند جریان سیل GFAS توسعه داد. این سیستم توسط IFNet ارایه شده است. این سیستم با نام سیستم تحلیل یکپارچه سیل (IFAS) شناخته می‌شود. سیستم IFAS با تعدادی از توابع نوآورانه مجهز شده است. این سیستم می‌تواند نه تنها از ایستگاه‌های زمینی بلکه از اطلاعات ماهواره‌ای مربوط به بارش نیز استفاده کند. این سیستم می‌تواند شبکه کانال رودخانه‌ها را بر اساس داده‌های GIS ایجاد کند. همچنین می‌تواند پارامترهای پیش‌فرض یک موتور تحلیل سیل را برآورد کند و نتایج خروجی را نمایش دهد. علاوه بر این، برای ترویج استفاده مؤثر از IFAS، ICHARM طرحی برای برگزاری سمینارهای آموزشی برای کاربران بالقوه و انجام تحقیقات مشترک با سازمان‌های دولتی و غیردولتی دارد. ICHARM امیدوار است که IFAS در سراسر جهان و به خصوص در کشورهای در حال توسعه و دیگر مناطق فاقد آمار، به‌عنوان ابزاری برای بهبود سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل، مورد استفاده قرار گیرد. برخی از ویژگی‌های اصلی IFAS در زیر آمده است:

- استفاده از ایستگاه‌های ماهواره‌ای بارش به عنوان داده‌های ورودی IFAS این اجازه را به کاربران می‌دهد تا از اطلاعات بارش ایستگاه‌های ماهواره‌ای به جای اطلاعات بارش ایستگاه‌های زمینی استفاده کنند. در سال‌های اخیر، اطلاعات بارش دائمی و پاره‌وقت مبتنی بر پایگاه‌های ماهواره‌ای که تقریباً تمام جهان را پوشش می‌دهد، توسط NASA، NOAA، JAXA و دیگر سازمان‌ها ارایه می‌گردد. اطلاعات ماهواره‌ای مبتنی بر بارش به‌راحتی و از طریق اینترنت در دسترس است.
- تابع ایجاد مدل IFAS، توابع و پارامترهای منحصربه‌فرد برای ایجاد یک مدل سیلاب، با استفاده از داده‌های GIS از جمله ارتفاع، کاربری زمین، نوع خاک و غیره تعیین می‌گردند. با استفاده از این توابع، تحلیل سیلاب را می‌توان در حوضه‌ای با اطلاعات هیدرولوژیک و ژئوفیزیک ناکافی انجام داد.
- IFAS نه تنها قادر به ارایه نتایج در قالب شکل‌ها و جداول است بلکه توانایی ایجاد یک نقشه دیجیتالی از نتایج را نیز دارا می‌باشد. در این روش، کاربران به راحتی می‌توانند ریسک سیل را در مکان‌های مختلف تنها با نگاه کردن به شبیه‌سازی تصویری نتایج، شناسایی کنند.
- ICHARM، فایل‌های اجرایی IFAS را به‌صورت رایگان بین کاربران توزیع می‌کند.

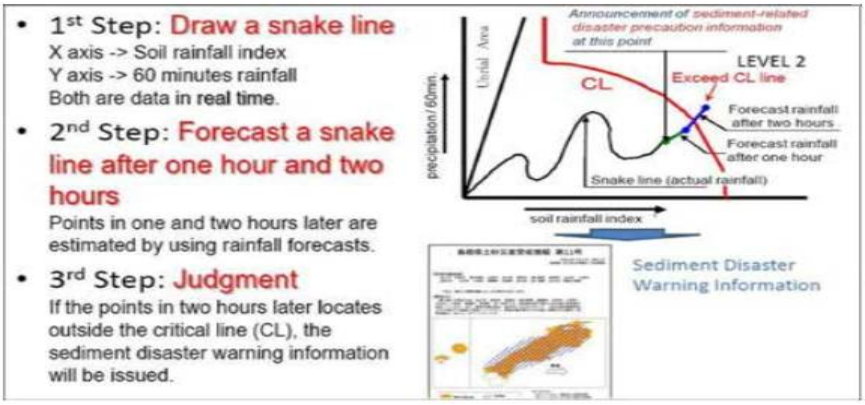
۷- استفاده از سیستم هشداردهنده برای بلایای مرتبط با رانش زمین در ژاپن

معرفی

شکل ۸ طرح کلی سیستم هشداردهنده برای بلایای مرتبط با رانش زمین در ژاپن را نمایش می‌دهد. با داشتن تحلیل‌های کمّی، نرم‌افزار حرکات پنهانی زمین را تابع کرده و بین بارش و رانش خاک ارتباط ایجاد می‌کند. این روش به دلیل داشتن زمان کافی برای ارسال هشدار بسیار مفید است.

تهیه دستورالعمل‌ها

در کارگاه سئول (سال ۲۰۰۴)، دستورالعمل‌های تهیه شده توسط ژاپن به کشورهای شرکت‌کننده داده شد. این دستورالعمل‌ها توضیح دقیقی از فصل ۲ این گزارش است. این دستورالعمل‌ها از گردآوری روش‌های عملیاتی این کشور که در آن زمان مورد استفاده بودند، شکل گرفته است.



شکل ۸- طرح کلی

ایجاد نمونه تنظیمات خطوط بحرانی

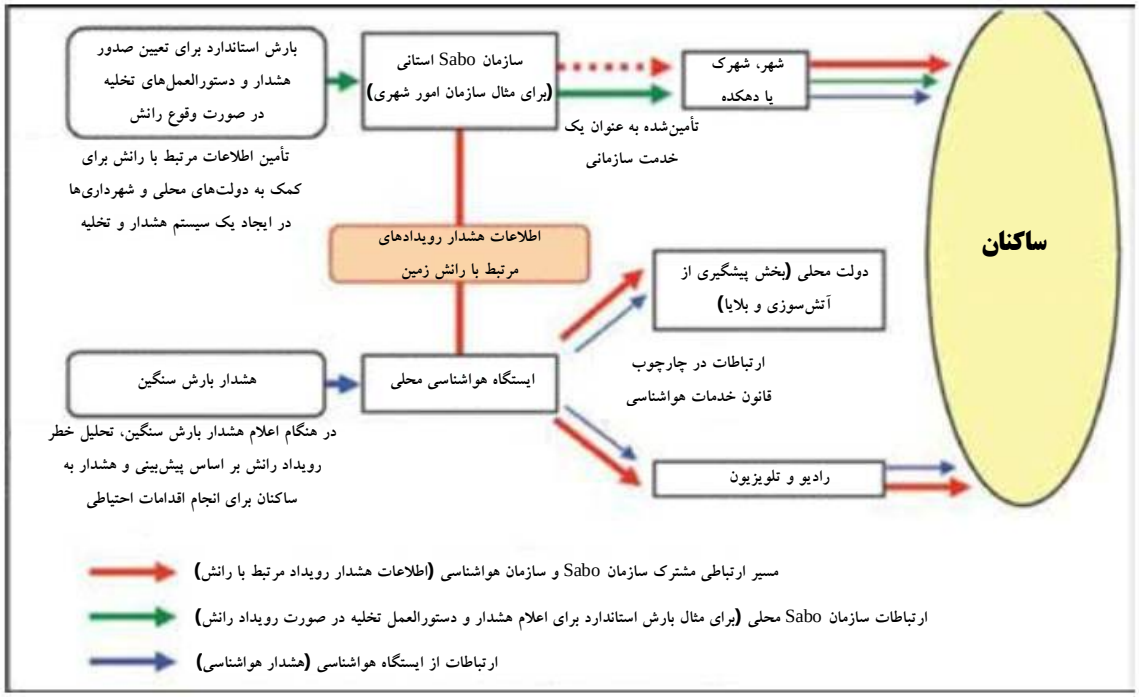
در ژاپن، سیستم‌های نظارت بارش در سراسر آن کشور راه‌اندازی شده‌اند که با استفاده از آنها داده‌های بارش مورد نیاز جمع‌آوری گردید. همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، طرح کلی از اطلاعات سالانه مربوط به وقوع رویدادهای رانش زمین تهیه گردید. کاربرد دستورالعمل‌ها در کشورها یا مناطقی که داده‌های مربوط به فاجعه رانش زمین را به‌اندازه کافی جمع‌آوری کرده بودند، ساده است. اما برای کشورهایی که اطلاعات کافی نداشتند مشکلاتی ایجاد شد. با جمع‌آوری نمونه‌هایی از خطوط بحرانی در ژاپن، زاویه آنها و مقدار متناظر با محل برخورد آنها با محور Y بر مبنای نوع مناطق، بارش باران و شرایط جغرافیایی، تقسیم‌بندی شدند. بدین ترتیب امکان تعیین خطوط بحرانی برای کشورها و مناطقی که فاقد داده‌های بارشی و اطلاعات کافی مربوط به رانش زمین هستند، به وجود آمد. پس از دستیابی به داده‌های بارش و اطلاعات کافی مربوط به رانش زمین باید مقادیر خطوط بحرانی به‌روزرسانی شود. تحلیل بالا به‌عنوان مثالی ساده در یک گزارش قرار گرفته و در سال ۲۰۰۵ به کارگاه کوالالامپور تحویل داده شد. این سند نیز به پایان این گزارش اضافه شده است.

پشتیبانی فنی (Help-Desk)

به منظور به اشتراک‌گذاری اطلاعات فنی، دستورالعمل‌ها و تنظیمات برای بارگیری آسان‌تر به داده‌های الکتریکی تبدیل شدند و تارنمای شبکه بین‌المللی SABO (http: // www.sabo-int.org/index.html) و یک پشتیبان فنی در این تارنما ایجاد شدند.

کاربردهای نمونه

شکل ۹ جریان کسب اطلاعات هشداردهنده بلایای مربوط به رانش زمین را نمایش می‌دهد. در سال ۲۰۰۹، دولت‌های محلی در همکاری با پایگاه‌های هواشناسی محلی، در خصوص ارسال یا عدم ارسال هشدار حوادث مربوط به رانش زمین تصمیم می‌گرفتند. در صورت اعلام هشدار فاجعه مربوط به رانش زمین، پایگاه هواشناسی، دولت محلی را مطلع می‌نماید و دولت محلی نیز به‌نوبه خود مسؤول اطلاع‌رسانی به شهروندان خواهد بود. روش دیگر این است که پایگاه هواشناسی، دولت محلی را مطلع سازد و در همان زمان از طریق تلویزیون، رادیو و اینترنت به شهروندان اطلاع‌رسانی کند. شکل ۱۰، نیز نشان می‌دهد چگونه دولت محلی می‌تواند اطلاعات اضافی لحظه‌ای در مورد تنوع بارش (با ۴ سطح هشدار) را ارایه دهد.



شکل ۹- فرایندهای اعلام هشدار رانش زمین

مثالی از این گزارش مربوط به رانش زمین در استان شیمانی است که گسیختگی شیب در ماه جولای سال ۲۰۰۶ رخ داد. شکل ۱۱، محل رانش زمین را نشان می‌دهد.

شکل ۱۲، نشان‌دهنده بارش ساعتی و شکل ۱۳ نشان‌دهنده تصمیم بر تغییر لحظه‌ای سطح ریسک است. شکل ۱۳، خط بحرانی و نمودار خطی را نمایش می‌دهد. فاجعه در ساعت ۳:۳۰ روز ۱۹ ژوئیه ۲۰۰۶ رخ داد. سیستم اطلاعات هشداردهنده رانش زمین یک هشدار در ساعت ۶:۵۵ روز ۱۷ ژوئیه ارسال کرد و مقامات شهر به نمایندگان خود اطلاع دادند تا به شهروندان هشدار دهند. بر اساس سطوح لحظه‌ای بارش، سطح ریسک از ۲ تا ۴ در ۱۸ جولای از ساعت ۲۱:۳۰ تا ۲۳:۰۰، تغییر نمود. در ۱۸ ژوئیه و در ساعت ۱۱:۵۴، مقامات شهر یک هشدار فاجعه دیگر را در رادیو و تلویزیون اعلام کردند. روز بعد در ساعت ۳:۳۰ صبح فاجعه مربوط به رانش زمین رخ داد. در همان روز در ساعت ۱۰:۳۵ بعدازظهر، سیستم به اعلام هشدار خاتمه داد. در این مثال، خوشبختانه هشدار قبل از وقوع فاجعه داده شد و شهروندان به‌موقع آگاه شدند.

سطح ۱: وضعیت بارش احتمال تجاوز از میزان استاندارد وقوع فاجعه مرتبط با رانش زمین در ۳ ساعت آینده را نشان می‌دهد. در این وضعیت به ساکنان اطلاع‌رسانی می‌شود.

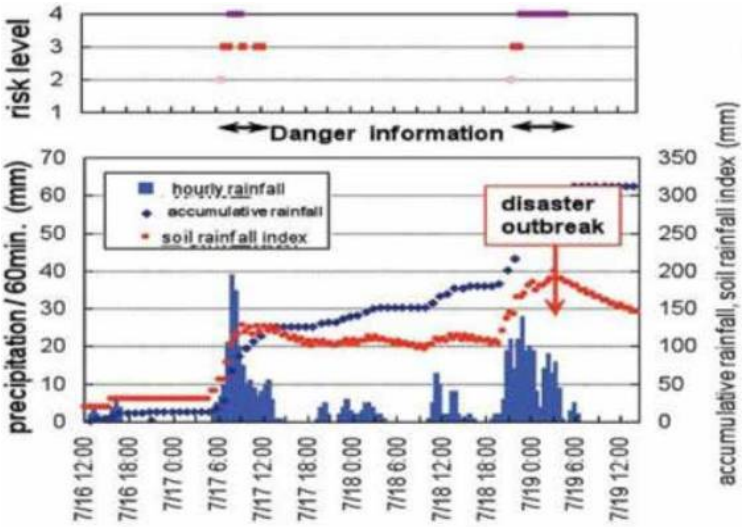
سطح ۲: وضعیت بارش احتمال تجاوز از میزان استاندارد وقوع فاجعه مرتبط با رانش زمین در ۲ ساعت آینده را نشان می‌دهد. در این وضعیت توصیه پناه گرفتن در محل امن اعلام می‌شود. هشدار وقوع فاجعه رانش اعلام می‌گردد.

سطح ۳: وضعیت بارش احتمال تجاوز از میزان استاندارد وقوع فاجعه مرتبط با رانش زمین در ۱ ساعت آینده را نشان می‌دهد. ضروری است تا پناه گرفتن ساکنان مناطق خطرناک در مناطق امن تأیید شود.

سطح ۴: وضعیت بارش از میزان استاندارد وقوع فاجعه مرتبط با رانش زمین تجاوز کرده است. وضعیت بسیار خطرناک می‌باشد.

شکل ۱۰- نمونه‌هایی از اطلاعات اضافی و معیارهای بحرانی برای تخلیه ساکنان

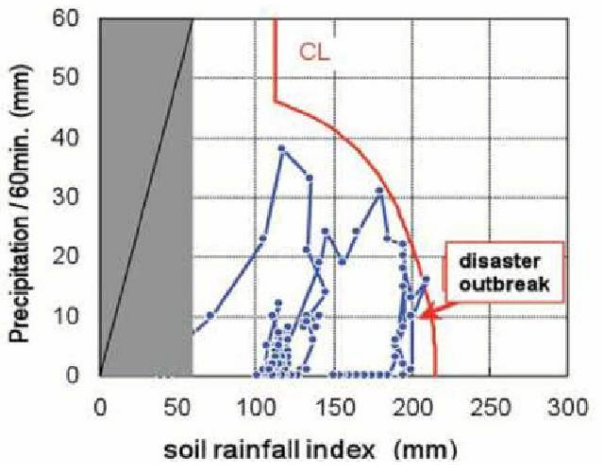
شکل ۱۱- رانش زمین در استان Shimane



شکل ۱۲- میزان بارش و تغییرات سطح ریسک

موضوعات و مسایل آینده

نه تنها در ژاپن، بلکه در هر یک از کشورهای شرکت‌کننده، بلایای مربوط به رانش زمین باعث خسارات زیادی می‌شوند. به همین دلیل، انجام اقدامات و تدابیری برای کاهش آسیب ضرورت دارد. از مجموع این اقدامات، اقدامات، غیرسازه‌ای از نظر مالی مناسب‌تر هستند؛ بنابراین، با استفاده از پشتیبان فنی (Help Desk) که در این پروژه ایجاد شده است، به ارایه پشتیبانی فنی جهت ایجاد سیستم اطلاعات هشدار در کشورهای مختلف، ادامه داده می‌شود.



شکل ۱۳- نمودار خطی زمین برای ناحیه Shimane

مراجع

[1] Mimura, N., Professor of Tohoku University 2008, 2009. “Ministry of the Environment, Japan Global Environment Research Fund Strategic R&D Area Project, Comprehensive Assessment of Climate Change Impacts to Determine the Dangerous Level of Global Warming and Appropriate Stabilization Target of Atmosphere GHG Concentration– Project for Comprehensive Projection of Climate Change Impacts –Global Warming Impacts on Japan”.

[2] Mizuno, H., Senior Researcher, National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism,.“Sediment-Related Disaster Forecasting Warning system Project”, Japan, 2009.

مکزیک- مطالعه موردی تاباسکو

تهیه‌شده توسط: Gustavo Moreno، SESPEC (مکزیک)

۱- مطالعه/ پروژه/ جزییات فعالیت

کشور: مکزیک

منطقه جغرافیایی درگیر: تاباسکو، مکزیک (نقشه ۱)

نوع ریسک: تغییرات آب‌وهوا

طبقه‌بندی ریسک: مدیریت ریسک

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: وزیر حمل‌ونقل، دولت محلی

سال انجام: ۲۰۰۵ تاکنون

۲- معرفی

این مطالعه، تغییرات آب‌وهوایی را به عنوان یک متغیر مهم در مدیریت ریسک در نظر می‌گیرد. این مطالعه نشان می‌دهد چگونگی ارتباط سیل تاباسکو (۲۰۰۷) با تغییرات آب‌وهوایی در سال‌های گذشته را تشریح می‌کند. تحلیل مناسب از منطقه، می‌تواند در پیش‌بینی، کاهش یا اجتناب از حوادث آینده کمک کند.

۳- تغییر آب‌وهوا

تغییر در شرایط آب‌وهوایی در یک دوره از زمان، به‌عنوان تغییرات آب‌وهوایی تعریف شده است. می‌توان آن را در تغییرات وضعیت آب‌وهوا (مانند بارش و دما) مشاهده کرد. این تغییر می‌تواند در سراسر زمین رخ دهد یا به یک منطقه خاص محدود شود. صفحات تکتونیک، تغییرات مداری، آتش‌فشان، تغییر شرایط در اقیانوس‌ها و عوامل انسانی برخی از دلایل ایجاد تغییر آب‌وهوا هستند. جمعیت جهان از ۲۰۱۰-۱۸۵۰ به اندازه ۴۳۰٪ رشد داشته است، بنابراین این رشد جمعیت یک عامل مهم برای تغییر آب‌وهوا است.

۳-۱-گرمایش کره زمین

افزایش درجه حرارت هوای نزدیک سطح زمین و اقیانوس‌ها به عنوان گرمایش جهانی شناخته شده است. این پدیده تا حد زیادی توسط افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای که نتیجه احتراق سوخت و جنگل‌زدایی می‌باشد، ایجاد شده است.

اثر گلخانه‌ای به‌عنوان فرایند مقدار جذب و انتشار اشعه مادون قرمز توسط گازها در تغییر دمای جو، تعریف شده است. زمین بخشی از تابش نور خورشید را به‌عنوان بخشی از گرم شدن طبیعی، جذب می‌کند. بخشی از تابش نور خورشید به فضا بر می‌گردد و قسمت دیگر آن به زمین منعکس می‌شود. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای سبب می‌شود بخش بزرگ‌تری از تابش به زمین منعکس شود که این امر سبب افزایش درجه حرارت زمین می‌شود.

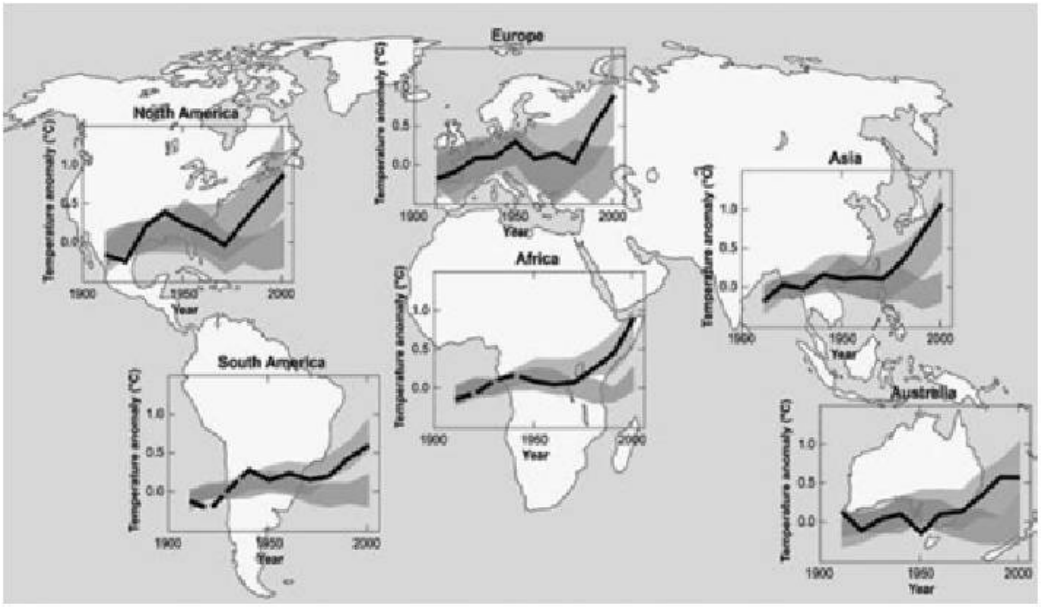
۳-۲- غلظت CO_2

غلظت CO_2 که یک گاز گلخانه‌ای است، در جو زمین در ۱۰۰۰ سال گذشته افزایش یافته است. از سال ۱۰۰۰ تا سال ۱۸۰۰ میلادی سطح CO_2 در جو زمین کمتر از ppmv ۳۰۰ (قسمت در میلیون در حجم) بود، پس از سال ۱۸۰۰ غلظت این گاز در جو زمین شروع به افزایش کرد. در طول ۲۰ سال گذشته، این غلظت از ppmv ۳۲۰ به ppmv ۳۸۰ افزایش یافته است.

راهها یکی از منابع تولید CO_2 هستند. افزایش تعداد وسایل نقلیه بیش از حد ظرفیت راهها باعث کاهش سرعت متوسط شده است. طراحی‌های جدیدی برای راهها به منظور بهینه‌سازی مصرف سوخت وسایل نقلیه، مورد نیاز است. این طراحی باید مواردی از قبیل کاهش تراکم، بهبود گردش ترافیک، خطوط مستقیم، فضای عبور، طراحی دسترسی‌های جدید برای شهرها و ... را در نظر بگیرد.

۳-۳- میانگین درجه حرارت

دمای سراسر جهان از اواخر دهه ۹۰ شروع به تغییر کرده و افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. بزرگ‌ترین تغییر در آسیا مشاهده شده است. جدول زیر تغییرات در ۶ حوزه از جهان را نشان می‌دهد.



۴- مطالعه موردی: تاباسکو

۴-۱- پیش‌زمینه محلی

تاباسکو یکی از ایالت مکزیک است که در جنوب این کشور واقع شده است. این ایالت توسط وراکروز (غرب)، کامپچه (شرق)، چیاپاس (جنوب) و خلیج مکزیک (شمال) احاطه شده است و همچنین دارای یک مرز بین‌المللی در شرق با گواتمالا است.

۴-۱-۱- جغرافیا

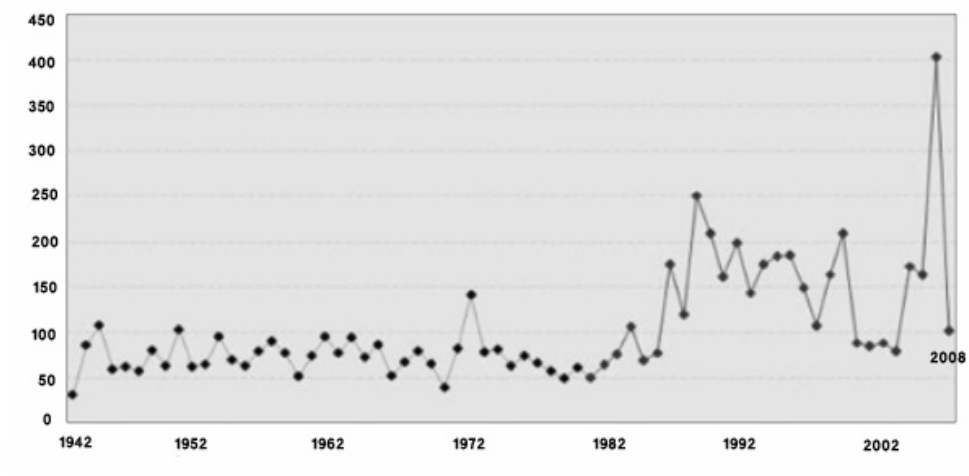
چشم‌انداز محلی دشت‌های گسترده با مرداب‌های فراوان را نشان می‌دهد که در طول فصل بارانی به تالابی بزرگ تبدیل می‌شود. برخی قله‌های کم‌ارتفاع در جنوب ایالت واقع شده‌اند. رودخانه‌هایی مانند Grijalva، Chilapa، San Pedro، همراه با دیگر رودخانه‌ها در این ایالت قرار دارند. El Carmen و San Jose del Rio برخی از تالاب‌های این ایالت هستند.

این ایالت واقع در یک منطقه گرمسیری است، درجه حرارت بالا و رطوبت قوی در ۹۵٪ از ایالت شرایط غالب آب‌وهوایی را تشکیل می‌دهد. بالاترین شاخص بارش مکزیک در این منطقه ثبت شده است.

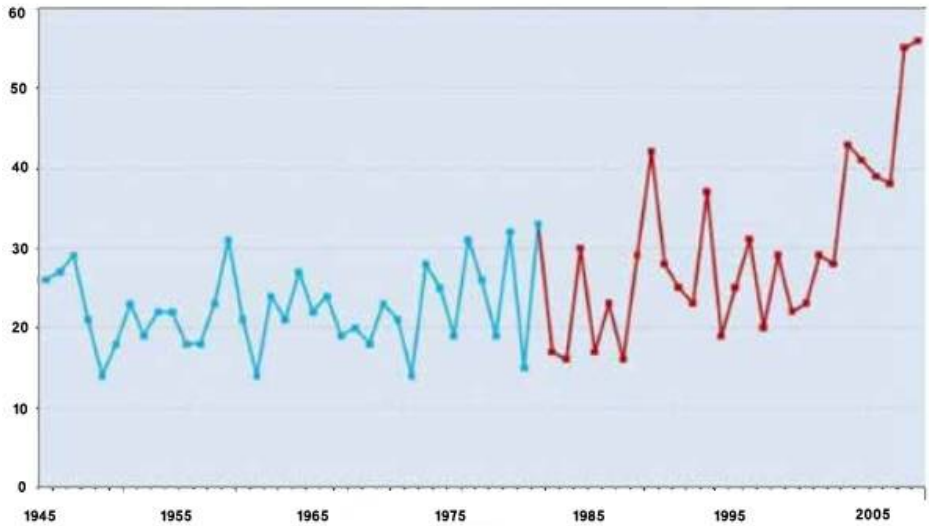
۴-۱-۲- داده‌های بارش

متغیر بارش در سالیان گذشته در مقایسه با سایر متغیرهای آب‌وهوایی با تغییرات بزرگ‌تری مواجه شده است. حداکثر بارش سالانه، از سال ۱۹۴۲ تا سال ۲۰۰۸، در نمودار صفحه بعد نمایش داده شده است. در ۱۰ سال گذشته، تغییر در حداکثر بارش مشاهده می‌شود. بارش روزانه، در ایالت تاباسکو، بالاتر از شهرهایی مانند لندن،

سیدنی، ریودوژانیرو، نیویورک و پاناما است. در این ایالت تعداد روزهای دارای بارش بیش از ۲۰ (mm^3 /day) نیز در ۱۰ سال گذشته بین ۲۰ تا ۳۰ روز افزایش یافته است.



بارش حداکثر سالانه (mm^3/day)



تعداد روز با بارش بالاتر از mm^3 ۲۰

توزیع بارش روزانه تاباسکو را می‌توان با یک تابع گاما تنظیم نمود. پارامترهای توزیع پس از سال ۱۹۸۰ تغییر نموده‌اند. با وجودی که میزان بارش سالانه تغییر نکرده است، واریانس بزرگ‌تر بارش در حال حاضر مشاهده می‌شود. احتمال روزهای بارش بیشتر افزایش یافته است که این امر سبب ایجاد سیل‌های بزرگ‌تر با تواتر بیشتر خواهد شد.

۴-۲- سیل

۴-۲-۱- فاجعه

بین روزهای ۲۸ تا ۳۱ ماه اکتبر سال ۲۰۰۷، به علت همگرایی جبهه سرد و یک طوفان گرمسیری، تاباسکو باران‌های سیل‌آسا را تجربه کرد. ظرف ۷۲ ساعت نزدیک به ۱۰۰۰ میلی‌متر باران بارید و سبب جاری شدن سیل در کل حوضه رودخانه Peñitas شد. مجموعه آبی Grijalva، شامل چهار سد بر روی رودخانه گریالوا، مجبور به باز کردن دریچه‌های سرریز تمام سدها شد.
جنگل‌زدایی چیاپاس باعث افزایش سیل به سمت تاباسکو شد که تشدید سیل و آسیب‌پذیری در حوضه پایین‌دست رودخانه را شامل می‌شد. بارش غیرطبیعی همراه با جنگل‌زدایی باعث بدترین سیل در منطقه شد؛ ۷۰٪ از ایالت دچار آب‌گرفتگی گشت، ۲۶۲/۷ کیلومتر راه فدرال و ۱۰۵/۴ کیلومتر از راههای روستایی و ۱/۲ میلیون نفر دچار آسیب شدند.

۴-۲-۲- زیرساخت‌های آسیب‌دیده

اغلب راههای موجود در منطقه به طور جدی آسیب دیدند. شکست و فروپاشی به دلیل گسیختگی لوله‌های زهکشی و سطح رطوبت خاک، بر یکپارچگی ساختاری راهها تأثیرگذار بود. رانش زمین، تخته‌سنگ‌ها و آثار مخروبه اطراف جاده باعث مسدود شدن راهها شد و ظرفیت بسیاری از آنها را به یک خط کاهش داد یا به‌طور کامل سبب مسدود شدن آنها شد. راههای درون منطقه Villahermosa دچار آب‌گرفتگی شدند و این آب‌گرفتگی سبب آسیب‌های سازه‌ای مانند ایجاد چاله‌ها و دست‌اندازهای بی‌شمار، جمع شدن آب و فرسایش شدید آسفالت، گشت. اثر این فاجعه بر پل‌ها شامل: کاهش ظرفیت عبوری از پل، ناپایداری سازه‌ای و شکست در اطراف پایه پل‌ها، بود. باران‌های سنگین نیز سبب فرسایش پایه ستون‌ها و فروپاشی چندین پل شد. در حال حاضر، سیل تاباسکو با نزدیک به ۷۰۰ میلیون دلار آمریکا خسارت پس از طوفان ویلما، دومین فاجعه پرهزینه در مکزیک است.

۴-۳- مدیریت ریسک

زیرساخت‌های راه با چالشی جدید ناشی از اثرات تغییرات آب‌وهوا مواجه می‌باشند. این وقایع به‌صورت مکرر ظاهر خواهند شد، به همین دلیل از بین بردن یا به حداقل رساندن عواقب آنها از طریق مدیریت ریسک حیاتی است. مدیریت ریسک در سالیان گذشته جهت کمک به درک خطرات و کاهش تلفات در زمینه‌های مختلف (مانند بازار، اعتبار، فناوری، شرکت و کالاها) توسعه یافته است، برای رسیدگی به ریسکی که یک شخص، شرکت و یا

دولت با آن مواجه است، به تحلیل خاص و گسترده‌تری نیاز است. نمودار زیر فرایند مدیریت ریسک که در مورد تاباسکو مورد استفاده قرار گرفت را نشان می‌دهد:

۴-۳-۱- تعریف موضوع

ابتدا زیرساخت‌های مهم که خسارت دیده بودند مانند راهها، پل‌ها، تونل‌ها، حفاظ‌ها، زهکشی‌ها و سازه‌های دیگر تعریف شدند.

۴-۳-۲- شناسایی ریسک

ریسک‌ها بر اساس موارد زیر تعیین شدند:

- توپوگرافی: کوه‌ها؛
- هیدرولوژی: رودخانه، تالاب‌ها؛
- زمین‌شناسی: نوع خاک؛
- استفاده از زمین: سدها، شهرنشینی؛
- بلایای طبیعی: سیل، رانش زمین.

۴-۳-۳- تحلیل آسیب‌پذیری

ریسک‌ها بر اساس خصوصیات تسهیلات و دارایی‌ها مشخص شدند:

- وضعیت تعمیر و نگهداری؛
- سن سازه؛
- سیستم زهکشی؛

- ساختار مواد؛
- طراحی؛
- میزان بارگذاری.

۴-۳-۴-اولویت‌بندی

تصمیم‌گیری در خصوص انجام اقدامات مهم با در نظر گرفتن موارد زیر صورت پذیرفت:

- اثرات اقتصادی و اجتماعی؛
- محدودیت‌های بودجه.

۴-۳-۵- تخفیف و کاهش ریسک

مشکلات و اقداماتی که انجام شده یا باید به اجرا درآیند، به شرح زیر می‌باشند:

مشکل	اقدام
جنگل‌زدایی	طرح جنگل‌کاری به مساحت ۴۵۰۰ km^2 در سراسر حوزه هیدرولوژی
سرریز رودخانه	محافظت رودخانه‌ها با دیواره‌های بتنی، لایروبی کف رودخانه‌ها در فواصل منظم
سطوح آب در سدها	به‌روزرسانی و تعریف مجدد استانداردهای کنترل با توجه به اثرات تغییرات آب‌وهوایی
آسیب‌های جمعیتی	جابجا کردن جمعیت به مناطق امن
زیرساخت راه	- طراحی پل‌های جدید برای پیشگیری از خسارت به فونداسیون آنها - جایگزینی خاکریزها با پایه‌های سنگی - حفاظت از راهها با استفاده از مواد پلیمری - استفاده از سیستم‌های جدید زهکشی

۵- نتیجه‌گیری

ضروری است دولت‌ها برای مستندسازی دلایل و اثرات هر یک از این رویدادها و به اشتراک‌گذاری این اطلاعات بین کشورها، به منظور ایجاد فهرستی از حوادث ناشی از تغییرات آب‌وهوایی به عنوان یک تهدید امنیتی برای جهان، توافق‌نامه‌ای برای همکاری داشته باشند. چالش مدیریت ریسک، ایجاد یک راه حل بنیادی جهت جلوگیری از خساراتی است که ممکن است به دلیل خطرات طبیعی ناشی از تغییرات آب‌وهوا و با اثرات تخریبی بیشتر، ایجاد شوند.

ایالات متحده آمریکا- تقاطع غیر هم‌سطح مک‌آرتور: مطالعه موردی ریسک انتقالی

تهیه‌شده توسط: Michael Nesbitt، اداره فدرال راههای ایالات متحده آمریکا-FHWA (آمریکا)

۱- مطالعه/ پروژه/ جزییات فعالیت

کشور:ایالات‌متحده آمریکا

منطقه جغرافیایی درگیر: اوکلند، کالیفرنیا

نوع ریسک: عامل انسانی

طبقه‌بندی ریسک: ریسک انتقالی

ارگان‌ها و مراجع قانونی ذی‌ربط: وزارت حمل‌ونقل کالیفرنیا (Caltrans)، C.C. Meyers (پیمانکار)، اداره فدرال راههای ایالات متحده آمریکا (FHWA)،

زمان اجرا: ماه می ۲۰۰۷

۲- خلاصه

برون‌سپاری به پیمانکاران روشی رایج است که سازمان‌های دولتی یا عمومی توسط آن ریسک‌های پروژه را به سازمان‌های دیگر انتقال می‌دهند. هنگامی که برون‌سپاری به درستی اجرا شود، ریسک‌ها به نهادی که دارای شرایط بهتری برای کاهش است، منتقل می‌شود. در پی یک فاجعه اضطراری و هنگامی که یک زیرساخت مهم باید به سرعت بازسازی شود، این عمل می‌تواند راهبرد بسیار مفیدی باشد. در اوکلند (کالیفرنیا)، پس از این که یک تانکر تصادف کرد و آتش گرفت و باعث شد بخش‌هایی از راه I-580 ریزش کند، این شرایط اضطراری روی داد. با استفاده از بهترین شیوه تسریع ساخت پل، کالترانس قادر به استفاده از تکنیک‌های انتقال ریسک جهت تسریع تحویل پروژه بود. هدف تحقیق حاضر، بررسی استفاده از قراردادهای جایگزین و برون‌سپاری به عنوان یک ابزار انتقال ریسک با استفاده از رویداد اوکلند، می‌باشد.

۳- مقدمه/ مرور کلی

در سال ۲۰۰۷، یک کامیون تانکر حمل سوخت در راه I-880 واژگون شد، ۸۶۰۰ گالن بنزین مشتعل شد. تانکر در بخشی از راه واژگون شد که تقاطع غیر هم‌سطح مک‌آرتور را قطع می‌کرد. گرمای حاصل از آتش‌سوزی باعث ریزش بخشی از راه I-580 که از بالای راه I-880 عبور می‌کند، شد. با استفاده از بهترین شیوه تسریع ساخت، اداره فدرال راههای ایالات متحده آمریکا (FHWA)، وزارت حمل‌ونقل کالیفرنیا (Caltrans) و پیمانکار، قادر به

بازسازی و ترمیم بخش‌های آسیب‌دیده راههای I-580 و I-880 و بازگرداندن آنها به وضعیت عملیاتی کامل در کمتر از یک ماه پس از حادثه (دو برابر سرعت پیش‌بینی‌شده)، شدند.
استفاده از شیوه‌های تسریع‌شده ساخت‌وساز، به کالترانس اجازه داد ریسک‌های بخش‌هایی از پروژه تقاطع غیرهم‌سطح مک‌آرتور را به پیمانکاران مجرب و متخصص انتقال دهد. این مطالعه از حادثه تقاطع غیرهم‌سطح مک‌آرتور به‌عنوان مطالعه موردی درباره بررسی کاربرد برون‌سپاری به‌عنوان یک ابزار انتقال ریسک، استفاده کرده است. مقاله حاضر به ۴ بخش زیر تقسیم شده است:

- بخش اول، اطلاعات دقیق پیش‌زمینه این حادثه را فراهم می‌کند.
- بخش دوم توضیح می‌دهد چرا سازمان‌های دولتی ریسک‌های پروژه را به سازمان دیگری انتقال می‌دهند.
- بخش سوم بهترین شیوه‌های تسریع ساخت برای بازسازی و ترمیم رمپ و لوپ‌های اتصال شبکه‌های راه را بررسی می‌کند.
- بخش نهایی شامل نتیجه‌گیری در مورد این موضوع می‌باشد.

شاهراه I-880، مک‌آرتور ماز را قطع می‌کند، مک‌آرتور ماز مجموعه‌ای ازتقاطع‌های راههای شرق پل خلیج سانفرانسیسکو - اوکلند (SFOBB) است که ترافیک را در بزرگراه شرقی خلیج توزیع می‌کند. مک‌آرتور ماز، برکلی و سان‌فرانسیسکو را از طریق پنج شاهراه به یکدیگر متصل می‌نماید. حدود ۸۰۰۰۰ وسیله نقلیه به‌طور روزانه از مک‌آرتور ماز عبور می‌کنند.
در اوایل صبح روز یکشنبه در نزدیکی اوکلند (کالیفرنیا)، کامیون حمل سوختی که به سمت جنوب حرکت می‌کرد در شاهراه I-880 واژگون شد، در اثر این حادثه ۸۶۰۰ گالن بنزین در حال جابجایی، مشتعل شد. شاهراه I-580 در بالای قسمت آسیب‌دیده از شاهراه I-880 واقع است. گرمای آتش در I-880 (بیش از ۱۵۰۰ درجه فارنهایت) باعث شد سازه‌های فلزی I-580 ذوب شده و در نهایت ریزش کنند [۲].
میزان آسیب به شرح زیر بود:
این فروپاشی سبب شد رمپ و لوپ‌های باند جنوبی I-880 و باند شرقی I-580 مسدود گردد و ترافیک در SFOBB را به وقفه انداخت. بخش ریزش کرده از شاهراه I-580، ۱۶۰ فوت طول و ۵۱ فوت عرض داشت. شاه‌تیرهای اصلی در هر دو طرف نیز دچار آسیب و خم‌شدگی شده بودند. قسمت ریزش کرده دارای ۶ شاه‌تیر فولادی با عرشه بتنی به عرض ۴۵ فوت، بود. رمپ و لوپ‌های I-880 آسیب کمتری دیده بود [۲].
پیرو این حادثه، فرماندار ایالت کالیفرنیا (آرنولد شوارتزنگر) اعلام وضعیت اضطراری کرد که اجازه تسریع در اختصاص بودجه، عقد قرارداد و فرایندهای نظارتی مورد نیاز برای شروع بازسازی را می‌داد. با رفع تمام بن‌بست‌های مالی و سیاسی، کالترانس، سی‌سی‌مایرز (پیمانکار)، یک پیمانکار سازنده قطعات فولادی و FHWA به

طور مداوم کار کردند و هر دو تقاطع را ۲۶ روز پس از حادثه بازگشایی نمودند. تکمیل چنین پروژه‌های بزرگی به این سرعت با ریسک‌های بالایی همراه است.

۴- انتقال ریسک‌ها

برون‌سپاری به پیمانکاران روشی رایج است که سازمان‌های دولتی یا عمومی ریسک‌های پروژه را به سازمان دیگری انتقال می‌دهند. ایده برون‌سپاری، انتقال ریسک‌های یک پروژه به یک شخص ثالث است که دارای شرایط بهتری برای کاهش ریسک‌ها نسبت به سازمان عمومی است. با این حال، انتقال ریسک سازمان دولتی و عمومی را از ریسک رها نمی‌کند و تنها در معرض ریسک قرار گرفتن سازمان دولتی و عمومی را کاهش می‌دهد. این امر در حالی اتفاق می‌افتد که سازمان دولتی و عمومی در معرض مجموعه جدیدی از ریسک‌ها قرار می‌گیرد (برای مثال از دست دادن کنترل پروژه). هیچ پروژه‌ای بدون ریسک نیست، بنابراین، بهترین کاری که یک سازمان دولتی یا عمومی می‌تواند انجام دهد این است که احتمال وقوع و شدت ریسک‌های بالقوه و اثرات مربوطه آن را کاهش دهد. هنگام انتقال ریسک، سازمان‌های دولتی یا عمومی باید پیشنهادهای پیمانکاران را با دقت ارزیابی کنند تا از داشتن یک برنامه مدیریت ریسک مناسب توسط پیمانکار مطمئن شوند. یک سازمان دولتی همچنین می‌تواند در حین برگزاری مناقصه و پیش از عقد قرارداد، شرکت‌کنندگان در مناقصه را از لحاظ تجربه و تخصص در مدیریت ریسک، به شکل دقیق بررسی نماید [۴].

بار مالی ریسک (Risk Premium) معمولاً در اسناد تحویل داده شده توسط پیمانکار به کارفرما لحاظ می‌شود و علاوه بر هزینه پروژه، هزینه بار مالی ناشی از ریسک نیز در متون قراردادی، درج می‌گردد. بار مالی اضافی ریسک به ماهیت ریسک و مقدار ریسکی که توسط پیمانکار جذب می‌شود وابسته است [۱]. برای کنترل این هزینه‌های اضافی مرتبط با بار مالی ریسک، کالترانس از روش‌های قراردادی جایگزین و تکنیک‌های تسریع ساخت‌وساز پل برای انتقال ریسک به پیمانکار و تعیین بار مالی اضافی ریسک، استفاده کرد. مفهوم کنترل هزینه بار مالی اضافی ریسک در قسمت سوم این مقاله بیشتر بررسی خواهد شد. در بخش بعدی به بررسی چگونگی موفقیت کالترانس در انتقال ریسک‌ها به پیمانکاران با استفاده از بهترین شیوه تسریع ساخت؛ پرداخته خواهد شد.

۵- پروژه

برای هر روز انسداد این مسیرها، اقتصاد منطقه با ضرری در حدود ۶ میلیون دلار مواجه بود. با توجه به تأثیرات منفی اقتصادی، ایالت کالیفرنیا بازگشت سریع مسیرها و رمپ‌ولوپ‌های دسترسی به وضعیت کاملاً عملیاتی را در دستور کار قرار داد. به همین دلیل بدون فوت وقت فرماندار ایالات، این حادثه را یک وضعیت اضطراری اعلام کرد که به دولت اجازه شروع بی‌درنگ کار بر روی تقاطع آسیب‌دیده را می‌داد.

پس از اقدام قاطع فرماندار، یک قرارداد ۲ میلیون دلاری برای کارهای مربوط به عملیات تخریب منعقد شد و کارکنان پیمانکار تخریب در عرض ۲۴ ساعت پس از وقوع حادثه، در محل حاضر بودند [۲].

کالترانس از یک شرکت مشاور با تخصص در «خدمات اضطراری مهندسی سازه»، برای ارزیابی خسارت استفاده کرد. شرکت مشاور موظف شد میزان آسیب آتش به عناصر سازه‌ای را به دقت بررسی نماید و نتایج این بررسی را مستند کند. همچنین این شرکت باید نمونه‌گیری و آزمایش‌های لازم را نیز انجام می‌داد.

کمتر از یک هفته، شرکت مشاور گزارش دقیق آسیب‌های وارده را به کالترانس ارایه کرد. با استفاده از یک مشاور مورد اعتماد، کالترانس گزارش دقیق و باکیفیتی را در خصوص ریسک‌های مربوطه تدوین کرد.

در مدیریت پروژه، یک مدل سه قیدی وجود دارد که هر پروژه توسط قیود زمان، هزینه و کیفیت محدود می‌گردد و تقریباً در هر زمان مفروض تنها امکان کنترل دو مورد از این محدودیت‌ها وجود دارد. به منظور دریافت گزارش دقیق و باکیفیت از آسیب‌ها، کالترانس احتمالاً هزینه بار مالی اضافی ریسک بالا را به پیمانکار پرداخت کرده است تا از دریافت یک محصول باکیفیت بالا و در زمان کم اطمینان حاصل شود. کالترانس همچنین می‌توانست جرایم یا تشویق‌های مالی را در قرارداد در نظر بگیرد تا از تحویل به‌موقع توسط پیمانکار اطمینان پیدا کند. این گزارش حاوی نتایج حاصل از «مطالعات تصویربرداری سریع و آزمون‌های فشاری انجام شده بر روی نمونه‌های بتن حاصل از مغزه‌برداری» بود. با استفاده از تحلیل‌های شرکت مشاور، کالترانس تا دوشنبه بعد از اخذ گزارش، بخش‌های آسیب‌دیده از I-880 را تعمیر کرد و آن را بر روی ترافیک بازگشایی نمود.

با این حال، تلاش‌ها برای تعمیر و تعویض بخش آسیب‌دیده از بزرگراه I-580 گسترده‌تر بود. در طول کنفرانس تلفنی بلافاصله پس از حادثه، کالترانس توانست به طور مؤثر با ذینفعان ارتباط برقرار کند و یک طرح عملی را تنظیم نماید. در مرحله اول، کالترانس نیاز داشت کارکنانی را که باید بر روی این پروژه کار کنند، شناسایی نماید و آنها را مطلع سازد. سپس، کالترانس ترکیب موادی که باید در مرحله ساخت سازه از آنها استفاده شود را شناسایی نمود. با استفاده از نقشه‌های چون‌ساخت، کالترانس سازه‌های فولادی در رمپ و لوپ‌های I-580 را از نوع ASTM A7 شناسایی کرد. استاندارد ASTM A7 برای مشخصات سازه‌های فولادی بسیار قدیمی است و تا زمانی که ASTM A36 در سال ۱۹۶۰ جایگزین آن شد مورد استفاده قرار می‌گرفت. این سازه فولادی متشکل است از شاه‌تیرها و تیرچه‌های فولادی که بر روی آنها یک دال بتنی قرار گرفته است و این مجموعه نیز بر روی تیرهای سرستون قرار دارد. در سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۱، کالترانس این سازه را با توجه به استانداردهای لرزه‌ای و با اضافه کردن پوشش فولادی به دور ستون‌ها، مقاوم‌سازی نمود [۲].

با کمک تله‌کنفرانس و تصاویر ضبط‌شده از طریق وب‌کم، مهندسان و طراحان کالترانس به سرعت قادر به تعیین محصولات پیش‌ساخته مورد نیاز بودند. این امر به کالترانس اجازه می‌داد به اندازه کافی به تدارکات موردنیاز و حمل‌ونقل مواد و محصولات مورد نیاز برای ساخت‌وساز دسترسی داشته باشد [۲]. در نهایت، مهندسان تصمیم به تکرار و بهبود طرح اصلی با استفاده از ۱۲ شاه‌تیر و تیر سرستون $55\frac{1}{2}$ فوت گرفتند. تیر سرستون بر روی ستون‌های فلزی دوجداره موجود، قرار داده شد. طراحی تیر سرستون و بتن پیش‌ساخته شده، به پیمانکار واگذار شد.

با اجازه دادن به پیمانکار برای طراحی عناصر خاصی از پروژه، کالترانس به طور مؤثر برخی از ریسک‌های ذاتی طراحی و ساخت پروژه را به پیمانکار منتقل کرد. در حالی که در حالت عادی پیمانکار ریسک‌های بیشتری را برای طراحی در نظر می‌گیرد، با انتقال طراحی برخی از عناصر به پیمانکار، احتمال ریسک‌های موجود در طراحی را کاهش یافت. این امر می‌تواند به صورت قابل توجهی هزینه‌های پروژه را از طریق کاهش تعداد دعاوی مربوط به خطاهای طراحی، دستورات تغییر و دستور کارهای اضافی کاهش دهد [۳]. با استفاده از معیارهای مورد بحث در کادر ۱، کالترانس قرارداد را به سی‌سی‌مایرز واگذار کرد. سی‌سی‌مایرز در درجه اول به این دلیل انتخاب شد که

توانایی اجرای پروژه را از طریق تجارب قبلی خود ثابت کرده بود. این تجارب شامل ساخت‌وسازهای اضطراری در دیگر پل‌های ریزش کرده می‌باشد.

بزرگ‌ترین مانع برای پیمانکار، غلبه بر مشکلات تدارکاتی به نحوی بود که پیمانکار برای ساخت قطعات فولادی، مواد موردنیاز برای ساخت، رنگ و تحویل به موقع ۱۲ شاه‌تیر و سرستون را داشته باشد. باید توجه داشت که در دسترس بودن مواد و مصالح، طراحی پل را نیز تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۱ نمایش داده شده است، یک بند دویست هزار دلاری در هر روز برای تشویق یا تنبیه (حداکثر تا ۵ میلیون دلار) در قرارداد وجود داشت. این بند تشویق‌کننده یا بازدارنده، به پیمانکار انگیزه کار با بیشترین سرعت ممکن را می‌دهد. این بند نیز برای کالترانس این امکان را فراهم کرد که هزینه بار مالی اضافی ریسک را کنترل کند. در اصل، این بند نشان می‌دهد کالترانس حاضر به پرداخت ۵ میلیون دلار به پیمانکار برای جذب ریسک‌های اضافی در ارتباط با تسریع روش‌های ساخت‌وساز بود.

برای تمام مراحل پروژه، بازرسان تضمین کیفیت از کالترانس در سایت بودند و چگونگی انجام کار را بررسی می‌کردند. علاوه بر این بازرسان، کالترانس یک گروه از مهندسین را تشکیل داده بود که به طور تمام وقت کار می‌کردند و به صورت ۲۴ ساعته با ذینفعان در ارتباط بودند. به دلیل اینکه مقدار بسیار زیادی از کار وابسته به میزان سرعت و کارآمدی پیمانکار ساخت قطعات فولادی بود، پیمانکار تصمیم گرفت ۲۵ درصد از سود خود را با سازنده به اشتراک بگذارد. علاوه بر این، پیمانکار انگیزه مشابهی به کارکنان خود داد که در مقابل آنها به صورت تمام وقت کار کردند [۲].

۶- نتیجه‌گیری

انتقال ریسک یک راهبرد مؤثر برای کمک به سازمان‌های دولتی برای تخصیص مؤثر و مسؤولانه منابع خود است. هنگام انتقال ریسک از یک سازمان به دیگری، مهم است که سازمان‌ها به یکدیگر اعتماد داشته باشند و انتظارات و نقش‌ها به وضوح مشخص شده باشد. با محدود کردن مناقصه به «شرکت‌های با تجربه و اثبات‌شده»، کالترانس تنها قادر به انتخاب از بین شرکت‌های قابل اعتماد برای تکمیل کار بود. بند تشویق‌کننده/ بازدارنده مشخص شده در قرارداد، این امکان را به کالترانس داد که زمان پروژه را به ریسک پروژه مرتبط سازد. ریسک‌های ناشی از اصرار بر یک جدول زمانی کوتاه شامل خطاهای طراحی، دستورات تغییر، دستور کارهای اضافی، اضافه‌کاری و هزینه‌های حمل‌ونقل بالاتر در ارتباط با تسریع تهیه مواد موردنیاز از تأمین‌کنندگان بود. ریسک اجرای پروژه طبق یک جدول زمانی معمول، امکان جریمه مالی در صورت به تعویق افتادن پروژه بود. کالترانس از مشوق‌های مالی برای جذب پیمانکاری که به دنبال یک جدول زمانی پرریسک و سریع باشد، استفاده کرد. نتیجه آن شد که یک پروژه بزرگ ساخت‌وساز اضطراری تنها در ۲۶ روز تکمیل شد و هر دو سازمان سی‌سی‌مایرز و کالترانس از آن بهره بردند.

زمانی که این پروژه به پایان رسید و راهها بازگشایی شد، ۵ میلیون دلار پاداش به سی‌سی‌مایرز اهدا شد و زیان ۶ میلیون دلار در هر روز ایالت کالیفرنیا نیز برطرف گردید.

کادر ۱: گزیده‌ای از بهترین روش‌های ساخت‌وساز سریع

فصل ۲: تسریع ساخت‌وساز اضطراری

روش‌های متفاوت عقد قرارداد برای بازسازی در نظر گرفته شد: قرارداد بر مبنای پرداخت بر اساس فورس اکانت، بر اساس فورس اکانت با عوامل انگیزشی، قراردادهای مرسوم با لحاظ تشویق و قرارداد مرسوم با A+B . کالترانس ماتریس تصمیم‌گیری زیر را ارایه کرد:

- قرارداد بر مبنای پرداخت بر اساس فورس اکانت رد شد تا امکان رقابت بین پیمانکاران برای رسیدن به بهترین قیمت پیشنهادی ممکن و زودترین تاریخ اتمام فراهم شود؛
- مناقصه A+B: از آنجا که تخمین اجرای قرارداد کمتر از ۵۰ روز بود و با توجه به مدت زمان کوتاه پیمانکاران برای آماده‌سازی اسناد مناقصه که سبب محافظه‌کاری آنها در پیشنهاد تعداد روزهای مورد نیاز برای تکمیل کار می‌گشت و تکمیل پروژه سریع‌تر از آنچه لازم بود انجام نمی‌شد، این شیوه عقد قرارداد نیز رد شد.

درنهایت شیوه عقد قراردادی مبتنی بر اتمام زودهنگام با استفاده از عوامل انگیزشی انتخاب شد. این نوع از قرارداد این امکان را برای پیمانکار فراهم کرد که با سریع‌ترین و اقتصادی‌ترین شیوه ممکن کار کند. سه ضمیمه قراردادی تدوین‌شده در تاریخ‌های از پیش برنامه‌ریزی‌شده به شرح زیر تأیید شدند:

- جمعه ۴ ماه می؛
- شنبه ۵ ماه می، در ساعت ۹ بعدازظهر؛
- یکشنبه ۶ ماه می، در ساعت ۶ بعدازظهر؛

در ساعت ۱۰ صبح دوشنبه هفتم ماه می، کالترانس پیشنهاد جایگزینی پل I-580 را ارایه نمود. پیشنهاد برای این پروژه تنها از طریق دعوت‌نامه و به شکل مناقصه محدود بود. ۹ پیمانکار پل دارای تجربه کافی و اثبات‌شده که در آن منطقه فعالیت می‌کردند برای ارایه پیشنهاد دعوت شدند. در نهایت تنها هفت پیشنهاد ارایه شد، (یکی از پیمانکاران دعوت‌نامه را رد و دیگری قبل از بازدید از محل منصرف شد). یک جلسه اجباری قبل از ارایه پیشنهاد در محل کارگاه پروژه در بعدازظهر شنبه برگزار شد. در روز بعد کالترانس پاسخ فوری به پرسش‌های پیشنهاددهندگان داد. این پروژه با یک بند دویست هزار دلاری برای هر روز به عنوان عامل تشویق‌کننده و بازدارنده تا سقف حداکثر ۵ میلیون دلار ارایه شد. زمان اجرای قرارداد برای ۷۰ روز همراه با یک نقطه عطف داخلی ۵۰ روزه برای باز کردن پل به روی جریان ترافیک، تعیین شد. با ایجاد انگیزه پاداش تا سقف ۵ میلیون دلار (نزدیک به ۱۰۰٪ از برآورد هزینه اجرای پروژه) برای اتمام زودتر از موعد پروژه، مقامات ایالتی به وضوح نشان دادند که ارزش زیادی برای تکمیل سریع پروژه، قایل هستند. تاریخ نهایی تکمیل ساخت و بازگشایی شاهراه I-580 در قرارداد، ۲۹ ژوئن تعیین شد.

منبع: Brian A.Blanchard et al

مراجع

[1] Allensworth, W.R. “Risk Transfer in Construction Contracts: The Architects’ and Engineers’ Perspective”, Prepared for Partnering: Beyond the Basics Conference. Roller and Allensworth, L.L.P. San Antonio, TX, p. 1-3, March 28 & 29, 1996.

[2] BLANCHARD, B.A., BOHUSLAV, T., SCHNEIDER, C., ANDERSON, S., SCHEXNAYDER, C.J., DEWITT, S.D., RAYMOND, G., SHEFFIELD, R. “Scan 70-02 Best Practices in Accelerated Construction Techniques”, Requested by American Associations of State Highway and Transportation Officals. Arora and Associates, P.c. lawrenceville, NJ, p. 2-15, november 2009.

[3] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. “Design-Build Effectiveness Study – As Required by TEA-21 Section 1307(f) Final Report”, January 2006.

[4] SULLIVAN, K., KASHIWAGI, D., SULLIVAN M., KASHIWAGI, J. “Moving into the Future: the Minimization of Construction Risk by the Surveyor, Professional, and Client”, Prepared for the 9th International Surveyors’ Congress: Managing the Unexpected, Plenary Session 2, Crowne Plaza Mutiara hotel, Kuala lumpur, Malaysia, p. 4-6, June 28, 2007.

پیوست ت- جعبه‌ابزار مدیریت ریسک راه (نسخه Excel)

تهیه‌شده توسط: Shinjuro Komata، Nippon Koei co. ltd. (توکیو، ژاپن)

۱- چکیده

کمیته مدیریت ریسک برای راهها (PIARC TC 3.2) در طول دوره فعالیت ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ اولین نسخه جعبه‌ابزار فنی را توسعه داد که یک پایگاه داده‌ها (مبتنی بر نرم‌افزار Excel) از فناوری‌های مفید برای مدیریت ریسک در هر مرحله از مدیریت راه (به عنوان مثال مراحل برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت‌وساز، بهره‌برداری و بازسازی) می‌باشد و متشکل از فهرست‌های اطلاعاتی و ضمایم آنها است.

از فهرست‌های اطلاعاتی جهت معرفی فناوری مدیریت ریسک (که به طور عمده در ژاپن و نیوزیلند استفاده شده است) به کشورهای در حال توسعه استفاده شده است. همچنین فناوری‌ها یا ابزارهای مدیریت ریسک سایر کشورها نیز به این فهرست‌های اطلاعاتی اضافه خواهد شد. هدف از تشکیل این فهرست‌های اطلاعاتی، کمک به بودجه‌ریزی و مدیریت راهها می‌باشد. فهرست‌های اطلاعاتی قابلیت‌های کاربردی هر یک از فناوری‌ها یا ابزارهای مدیریت ریسک را ثبت می‌کنند. این فهرست‌ها به دو دسته مدیریت رویدادهای طبیعی و مدیریت رویدادهای انسانی تقسیم شده‌اند.

۲- پیشینه جعبه‌ابزار فنی برای مدیریت ریسک

ریسک‌های راه ناشی از خطرات طبیعی و عوامل انسانی در حال افزایش است. مدیران راه باید تعداد زیادی از موارد نیاز به شرح زیر را فراهم کنند:

- ارایه یک شبکه راه ایمن و کارآمد،
- فهرست کامل از تمام دارایی‌ها،
- داده‌های فعلی منعکس‌کننده شرایط دارایی‌ها،

- حفظ سرمایه‌گذاری قابل‌توجه در حمل‌ونقل،
- شناسایی دارایی‌های حیاتی و نقاط آسیب‌پذیر،
- حمایت از توسعه اقتصادی و مدیریت رشد ترافیک و به حداقل رساندن کاربری نامناسب زمین، اثرات اجتماعی و اقتصادی و زیست‌محیطی،
- ارزیابی بلندمدت جهت تعیین نیازهای آینده با توجه به شیوه تأمین مالی و بهره‌برداری از آنها.

با این حال، فناوری‌های سیستماتیک برای مدیریت ریسک به میزان کافی وجود ندارند؛ کی، کجا و چگونه حوادث آسیب‌رسان به راهها و ترافیک رخ می‌دهند و منبع ایجاد این حوادث چیست؟ درمان پیامدهای یک حادثه چه میزان هزینه خواهد داشت؟ در چنین شرایطی، TC 3.2 یک جعبه‌ابزار فنی را توسعه داده است: فناوری‌های مفید برای مدیریت ریسک در هر مرحله از چرخه حیات راه (برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت‌وساز، بهره‌برداری و بازسازی).

۳- جعبه‌ابزار فنی برای مدیریت ریسک چیست؟

جعبه‌ابزار فنی برای مدیریت ریسک یک پایگاه داده‌ها از خط‌مشی‌ها، روش‌ها و فناوری‌ها/ ابزارهای بهره‌برداری (تعمیر و نگهداری) است. این جعبه‌ابزار امکانات بازرسی را برای مدیریت راه فراهم می‌نماید و متشکل است از فهرست‌های اطلاعاتی آماده و ضمایم این فهرست‌ها. اهداف جعبه‌ابزار فنی برای مدیریت ریسک عبارتند از:

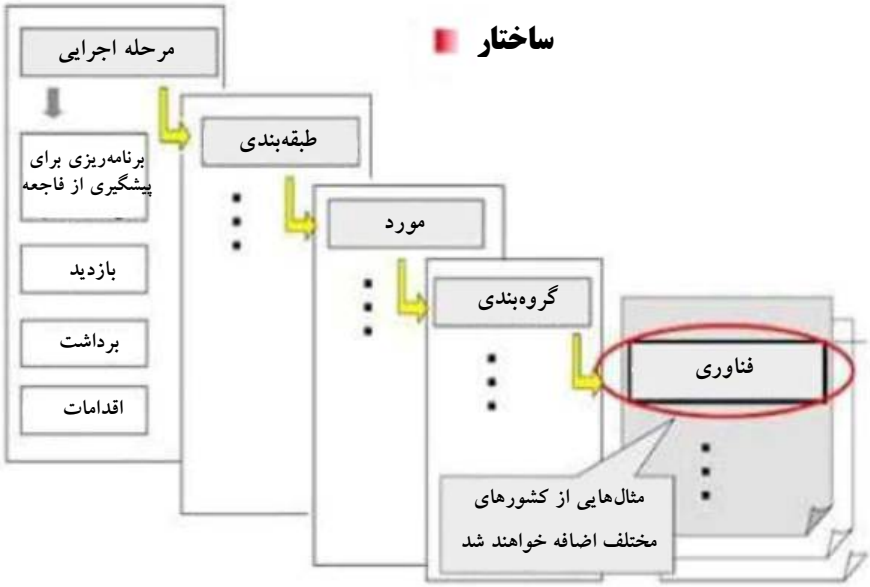
- معرفی روش‌های مدیریت سیستماتیک ریسک در بخش شبکه جاده‌ای؛
- انتشار فناوری مدیریت ریسک شبکه‌های جاده‌ای؛
- استفاده از فناوری به عنوان یک ویژگی مشترک توسط کشورهای شرکت‌کننده.

۴- فهرست‌های اطلاعاتی

فهرست‌های اطلاعاتی جهت معرفی فناوری مدیریت ریسک (که به‌طور عمده در ژاپن و نیوزیلند استفاده شده‌اند) به کشورهای در حال توسعه استفاده می‌شوند، همچنین فناوری‌ها یا ابزارهای مدیریت ریسک سایر کشورها نیز به این فهرست‌های اطلاعاتی اضافه خواهند شد. هدف از تشکیل این فهرست‌های اطلاعاتی کمک به بودجه‌ریزی و مدیریت راهها است.

فهرست‌های اطلاعاتی (به عنوان مثال، اثربخشی و هزینه)، استفاده از فناوری‌ها/ ابزار مدیریت ریسک و چشم‌انداز فناوری یا ابزار برای استفاده در آینده را ثبت می‌کنند. آنها به مدیریت رویدادهای طبیعی و مدیریت رویدادها با

عامل انسانی تقسیم شده‌اند. هر فهرست اطلاعاتی در لایه مربوط به خود ساخته شده است (شکل ۱). این لایه‌ها با توجه به فازهای اجرای مدیریت راه شامل برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت‌وساز، بهره‌برداری (نگهداری و مدیریت) و بازسازی تعیین می‌گردند. تمامی فهرست‌ها با توجه به فرایند مدیریت ریسک مربوطه (تحلیل ریسک، ارزیابی ریسک، بهبود ریسک، ارتباطات و مدیریت ریسک) دسته‌بندی شده‌اند.



شکل ۱- ساختار فهرست‌های اطلاعاتی

۵- استفاده از فهرست‌های اطلاعاتی

همان‌گونه که در شکل ۲ نمایش داده شده است، فهرست اطلاعاتی مناسب را می‌توان با توجه به موارد زیر انتخاب نمود:

- انتخاب شماره فهرست اطلاعاتی با توجه به مدیریت رویدادهای طبیعی یا رویدادهای ناشی از عوامل انسانی؛
- مراجعه به مرحله مورد نظر اجرای پروژه و فرایند مدیریت ریسک مربوطه؛
- یافتن فهرست اطلاعاتی مناسب.

مزایای استفاده از فهرست اطلاعاتی عبارتند از:

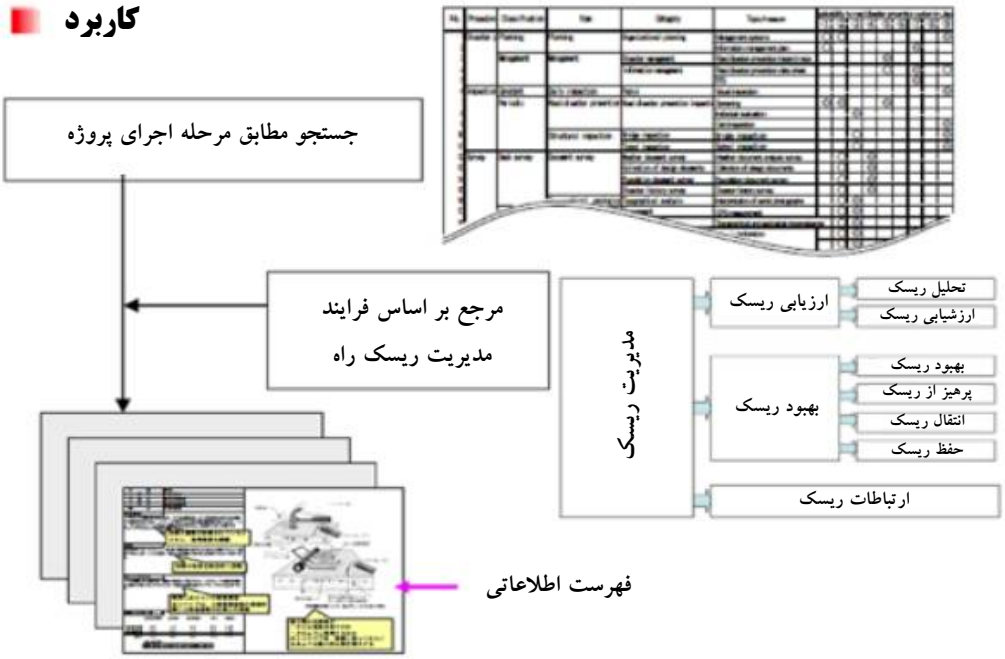
۱) ارایه دید کلی از فناوری/ ابزارها، سوابق، هزینه‌ها و ...،

۲) تصمیم‌گیری آسان‌تر برای به‌کارگیری بهترین فناوری/ ابزار در فرایند مدیریت ریسک با توجه به محتوای هر فهرست،

۳) بازبینی و توسعه آسان با توجه به گسترش دسترسی الکترونیکی،

۴) استفاده به عنوان یک ابزار مؤثر انتقال فناوری به کشورهای در حال توسعه،

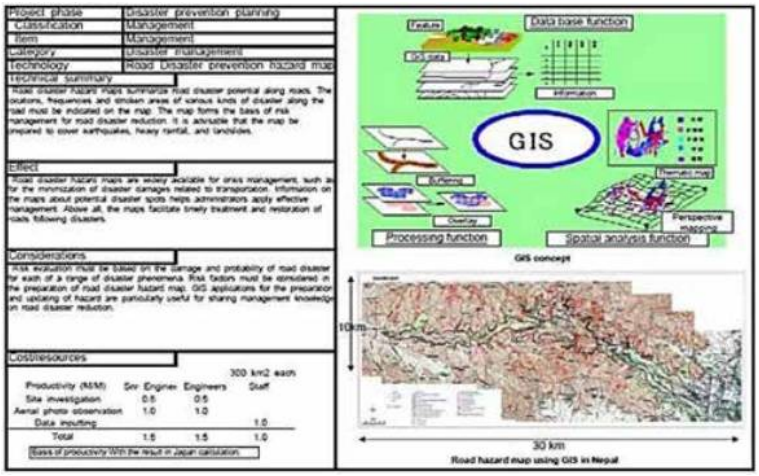
۵) ارتباط با ضمایم به‌عنوان مرجع.



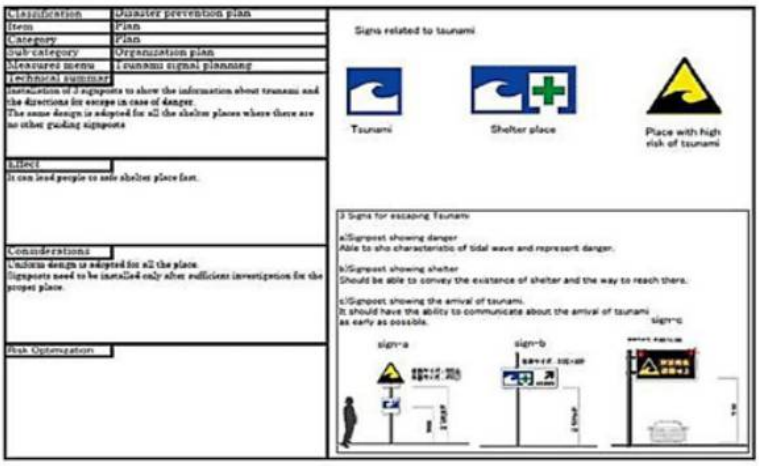
شکل ۲- کاربرد فهرست‌های اطلاعاتی

۶- فهرست‌های اطلاعاتی برای مدیریت رویدادهای طبیعی

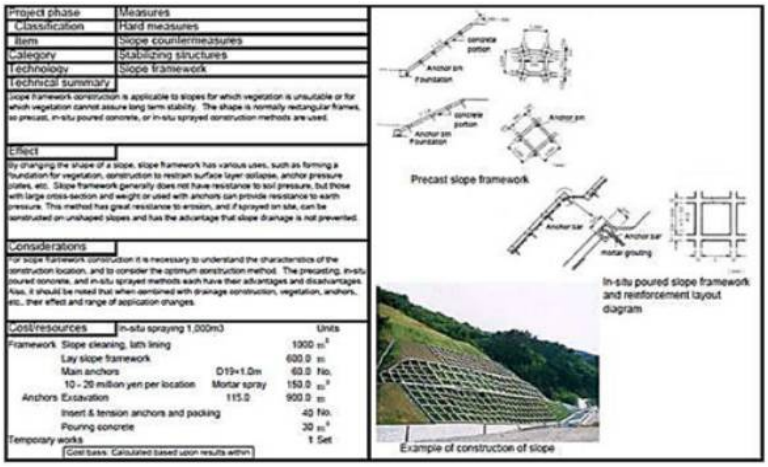
رخدادهای طبیعی که مستعد تبدیل شدن به حوادث جاده‌ای هستند عبارتند از: سیل، زلزله، رانش زمین، گردباد، امواج خروشان، سونامی، خسارت برف و غیره. در حال حاضر ۱۱۵ فهرست اطلاعاتی برای مدیریت رویدادهای طبیعی در دسترس هستند. نمونه‌هایی از فهرست‌های اطلاعاتی برای مدیریت رویدادهای طبیعی در شکل‌های ۳ تا ۸ نشان داده شده‌اند.



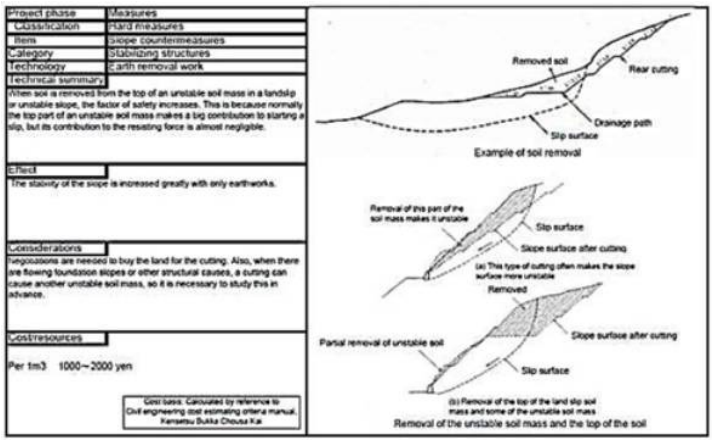
شکل ۳- نمونه‌ای از فهرست‌های اطلاعاتی (نقشه ریسک پیشگیری از حوادث جاده‌ای با استفاده از GIS)



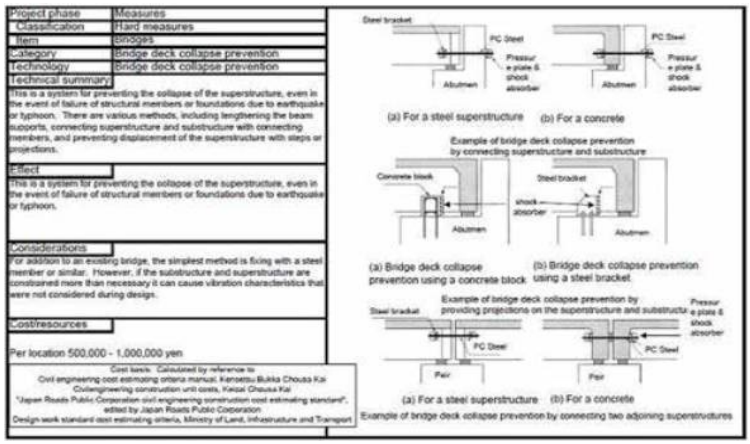
شکل ۴- نمونه‌ای از فهرست‌های اطلاعاتی (برنامه هشدار سونامی)



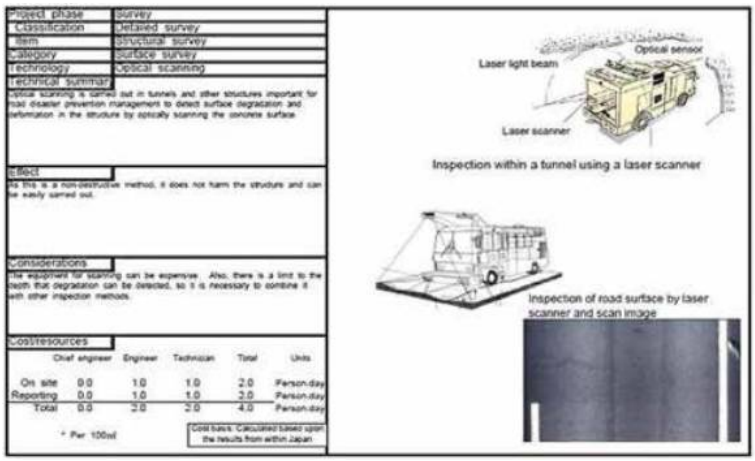
شکل ۵- نمونه‌ای از فهرست‌های اطلاعاتی (تثبیت شیب)



شکل ۶- نمونه‌ای از فهرست‌های اطلاعاتی (عملیات برداشت خاک)



شکل ۷- نمونه‌ای از فهرست‌های اطلاعاتی (جلوگیری از فروپاشی عرشه پل)

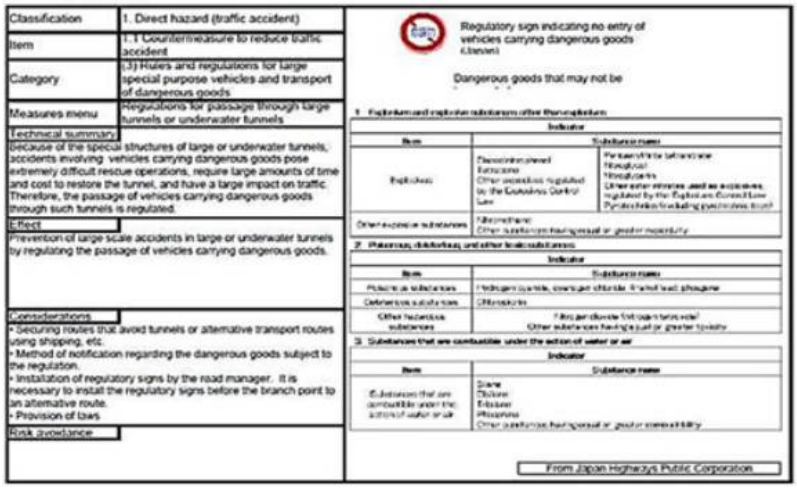


شکل ۸- نمونه‌ای از فهرست‌های اطلاعاتی (بازرسی تونل با استفاده از یک اسکنر لیزری)

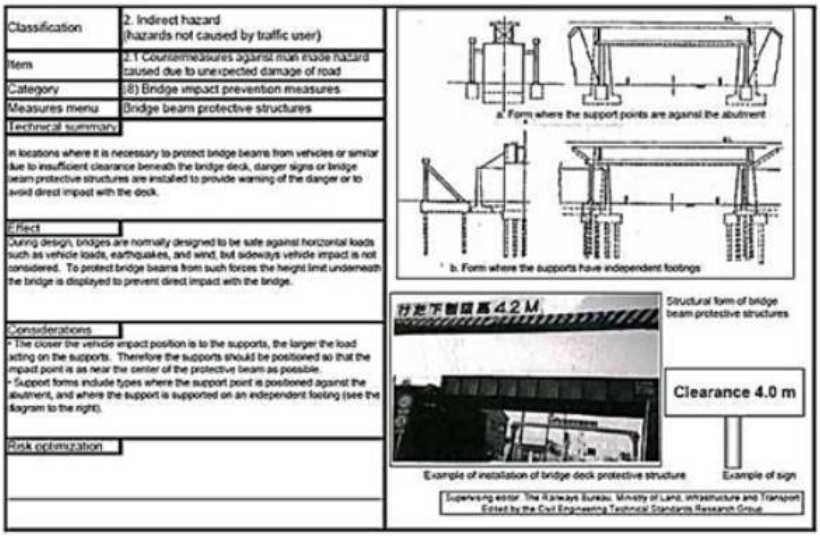
۷- فهرست‌های اطلاعاتی برای مدیریت رویدادهای ناشی از عوامل انسانی

حوادث ناشی از عوامل انسانی، مستعد تبدیل شدن به فاجعه‌های جاده‌ای در دو دسته رویدادهای مستقیم (تصادفات، حمل‌ونقل کالاهای خطرناک، اضافه‌بار وسایل نقلیه و آتش‌سوزی در تونل) و رویدادهای غیرمستقیم (حوادث در نزدیکی راهها که کاربران راه باعث ایجاد آن نشده‌اند، مانند آتش‌سوزی، اثر انفجار هسته‌ای، انفجار در کارخانه‌ها، تروریسم و جنگ) طبقه‌بندی شده‌اند. در حال حاضر ۱۱ فهرست اطلاعاتی برای مدیریت رویدادهای ناشی از عوامل انسانی در دسترس هستند.

نمونه‌هایی از فهرست‌های اطلاعاتی برای مدیریت رویدادهای ناشی از عوامل انسانی در شکل‌های ۹ و ۱۰، نمایش داده شده است.



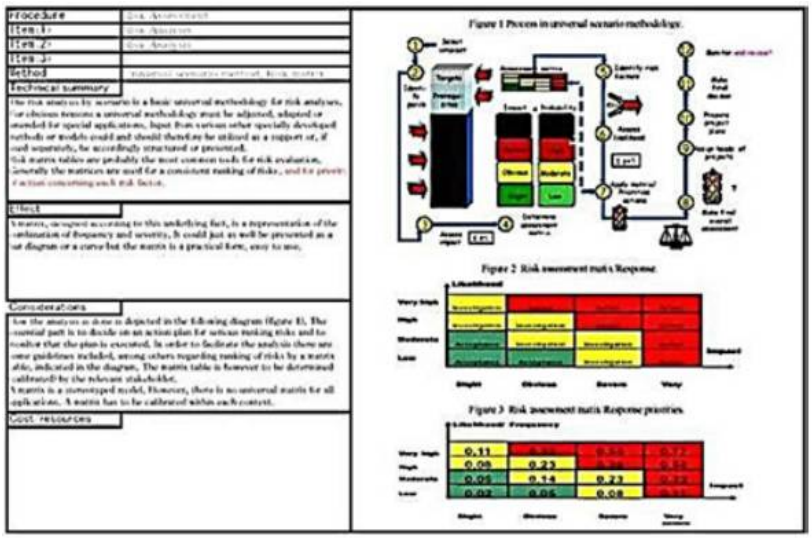
شکل ۹- نمونه‌ای از فهرست اطلاعاتی (مقررات عبور از تونل‌های بزرگ)



شکل ۱۰- نمونه‌ای از فهرست اطلاعاتی (ساختار حفاظتی تیرهای پل)

۸- توسعه آینده جعبه‌ابزار فنی برای مدیریت ریسک

کمیته فنی مدیریت ریسک (PIARC TC3.2) در نظر دارد مثال‌هایی از کشورهای مختلف را به جعبه‌ابزار فنی برای مدیریت ریسک اضافه کند تا بدین وسیله فهرست‌های اطلاعاتی گسترش یابند. ارزیابی ریسک‌ها توسط استفاده از روش عمومی به‌کارگیری ماتریس ریسک (شکل ۱۱) یکی از این مثال‌های جدید می‌باشد. به‌منظور نشر فناوری، جعبه‌ابزار فنی برای مدیریت ریسک از طریق یک کتاب الکترونیکی یا از طریق وب‌سایت پیارک، منتشر خواهد شد.



شکل ۱۱- نمونه‌ای از فهرست اطلاعاتی (روش سناریو عمومی و ماتریس ریسک)

RISKS ASSOCIATED WITH NATURAL DISASTERS,CLIMATE CHANGE, MAN-MADE DISASTERS AND SECURITY THREATS