

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ РАСЧЕТА УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ГИС

Проводится анализ актуальности защиты среды обитания человека от различных видов загрязнения, приводится перечень основных причин ухудшения состояния окружающей среды, в качестве инструмента для разработки прогнозов и сценариев отклика системы на природные явления и управленческие решения рассматривается моделирование в эколого-экономическом мониторинге, геоинформационные технологии, представляющие собой эффективный инструмент эколого-экономического и географического анализа информации, вопросы анализа и оценки экономического ущерба от вредного воздействия на окружающую среду отходов производства, предлагается модуль расчета ущерба от загрязнения водного объекта автоматизированной информационной системы, позволяющий рассчитать экономический ущерб от загрязнения водного объекта и оценить экономический эффект от проведения природоохранных мероприятий по охране окружающей среды.

Ключевые слова: *окружающая природная среда, эколого-экономический мониторинг, антропогенные воздействия, техногенные аварии, выбросы загрязняющих веществ, информационный портрет обстановки, моделирование в эколого-экономическом мониторинге, географические информационные системы, экономический ущерб.*

Введение: Рост промышленного производства, пренебрежение мерами защиты окружающей среды, вредные выбросы, недостаточный уровень их очистки привели к тому, что важнейшей проблемой современности является защита среды обитания человека от различных видов загрязнения.

Основными причинами ухудшения состояния окружающей среды, нарушения функциональной целостности экосистем, истощения природных ресурсов являются антропогенные воздействия на окружающую природную среду (ОПС).

Таким образом, процессы загрязнения окружающей природной среды, обусловленные антропогенными причинами, необходимо рассматривать с позиций геосистемного подхода на фоне природных миграционных циклов и естественных процессов [4].

Антропогенные воздействия обусловлены различными факторами, среди которых следует выделить:

- поступление загрязняющих веществ в ОПС;
- изъятие природных ресурсов;
- разрушение естественно сложившихся природных структур.

Источниками поступления загрязняющих веществ в ОПС являются [1]:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу промышленными, энергетическими, транспортными и другими объектами;

- сбросы сточных вод в водные объекты;
- поверхностные смывы загрязняющих и биогенных веществ в поверхностные воды суши и моря;

- внесение на земную поверхность и/или в почвенный слой загрязняющих и биогенных веществ вместе с удобрениями и ядохимикатами при сельскохозяйственной деятельности;

- места захоронения и складирования промышленных и коммунальных отходов;

- техногенные аварии, приводящие к выбросу в атмосферу опасных веществ и/или разливу жидких загрязняющих и опасных веществ;

- поступление загрязняющих веществ в геологическую среду через скважины и спуры (эксплуатационные, разведочные и наблюдательные).

Обеспечение экологической безопасности путем нормирования антропогенных нагрузок на ОПС приводит к необходимости реализации мониторинга окружающей среды.

Основная часть: Эколого-экономический мониторинг окружающей среды – это система выполняемых по научно обоснованным программам наблюдений, прогнозов, оценок и разрабатываемых на их основе рекомендаций и вариантов управленческих решений, необходимых и достаточных для обеспечения управления состоянием и безопасностью управляемой системы.

Нацеленность мониторинга на обеспечение системы управления рекомендациями и вариантами управленческих решений предопределяет включение в его структуру:

- подсистемы сбора исходной информации о состоянии системы,

- подсистемы анализа причин ее изменчивости,

- подсистемы анализа проектов и программ, корректирующих состояние системы.

Мониторинг предусматривает следующие процедуры [1]:

- выделение объекта наблюдения;
- обследование выделенного объекта наблюдения;
- составление информационной модели для объекта наблюдения;
- планирование измерений; проведение измерений;
- управление данными измерений;
- оценка состояния объекта наблюдения и идентификация его информационной модели;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;
- предоставление информации в удобной для использования форме и доведение ее до потребителя.

Эколого-экономический мониторинг окружающей среды предполагает, что в качестве управляемой системы выбрана окружающая среда, находящаяся под интенсивным антропогенным воздействием, характеризуемым как факторами воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу, так и экономическими параметрами.

Включение экономических параметров направлено в первую очередь на то, чтобы оценить способность социально-экономической системы реагировать на угрозы устойчивому развитию и экологической безопасности.

Объектами мониторинга являются абиотические объекты окружающей природной среды, источники антропогенного воздействия, природные ресурсы, факторы воздействия среды обитания, биота, экосистемы и геосистемы, отклики экосистемы и здоровья населения на изменение состояния окружающей природной среды, отклик социальной системы на состояние окружающей природной среды, включая локальные и глобальные масштабы.

Объектом исследования могут быть выбраны эмиссии в окружающую природную среду, создаваемые источниками химического и физического загрязнения. В этом случае говорят о мониторинге эмиссий.

Объектом исследования могут быть воздействия источников на объекты окружающей природной среды и вызванные таким воздействием изменения. В этом случае говорят об импактном мониторинге.

Кроме того, выделяют мониторинг природных сред и экосистем, где состояние системы не связывают с конкретным измеренным источником эмиссий или видом деятельности.

На этом этапе определяют пространственно-временные границы исследуемого объекта и степень его детализации.

В соответствии с выбранным объектом и его структурой проводят однократное обследование для выявления значимых элементов пространственной структуры, факторов воздействия и зон вероятного возникновения «слабого звена» в исследуемом объекте.

В соответствии с целями и задачами мониторинга, имеющими адресный характер, а также на основе обследования создается информационная модель объекта наблюдения, которая позволит

оценить по выбранным показателям состояние системы, ее функциональную целостность объекта, выявить причины изменений и оценить их последствия.

Планируемые измерения должны обеспечить достаточность информации для подготовки прогноза и вариантов управленческих решений.

Обработанные данные направляются в базу данных или в геоинформационную систему.

Результаты наблюдений сопоставляются с разработанной моделью и, на основе сопоставления, происходит уточнение модели.

Успешное развитие модели является основой для разработки прогноза изменения объекта.

Адресный характер информации предполагает ориентацию на конкретного потребителя, что предопределяет как содержание, так и форму предоставления информации. В частности, предоставление информации специалисту предполагает в первую очередь полноту исходных данных, удобство последующей обработки. Предоставление данных руководителю должно основываться на максимальном обобщении и на удобстве визуального восприятия.

Целью мониторинга в общем случае является обеспечение управления своевременной и достоверной информацией [4].

Задачами мониторинга по обеспечению управленческой деятельности являются:

- оценка показателей состояния и функциональной целостности экосистем и среды обитания человека;

- выявление причин и последствий таких изменений;

- определение корректирующих мер в случае недостижения целевых показателей;

- создание предпосылки проведения превентивных мероприятий до того, как будет нанесен ущерб.

Задачами мониторинга по направлениям деятельности являются:

- наблюдение за источниками;

- наблюдение за факторами антропогенного воздействия;

- наблюдения за состоянием окружающей природной среды и происходящими в ней под действием антропогенных факторов изменениями и процессами;

- оценка прогнозируемого состояния.

Информационный портрет обстановки представляет собой совокупность графически представленных пространственно распределенных данных, привязанных к карте местности и характеризующих обстановку на некоторой территории.

Локальному уровню, соответствует наличие в портрете всех источников эмиссий. Представление на региональном уровне требует проведения обобщения информации, выполняемого по специальным процедурам, взаимосвязанным с целями и задачами мониторинга.

Обычно уточнение модели имеет четырехступенчатый характер.

На первой ступени, на основе анализа наблюдений, угадываются общие закономерности.

На втором этапе переходят от математической модели к следствиям для реального мира.

Третий этап – это сравнение результатов моделирования с существующими наблюдениями.

Четвертый этап – это уточнение модели.

Далее процедура может повториться вплоть до достижения необходимой точности.

Организация и развитие системы эколого-экономического мониторинга окружающей среды осуществляется на основе следующих принципов:

Принцип соответствия работ по объему, содержанию и качеству установленной цели. Содержание работ, проводимых в рамках мониторинга, и требования к ним определяются конкретной задачей, в интересах которой проводится мониторинг, и обеспечивают получение информации о состоянии системы по объему, содержанию и качеству достаточной для полного решения задачи.

Принцип соответствия работ запросам конкретного пользователя. Мониторинг имеет адресный характер, т. е. ориентирован на использование полученной информации определенными потребителями или группами потребителей. В тех случаях, когда наблюдения за состоянием системы проводятся с целью накопления данных, прогнозируется использование этих данных и, исходя из прогноза, определяются требования к содержанию и режимам наблюдений, а также к режиму и формам хранения данных.

Принцип объединения регламентной и чрезвычайной информации. Мониторинг окружающей среды предусматривает получение информации о состоянии ОПС как в повседневных условиях, так и в условиях чрезвычайных ситуаций (аварий) с неблагоприятными или катастрофическими экологическими последствиями. При этом оперативность получения информации, ее обобщения и представления потребителю должна отвечать требованиям указанных условий.

Принцип объединения стандартных работ и работ, выполняемых по специальной программе. Работы подразделяются на стандартные, выполняемые в течение длительного времени и предусматривающие широкое и повсеместное использование получаемой информации, и нестандартные, выполняемые при реализации разовых специальных проектов.

Стандартные работы основываются на применении типовых методик, программ наблюдений за состоянием ОПС, программно-математических и аппаратурно-технических средств и других видов обеспечения мониторинга окружающей среды.

Применение типовых решений обеспечивает единство требований к содержанию и качеству получаемой информации вне зависимости от места и времени ее получения. Нестандартные работы проводятся при разовых обследованиях состояния ОПС, уточнении перечней, подлежащих контролю

загрязняющих веществ, проведении научно-исследовательских и экспериментальных работ в области охраны ОПС и пр.

Принцип комплексности различных уровней мониторинга. Мониторинг окружающей среды имеет комплексный характер. Объединение элементов и подсистем осуществляется на двух уровнях [2]:

уровне разработки и реализации программ наблюдений, оценки и прогноза состояния ОПС,

уровне организации и выполнения отдельных видов работ (например, аналитические работы, пробоотбор, разработка моделей загрязнения ОПС, разработка нормативов воздействий на ОПС и пр.).

Принцип динамичности. Мониторинг окружающей среды имеет динамичный характер, что предусматривает вовлечение в сферу наблюдений новых видов и типов загрязнений ОПС и воздействий на нее, расширение круга задач, решаемых при оценке и прогнозе состояния ОПС, расширение географии мониторинга окружающей среды за счет вовлечения в его сферу новых территорий и источников загрязнения ОПС.

Принцип научности. Мониторинг окружающей среды предусматривает выполнение работ и научных исследований, направленных на развитие и совершенствование мониторинга окружающей среды и всех видов его обеспечения (организационного, методологического, метрологического, нормативно-методического, правового, программно-математического, аппаратурно-технического и пр.).

Принцип соответствия международным и украинским схемам, структурам и методам. Организация мониторинга окружающей среды и его функционирование ориентированы на принятые в Украине и в международном сообществе схемы и структуры управления обществом состоянием ОПС и экологической безопасностью и должна отвечать иерархии этих схем и структур.

Моделирование в эколого-экономическом мониторинге играет важную роль как для анализа состояния систем, так и для оценки происходящих в них процессов. Это инструмент для разработки прогнозов и многовариантных сценариев отклика системы на природные явления и управленческие решения.

Важным достоинством моделей является возможность представить с их помощью пространственные характеристики системы, что чаще всего невозможно сделать на основе точечных наблюдений.

Главное требование к моделям – это адекватность описания происходящих в эколого-экономических системах процессов. При этом практическая полезность моделей зависит от того насколько ясными и понятными являются результаты моделирования для лиц, принимающих решения.

Моделирование – это воспроизведение на специальных моделях различных объектов и свойственных им процессов и явлений с целью получения о них новой информации, используемой при решении научных и прикладных задач.

Моделирование подразделяется на [1]:

аналоговое, при котором изучение процесса заменяют изучением другого процесса, воспроизводимого в лабораторных условиях более просто и наглядно;

физическое, при котором сохраняется физическое подобие процессов, но в определенном масштабе изменяются геометрические размеры объекта;

натурное, когда при сравнении объектов используются критерии подобия; знаковое, в ходе которого вопросы решаются с помощью аналитических расчётов;

численное, при котором исследование дифференциальных уравнений процесса осуществляется на ЭВМ (моделирование аналогового и численное считаются разновидностями моделирования математического).

По способу построения и методам решения поставленных задач существующие модели разделяются на:

- статические;
- аналитические;
- имитационные.

Важнейшей задачей единого экологического мониторинга является не только получение информации, но и ее рациональное хранение, обработка и представление. Поэтому одной из важнейших проблем при создании систем экологического мониторинга становится разработка мощной, эффективной, многоцелевой и многоаспектной информационной автоматизированной системы, источниками информации для которой становится:

картографические, в том числе данные о географическом положении регионов, функциональном использовании территорий;

информации о структуре энергопроизводства и энергопотребления регионов, источниках антропогенного загрязнения среды;

данные, поступающие со стационарных постов экологического контроля, гидрометеорологических изменений;

результаты пробоотборного анализа среды, аэрокосмического зондирования, медико-биологических и социальных исследований и др.

Назначением такой системы является не только накопление и визуализация данных мониторинга, но создание единого информационного пространства и предоставление широких возможностей системного анализа информации для эффективного управления качеством окружающей среды и обеспечения безопасности жизнедеятельности населения.

Геоинформационные технологии представляют эффективный инструмент географического анализа информации. Однако они сами по себе не являются основанием для выработки оперативных управленческих решений и формирования экологической политики.

Для проведения аналитического анализа на основе информации, хранящейся в ГИС, нужны специализированные программные продукты. В наиболее мощных геоинформационных системах,

таких как ARC/INFO, MGE подобные модули (Image Analyst, Grid и т.п.) включаются непосредственно в состав системы.

Однако работа с информацией о состоянии окружающей природной среды в таких программных модулях существенно отличается от процедур географического анализа (имитационное моделирование развития текущей обстановки, оценка экологических рисков).

Поэтому при организации и функционировании эко-информационной системы выделяют три уровня, различных по методам сбора, хранения обработки и анализа имеющейся экологической информации.

Нижний уровень представляют модули обработки первичной экологической информации, средний – программное обеспечение, позволяющее провести системный (в том числе и географический) анализ информации о состоянии окружающей среды, а верхний уровень – программные модули для поддержки принятия управленческих решений.

На нижнем уровне эко-информационной системы для обработки результатов экологического мониторинга, с данными о состоянии природных ресурсов, могут использоваться различные программные продукты - электронные таблицы, специализированные пакеты прикладных программ.

Это обусловлено громадным числом разноплановых задач обработки информационных потоков, полученных с помощью локальных и дистанционных методов и огромного числа данных на бумажных носителях. Первичной, необработанной экологической информации накоплено в настоящее время очень много, и объемы такой информации продолжают быстро увеличиваться.

Однако лишь малая ее часть представляет интерес для обработки и последующего анализа, а также для использования в моделировании при организации поддержки управленческих решений.

Технические средства для создания и ведения баз данных намного обогнали средства их анализа с целью выработки управляющих решений и не только в области экологии. Вследствие этого создание новых подходов к проблеме сбора, хранения и обработки информации об окружающей среде и, прежде всего, “интеллектуализация” путем внедрения автоматизированных компьютерных технологий, достаточно актуально.

На среднем уровне экологической информационной системы для географического анализа информации о состоянии окружающей среды используются географические информационные системы (ГИС).

Подобные системы, обеспечивая обработку, анализ и визуализацию пространственно - распределенной информации (природно - ресурсной, экологической, правовой и социально-экономической, статистической и др.) о территории, позволяют:

обеспечить пользование электронными картографическими фондами региона,

систематизировать и усовершенствовать учет и оценку природных ресурсов,

организацию комплексного экологического мониторинга,

выдачу необходимой информации для управления всем природным комплексом, реализуя опыт, накопленный специалистами в этих областях.

Верхний уровень представляют программные продукты, способные моделировать развитие экологической обстановки, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций природного характера и авариях, связанных с загрязнением окружающей среды, и различные экспертные системы по комплексным вопросам реализуемых экологических программ.

Они должны реализоваться в виде автономных пакетов прикладных программ. Такое разбиение экоинформационной системы обеспечивает достаточно гибкую реализацию “конвейера” для обработки информации, когда результаты обработки информации пакетов низшего уровня служат входными данными для более высокого уровня.

Таким образом, загрязнение окружающей среды приводит к возникновению таких видов затрат, как:

затрат на предупреждение загрязнения окружающей среды

затрат на ликвидацию последствий загрязнения.

Затраты на предотвращение загрязнения осуществляются непосредственно в источнике загрязнения с целью уменьшения вредных выбросов. Это может быть строительство очистных сооружений, внедрение экологически чистых технологий, предварительная обработка топлива (например, удаление серы) и т.д. Эти расходы уменьшают возможные будущие экономические убытки на ликвидацию последствий загрязнения среды.

Как известно, расходы на компенсацию убытков вместе с собственно убытками и составляют экономические убытки. Эти две формы убытков выступают в отношении друг друга как своеобразная альтернатива.

Экономический ущерб – это величина комплексная, которую чаще всего их выражают суммой основных локальных ущербов от ухудшения здоровья населения, ущербов в коммунальном, сельскому и лесному хозяйству, предприятиям промышленности [2].

Сущность убытков от ухудшения здоровья населения заключается в недопроизводстве национального продукта из-за потерь рабочего времени, дополнительных расходах на медицинское обслуживание работников, на выплату по нетрудоспособности, на пенсии и т.п. У

бытки в коммунальном хозяйстве можно рассматривать как дополнительные расходы на уборку помещений и т.п. Убытки в сельском хозяйстве оговариваются снижением плодородности посевных площадей на загрязненных участках. В загрязненных районах растет заболеваемость крупного рогатого скота, здесь она значительно выше, чем в экологически чистых районах [3].

Как показывает анализ программных продуктов для систем эколого-экономического мониторинга,

как правило, разработчиками таких продуктов являются зарубежные производители, что вызывает определенные трудности при разворачивании приложений для украинских структур ввиду разницы в методологии расчетов, реализованных в логике программного продукта.

Для устранения этих недостатков был разработан модуль “Расчет экономического ущерба” автоматизированной эколого-информационной системы. Предложенная система представляет собой базу данных, которая расположена на OLEDB сервере с интерфейсом, разработанным с помощью интерактивной среды Visual Studio с использованием языка программирования C#.

Возможны следующие варианты использования модуля “Расчет экономического ущерба” автоматизированной информационной системы [5]:

краткое описание – позволяет пользователям системы осуществлять расчет экономического ущерба от загрязнения водного объекта;

основной поток событий – данный вариант использования начинает выполняться, когда пользователь совершил попытку загрузки системы для выполнения операций. Пользователь имеет возможность рассчитать экономический ущерб от загрязнения водного объекта;

альтернативный поток – пользователь попытается рассчитать экономический ущерб без ранее введенных в систему показателей загрязнения, то система выдаст сообщение об отсутствии данных, на основе которых производится расчет;

предпосылка – выполнение операции осуществляется только после входа в систему и наличия данных по показателям загрязнения;

постусловия – если вариант использования закончится удачно, то пользователь системы получит рассчитанный экономический ущерб от загрязнения водного объекта [3].

Выводы: Разработанный модуль «Расчет экономического ущерба» автоматизированной информационной системы позволяет достаточно быстро и эффективно рассчитать экономический ущерб от от загрязнения водного объекта и оценить экономический эффект от проведения природоохранных мероприятий по охране окружающей среды.

Список литературы

1. Донской Н.П. *Основы экологии и экономика природопользования.* / Н.П. Донской, С.А. Донская/ М: «Технопринт». 2000. – 308 с.
2. Орехов В.М. *Методичні рекомендації до практичних занять з навчальної дисципліни «Промислова екологія, технологія основних виробництв та природоохоронних технологій».* – Харків: Вид. ХНЕУ, 2008. – 64 с
3. Павленко Л.А. *«Геоінформаційні системи» для студентів напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки»: навч. посібн.* / укл. Павленко Л.А.. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2013. – 320 с.
4. Пономаренко В. С. *«Методи та системи підтримки прийняття рішень в управлінні еколого-*

економічними процесами підприємств» для студентів спеціальності 8.05010105 «Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг»: навч. посібн. / укл. В. С. Пономаренко, Л. А. Павленко, О. М. Беседовський, А. А. Гаврилова. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2012. – 272 с.

5. Лекции учебного курса «Эколого-экономический мониторинг окружающей среды» [Электронный ресурс]. Режим доступа к ресурсу: <http://do.gendocs.ru/docs/index-591.html>

Рецензент: к.т.н., с.н.с., зав. лаб. засобів і методів моніторингу та контролю НПС УНДІЕП, Харків.
E-mail – vari@niiep.kharkov.ua

Автори:

БАДАЛОВ Владислав Артурович

Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, Харьков, Харьков, студент.

Тел. – 093-46-95-615, E-mail – meqalary@mail.ru.

СКОРИН Юрий Иванович

Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, Харьков, Харьков, кандидат технических наук, доцент.

Тел. – 066-74-84-751, E-mail – mr.oberst@ukr.net.

ЩЕРБАКОВ Александр Всеволодович

Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, Харьков, Харьков, кандидат технических наук, доцент.

Тел. – 050-63-62-009, E-mail – alexsherbakov@yandex.ru.

РОЗРОБЛЕННЯ МОДУЛЯ РОЗРАХУНКУ ЗБИТКІВ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО ОБ'ЄКТА ДЛЯ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ГІС

Бадалов В.А., Скорин Ю.І., Щербаков О.В.

Проводиться аналіз актуальності захисту середовища існування людини від різних видів забруднення, наводиться перелік основних причин погіршення стану навколишнього середовища, а також джерел надходження забруднюючих речовин, в якості інструменту для розробки прогнозів і сценаріїв відгуку системи на природні явища й управлінські рішення розглядається моделювання в еколого-економічному моніторингу, розглядаються геоінформаційні технології, в якості ефективного інструменту еколого-економічного та географічного аналізу інформації, питання аналізу та оцінки економічних збитків від шкідливого впливу на навколишнє середовище відходів виробництва, пропонується модуль розрахунку збитків від забруднення водного об'єкту автоматизованої інформаційної системи, що дозволяє розрахувати економічний збиток від забруднення водного об'єкту і оцінити економічний ефект від проведення природоохоронних заходів з охорони навколишнього середовища.

Ключові слова: навколишнє природне середовище, еколого-економічний моніторинг, антропогенні дії, техногенні аварії, викиди забруднюючих речовин, інформаційний портрет обстановки, моделювання в еколого-економічному моніторингу, географічні інформаційні системи, економічний збиток.

DEVELOPMENT OF THE MODULE FOR CALCULATING DAMAGE FROM POLLUTION WATER OBJECT FOR PROCESSING SYSTEM OF ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC INFORMATION WITH THE USE OF GIS

V. Badalov, Y. Skorin, A. Shcherbakov

The analysis of the relevance of protection human environment from various types of pollution, is a list of the major causes of environmental deterioration, as well as sources of pollutants, in order to ensure environmental safety, justified the need for the implementation of the environmental monitoring, and as a tool for the development of forecasts and scenarios of the system response to the natural events and management solutions considered in the modeling of ecological-economic monitoring, considered GIS technology as an effective tool of environmental-economic and geographic information analysis, issues analysis and evaluation of the economic damage from the harmful effects on the environment waste production, it is proposed that the module for calculating damage from pollution water object an automated information system, that allows you to calculate the economic damage from pollution water object and to assess the economic impact of the environmental activities on the protection of the environment.

Keywords: natural environment, environmental-economic monitoring, human impacts, technological accidents, emissions of pollutants, the information environment portrait, modeling ecological and economic monitoring, geographic information systems, economic damage.