

**Оценка рисков на основе
геопространственной инфор-
мации с применением
ансамблевого подхода к
анализу
и технологий слияния
разнородных данных**

**Н.Н. Куссуль, Я.И. Зелык,
С.В. Скаун, А.Ю. Шелестов**
Институт космических
исследований НАН Украины и
НКА Украины

Существующие подходы к оценке рисков стихийных бедствий на основе геопространственной информации



В самых различных предметных областях (экономике, здравоохранении, финансовой сфере) общее понятие риска определяется примерно одинаково. Под риском R понимают функцию двух переменных: вероятности наступления неблагоприятного события p и наносимого этим событием ущерба l

$$R = f(p, l). \quad (1)$$

Имеются различные метрики для определения рисков отдельного индивидуума, а также социальных, экономических и других рисков, связанных со стихийными бедствиями. При этом риск описывается в виде функции вероятности нанесенного ущерба. Например, простой мерой социального риска считается ожидаемое число жертв за год, вычисляемое по формуле

$$E(N) = \int_0^{\infty} x f_N(x) dx, \quad (2)$$

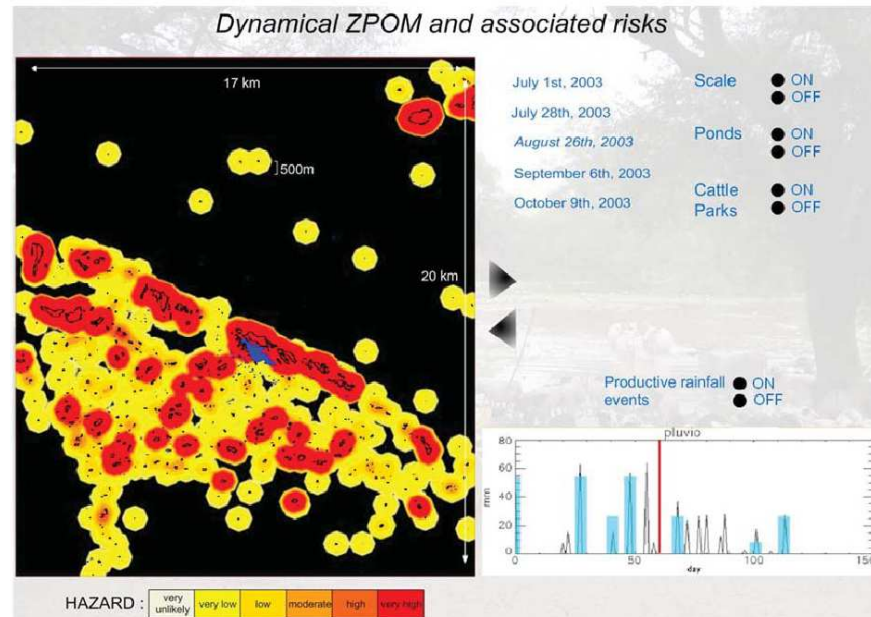
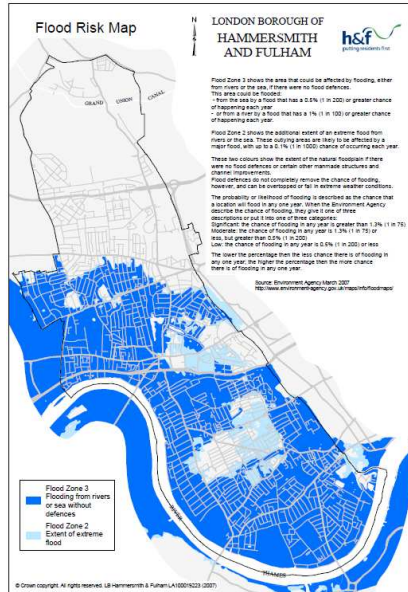
где $f_N(x)$ — функция плотности вероятности числа жертв x за год.

Другим примером функции риска является функция совокупного взвешенного риска (AWR — Aggregated weighted risk), определяемая соотношением

$$AWR = \iint_A IR(x, y) h(x, y) dx dy, \quad (3)$$

где $IR(x, y)$ — это риск стихийного бедствия (так называемый, индивидуальный риск) в позиции с координатами (x, y) , $h(x, y)$ — число домов в позиции (x, y) , A — область, для которой определяется совокупный риск AWR.

Проблема создания операционных сервисов оценки рисков стихийных бедствий в Европе



Постановка задачи оценки рисков на основе геопространственной информации

Совокупным ожидаемым риском последствий стихийного бедствия (совокупными ожидаемыми потерями) в области A назовем величину

$$R_A = \iint_A r(x, y) dx dy \quad (4)$$

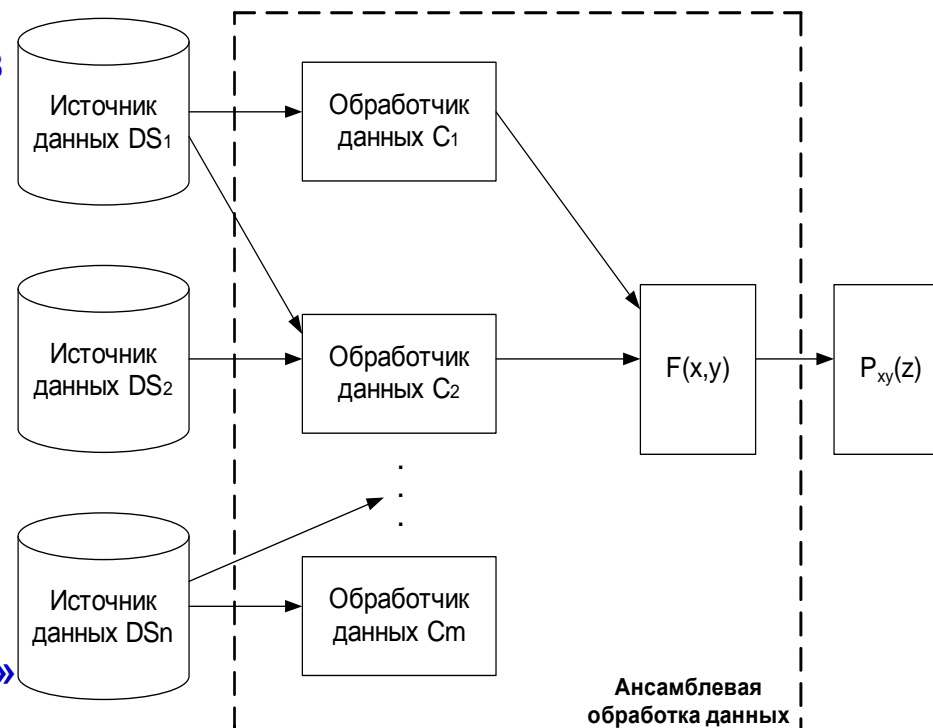
где $r(x, y)$ - индивидуальный ожидаемый риск последствий стихийного бедствия z (индивидуальные ожидаемые потери) в точке (x, y) , вычисляемый как математическое ожидание функции ущерба $h_{xy}(z)$ последствий в позиции (x, y)

$$r(x, y) = \int_0^{\infty} h_{xy}(z) p_{xy}(z) dz, \quad (5)$$

где $p_{xy}(z)$ — плотность распределения вероятности стихийного бедствия z в точке (x, y) , оцениваемая на основе совместного анализа разнородных геопространственных данных. Один из методов оценивания плотности вероятности $p_{xy}(z)$ и функции ущерба определяется типом стихийного бедствия и будет рассмотрен ниже.

Метод оценивания плотности вероятностей стихийного бедствия на основе ансамблевого подхода и технологий слияния данных

- Система для оценивания плотности вероятности стихийного бедствия состоит из ансамбля отдельных («слабых») классификаторов (решающих правил), каждый из которых обеспечивает результат анализа данных одного или нескольких источников.
- Агрегированные в систему ансамблевой обработки данных, отдельные классификаторы составляют ансамбль экспертов («сильный» классификатор), «мнения» которых с соответствующими весами учитываются в блоке слияния, на выходе которого получается с высокой точностью искомая оценка плотности вероятности



Принципиальная схема оценивания плотности вероятности стихийного бедствия на основе разнородной информации

Источники разнородных геопространственных данных для мониторинга затоплений на территории Намибии

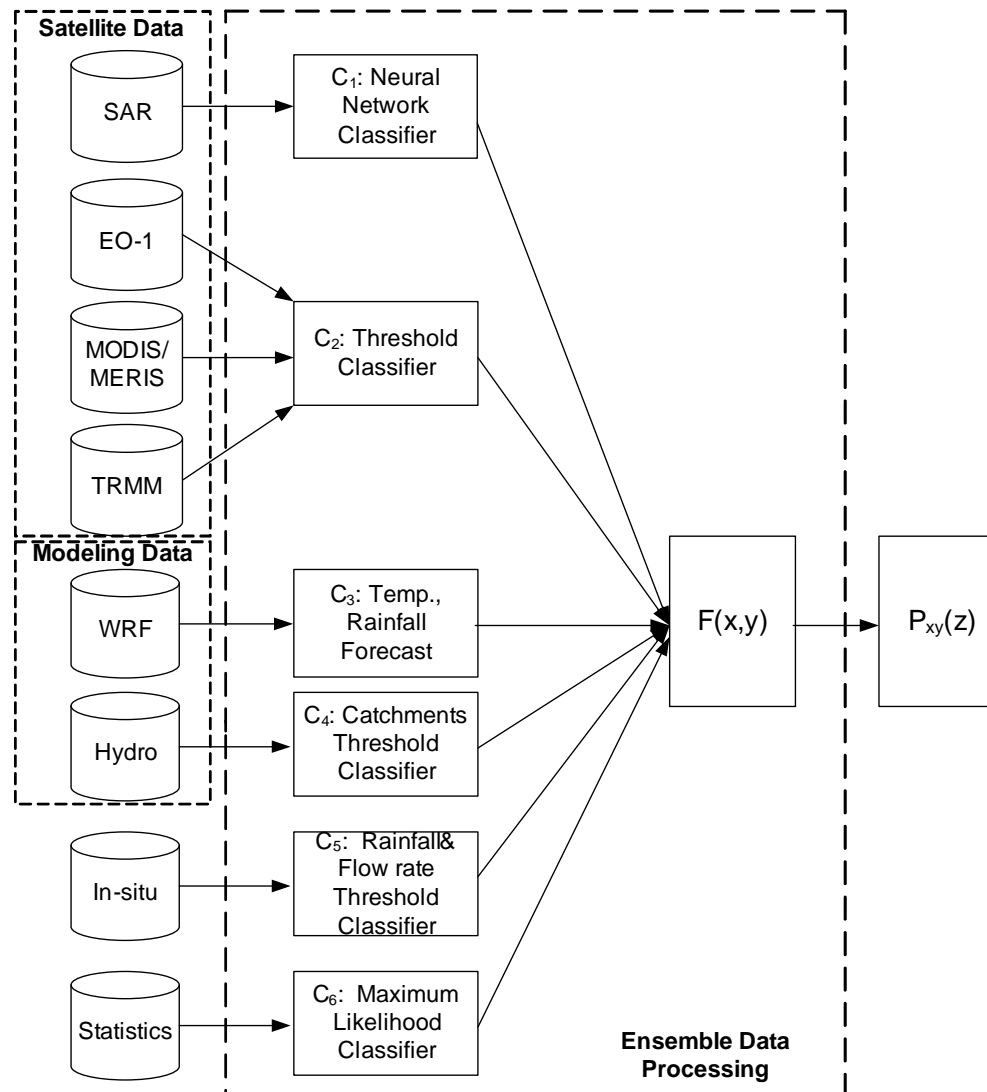
В рамках международного пилотного проекта «**Sensor Web Project for Flood Monitoring in Namibia**», выполняемого по инициативе платформы ООН UN-SPIDER ведущими космическими агентствами NASA, DLR, NOAA при участии Института космических исследований НАНУ-НКАУ создается система оценки рисков затоплений на основе разнородной геопространственной информации

Используются следующие источники разнородных данных:

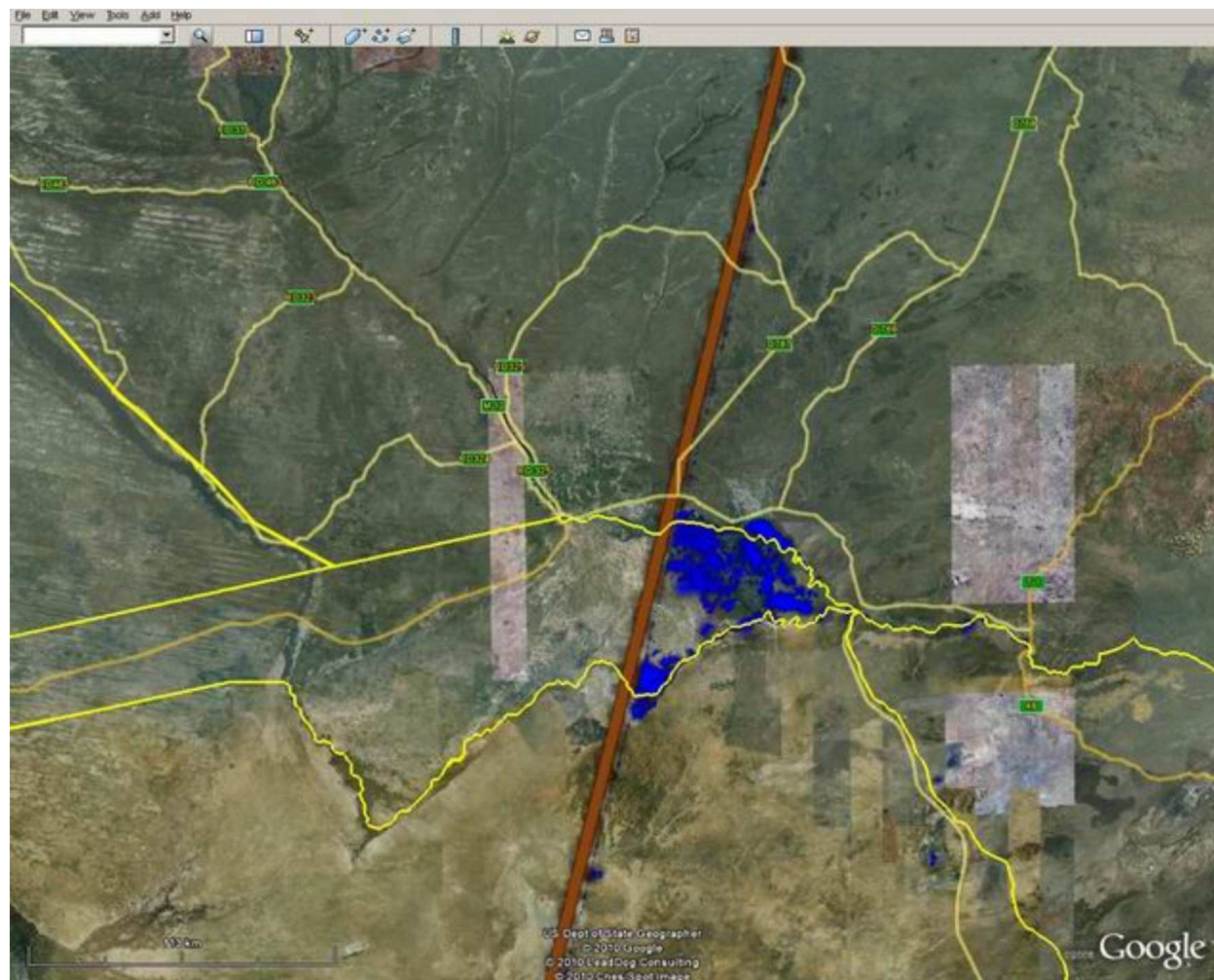
- спутниковые данные:
 - радиолокационные: **Envisat/ASAR**;
 - оптические: **EO-1, MODIS (Terra и Aqua)**;
 - **Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)**;
- данные моделирования:
 - гидрологические данные (водосборный бассейн)
 - метеорологические данные (численная модель прогнозирования погоды)
- наземные данные:
 - уровень осадков и сток
- статистические данные:
 - статистика наводнений за прошлые годы и др.

Форматы продуктов обработки: **KML, GeoTiff, WMS** и др.

Принципиальная схема оценивания плотности вероятности затопления для территории Намибии



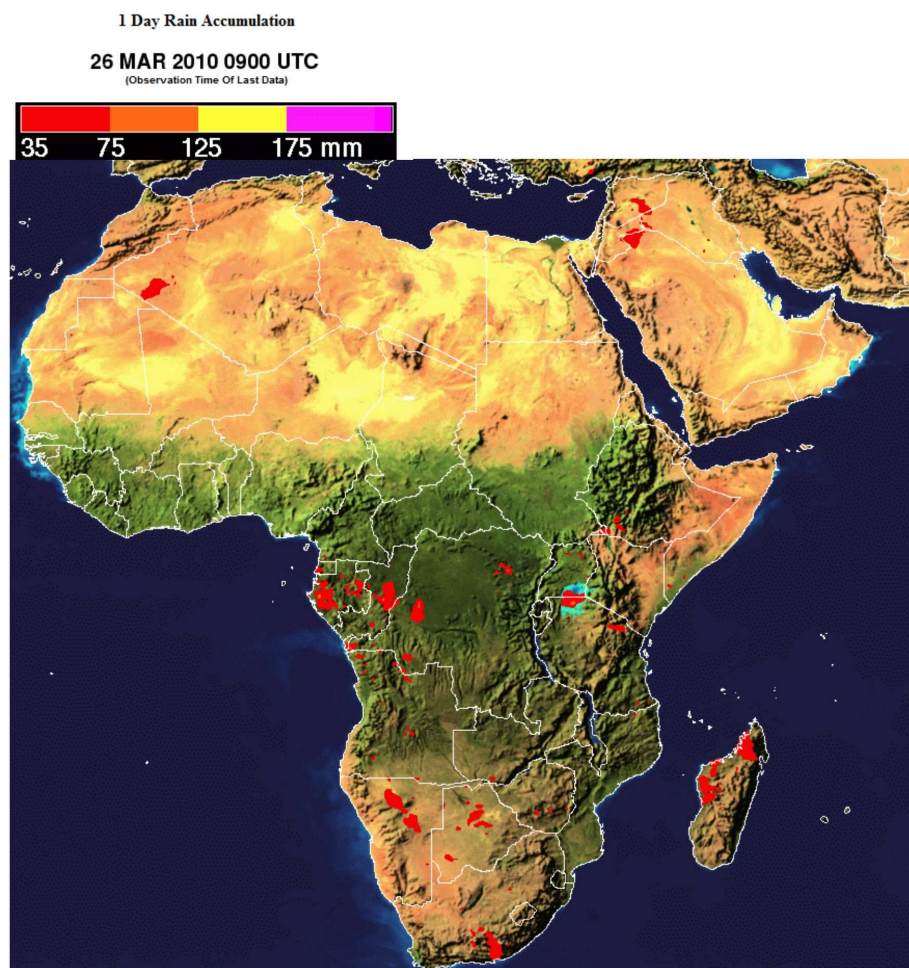
Картографирование затоплений для территории Намибии



Карта затоплений для региона Катима-Мулило (Намибия),
полученная на основе данных Envisat/ASAR, 03.03.2010

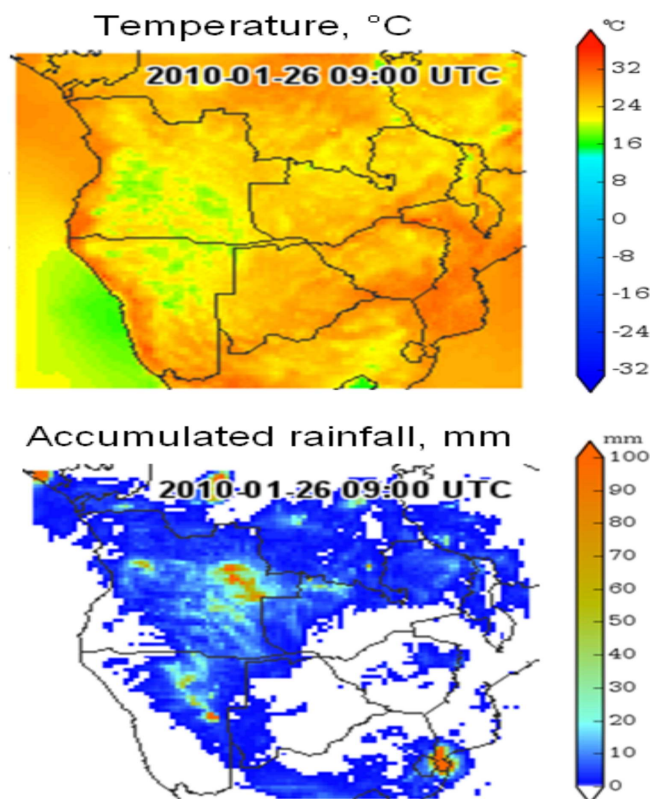
Мониторинг уровня осадков для территории Намибии

Для мониторинга уровня осадков используются измерения, получаемые в рамках совместной миссии NASA и JAXA Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).



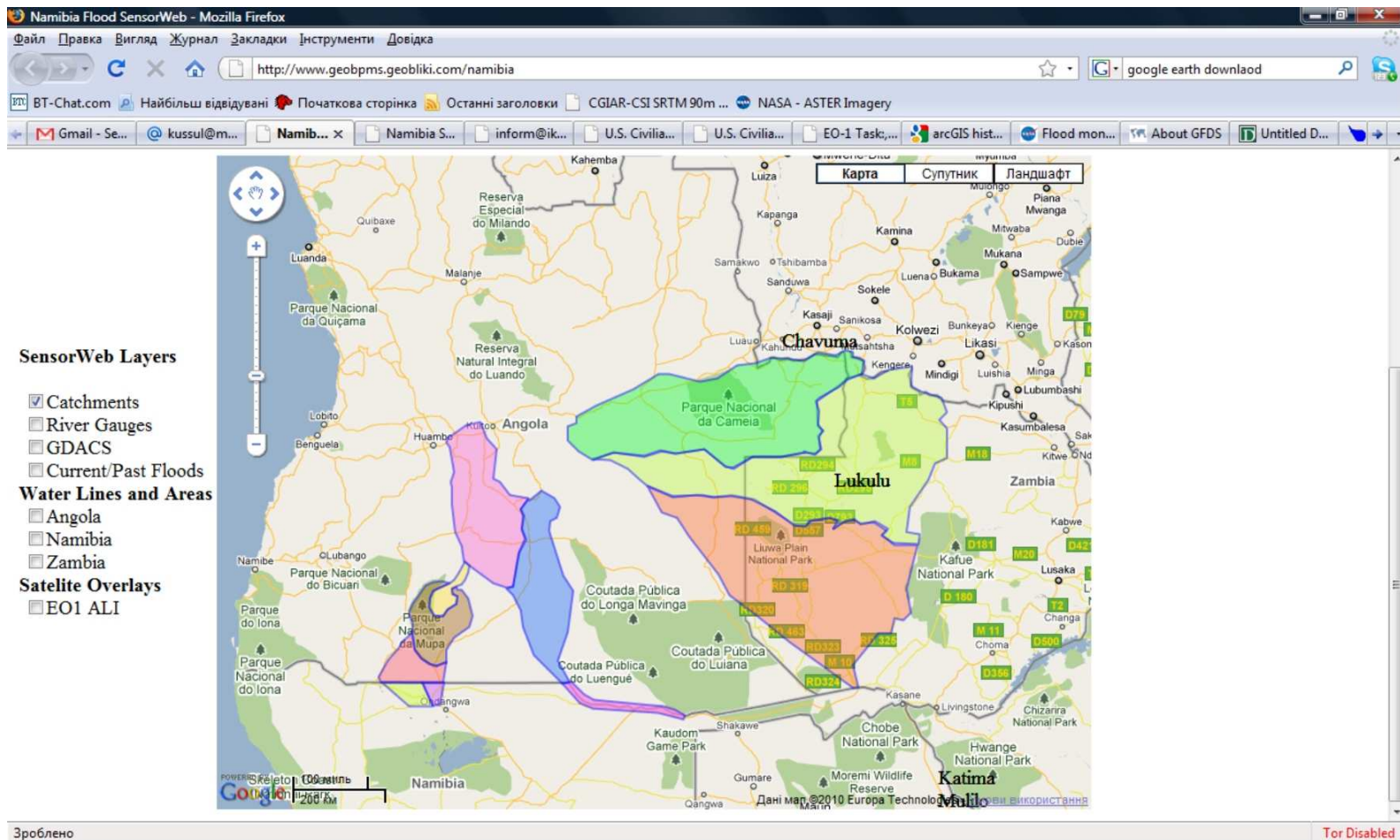
Метеорологические данные для территории Намибии

- Для метеорологического прогнозирования используется численная модель прогнозирования погоды **WRF**.
- Для территории Намибии данная модель запущена в тестовом режиме. Пространственное разрешение составляет 30 км (может быть улучшено до 1 км с использованием технологии вложенных сеток).
- Для начальных условий используются данные глобальной модели **GFS**. Прогнозы предоставляются каждые 3 часа.



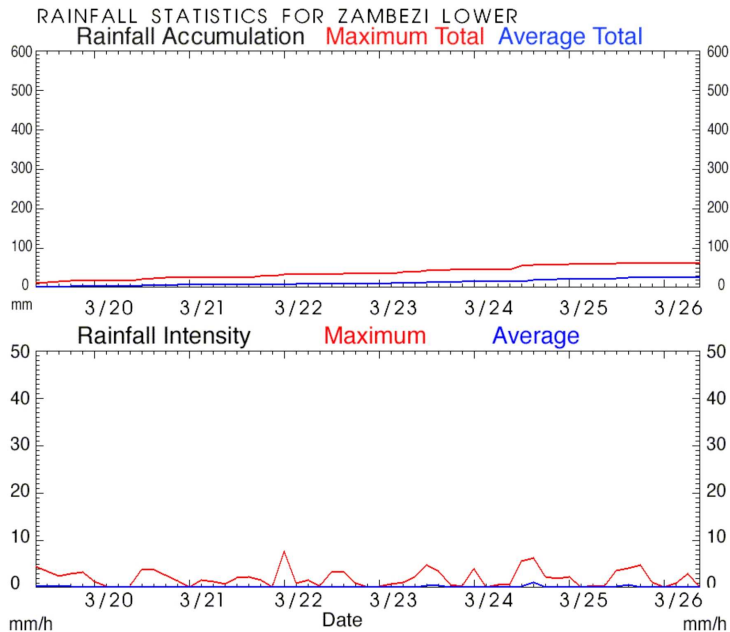
Информация о водосборном бассейне рек Намибии

Информация о водосборном бассейне рек предоставляется подразделениями Министерства по сельскому хозяйству, водным ресурсам и лесному хозяйству Намибии

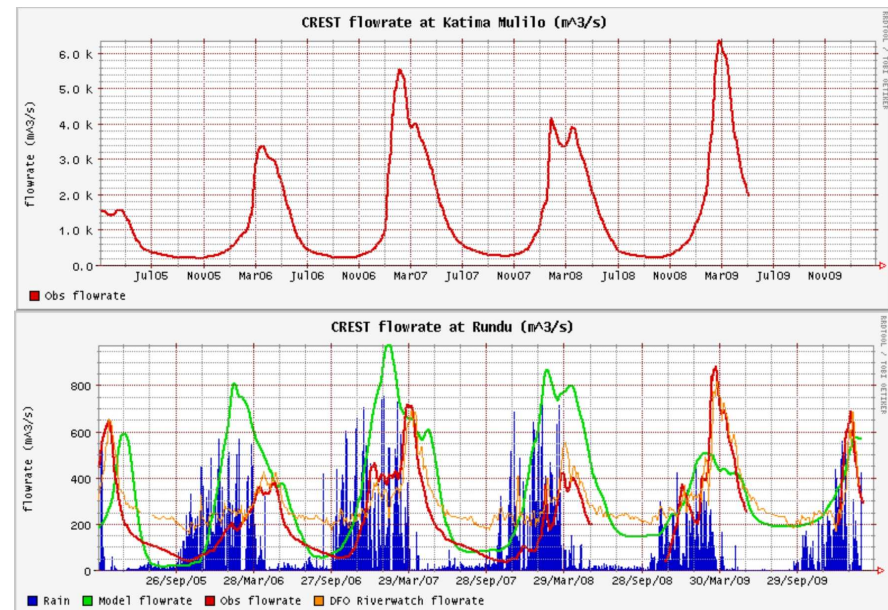


Текущие и архивные значения уровня осадков и стока

- Кроме того, для каждого водосборного бассейна предоставляются текущие и архивные значения уровня осадков и стока.
- Эти архивные данные, наряду со спутниковыми измерениями используются для построения статистических моделей для прогнозирования наводнений и оценки рисков



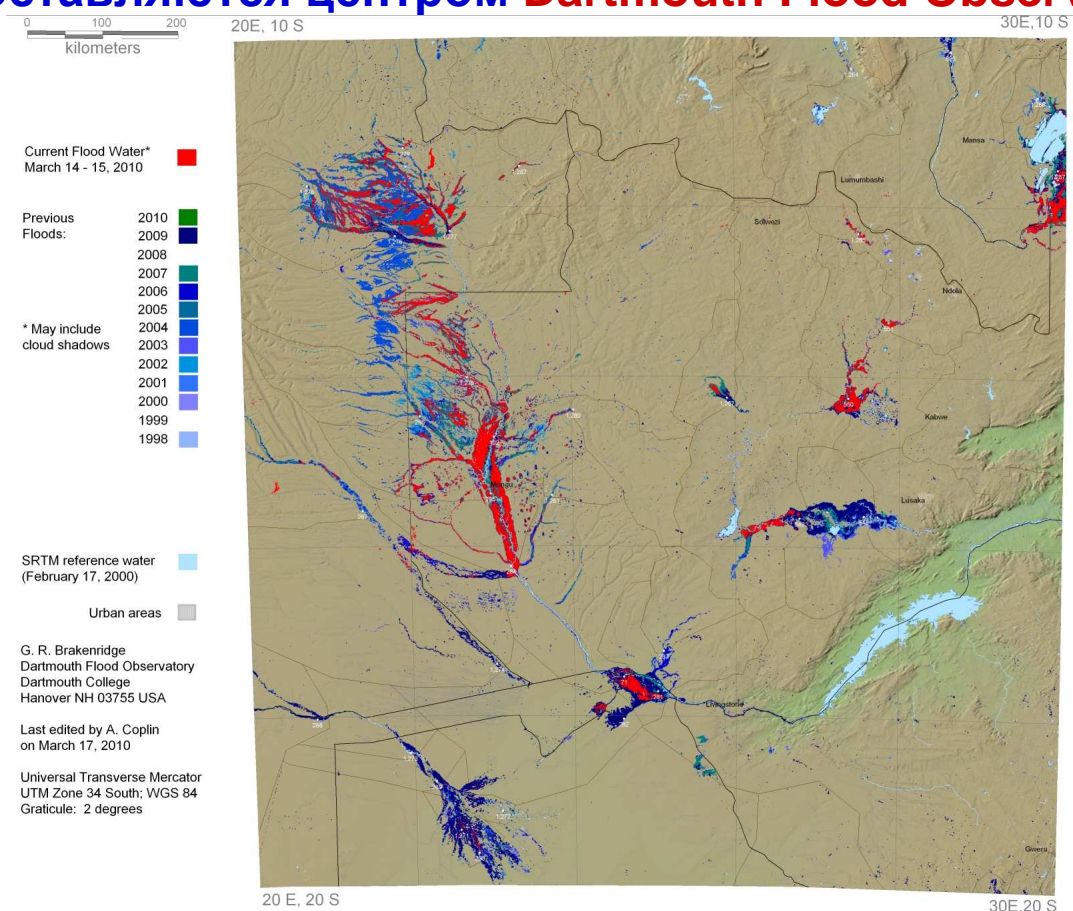
Измерения уровня осадков



Наземные измерения уровня стока

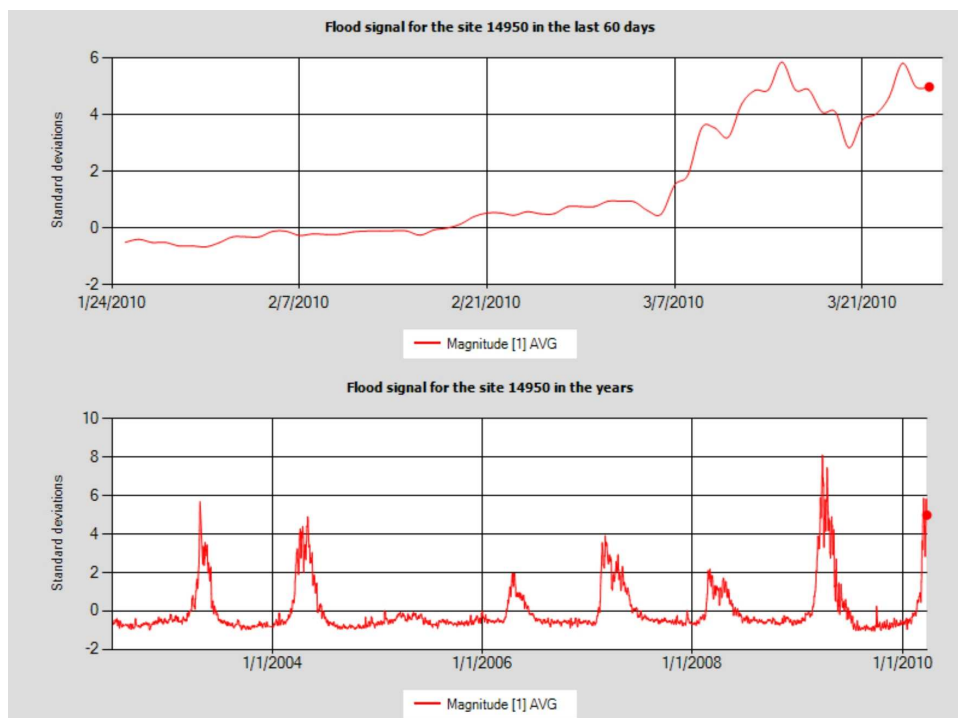
Статистические данные измерения маски затоплений для территории Намибии

- Данные, полученные прибором **MODIS**, который установлен на спутниках **Aqua** и **Terra**, используется для статистического анализа карт затоплений за разные годы
- Данные карты доступны, начиная с **1999 года** и предоставляются центром **Dartmouth Flood Observatory**



Система для глобального выявления наводнений на территории Намибии

- Для глобального выявления наводнений используются система, разрабатываемая в центре **JRC (Joint Research Center)** Европейской **КОМИССИИ**.
- Для этого используются данные, получаемые микроволновым сканирующим радиометром **AMSR-E**, который установлен на спутнике **Aqua**. Примеры продуктов представлены на рисунке



Изменения уровня затоплений на различных временных интервалах

Web-интерфейс пилотной версии системы мониторинга паводков для территории Намибии

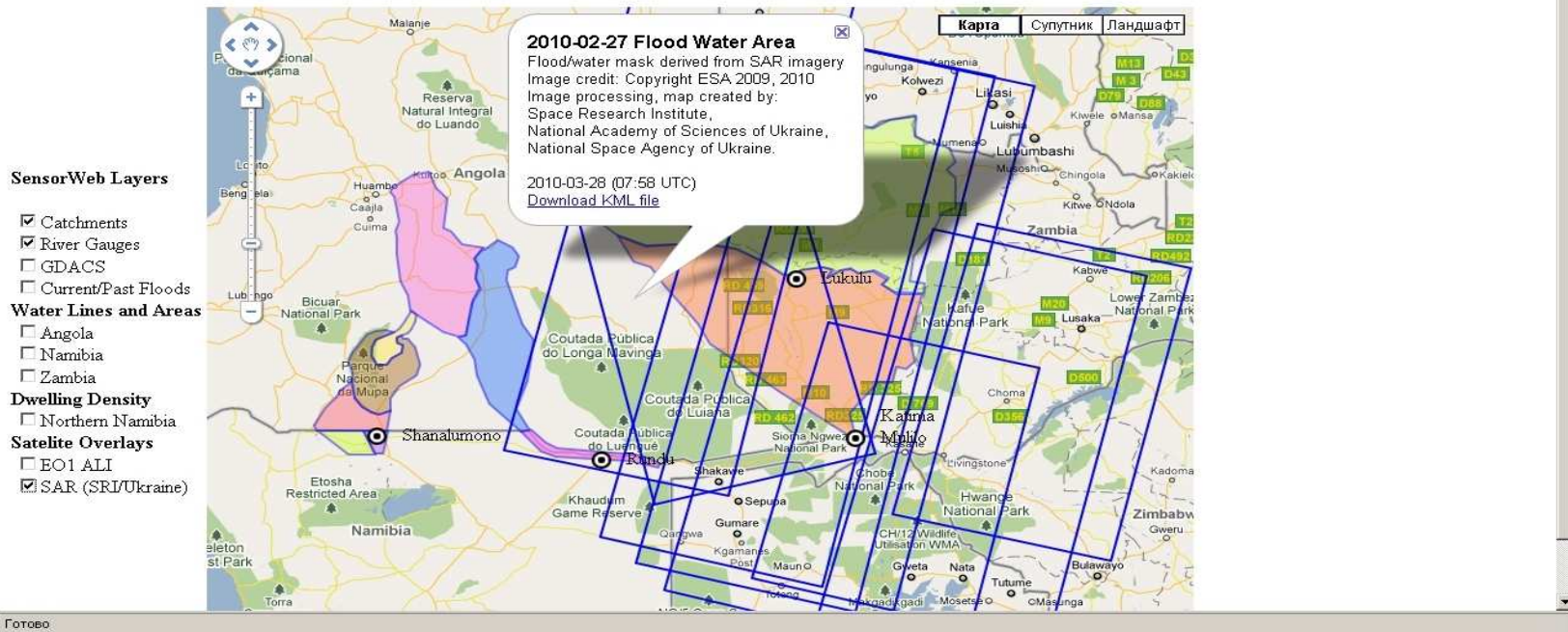


Namibia Flood SensorWeb

Daily Report
25
Apr

▼ River Stations

▼ Flood Potential Forecast



- Обработка снимков и создание карт потенциальных наводнений на основании слияния разнородных данных и прогноза выполнены сотрудниками Института космических исследований НАНУ-НКАУ

Заключение и благодарности

- В работе предложен интегрированный подход к оцениванию рисков, связанных с чрезвычайными ситуациями природного характера на основе разнородной геопространственной информации
- Подход базируется на применении статистической теории обучения и предполагает использование ансамбля классификаторов для определения плотности вероятности стихийного бедствия
- Преимуществом предложенного подхода является более высокая точность определения риска при использовании оптимальной сложности модели
- В дальнейшем этот подход планируется развивать для оценки конкретных категорий риска: финансового, социального, экономического и т.д.
- Работа частично поддерживается проектом УНТЦ №4928 и проектом МОН Украины № М/72-2008 «Разработка системы комплексной обработки данных ДЗЗ с использованием Grid-технологий»