

Примеры технологии геоинформационного анализа

Технология оценки ущерба от землетрясений (ГеоПроцессор 2.0)

Рассмотрим пример оценки возможного ущерба от максимального землетрясения для городов Северного Кавказа с населением более 100000 человек. Задача решается только с помощью выполнения аналитических преобразований.

С помощью преобразований «Сеточные слои \Rightarrow Сеточный слой» по сеточному слою пиковых ускорений A по формуле $I=(\lg A-0.014)/0.3$ вычислено поле максимального балла землетрясений I . По полю I вычислен сеточный слой V доли разрушения зданий типа 7КП (тип зданий выбран только для иллюстрации метода): $V=0$ при $I<7$, $V=3.5\%$ при $I=7$, $V=11.9\%$ при $I=8$, $V=37\%$ при $I=9$. Затем применено преобразование «Сеточные слои и Векторные слои \Rightarrow Атрибуты векторного слоя». С его помощью вычислены доли разрушения застройки в 5 км окрестности городов. Полагая застройку сооружениями типа 7КП однородной для выбранного размера зоны, можно принять результат в качестве оценки ущерба от максимального землетрясения. На Рис. 1 показаны сеточный слой процента разрушений построек 7КП и величиной кружков обозначены значения разрушений для городов. Внизу дано значение доли разрушения в г. Дербент, равное 27%.

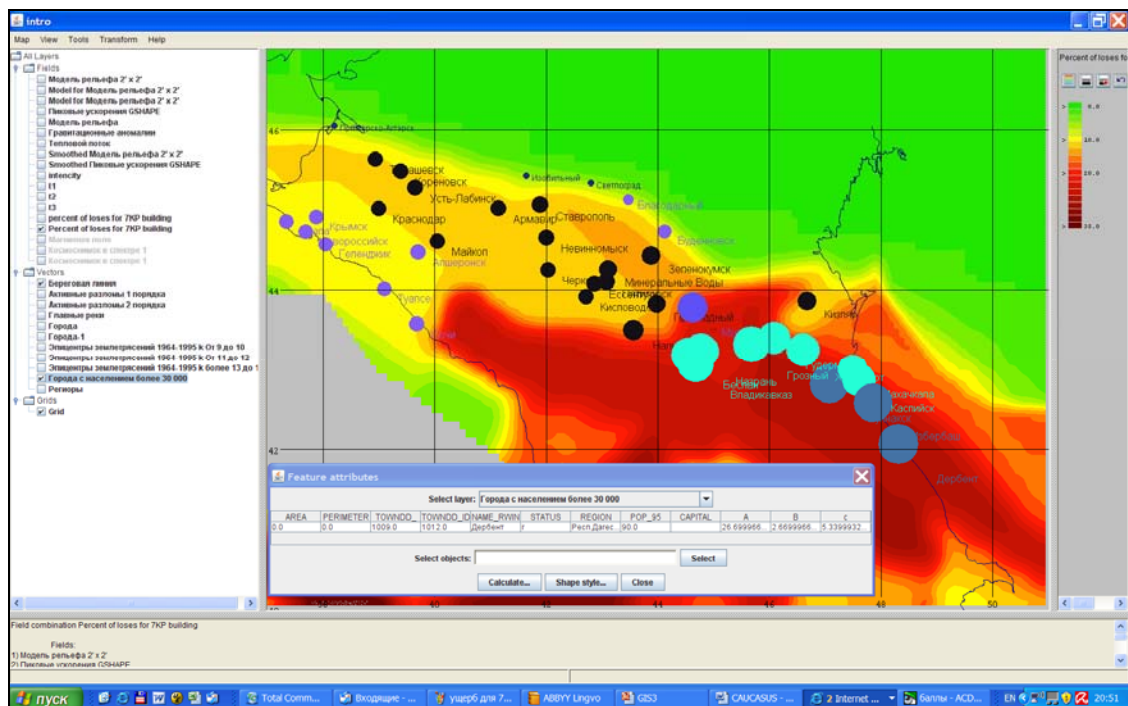


Рис 1. Разрушения застройки 7КП от максимальных землетрясений в %.

Технология оценки сейсмической опасности (ГеоПроцессор 2.0)

Рассмотрим пример выделения зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ) с магнитудами $M > 6.5$ для Кавказа. Предполагалось, что очаговые зоны сильнейших землетрясений приурочены к пересечению областей неоднородности земной коры с зонами надвиговых и сдвиговых разломов, активных в Кайнозое.

Вначале с помощью аналитических преобразований и визуального исследования был выполнен разведочный анализ исходных и преобразованных данных. Для иллюстрации метода выбрано наиболее простое решение, использующее только поле модуля градиента скорости вертикальных движений за постсарматское время (признак X_1), и активные в кайнозое надвиговые разломы. С помощью преобразования «Векторный слой \Rightarrow Сеточный слой» вычислен признак X_2 - поле расстояний до надвиговых разломов. Далее использован метод индуктивного логического вывода. Полученное правило имеет

вид: ЕСЛИ градиент скорости вертикальных тектонических движений за постсарматское время (X_1) больше 10 И расстояние до надвиговых разломов (X_2) менее 20 км ИЛИ $X_1 > 6.4$ И $X_2 < 9$ км, ТО возможны очаги с $M > 6.0$. Полученные по данному правилу зоны ВОЗ и эпицентры с магнитудами $M > 6.0$ показаны на Рис. 2. Прогноз зон в море, на юге и юго-востоке не производился из-за отсутствия геолого-геофизических данных.

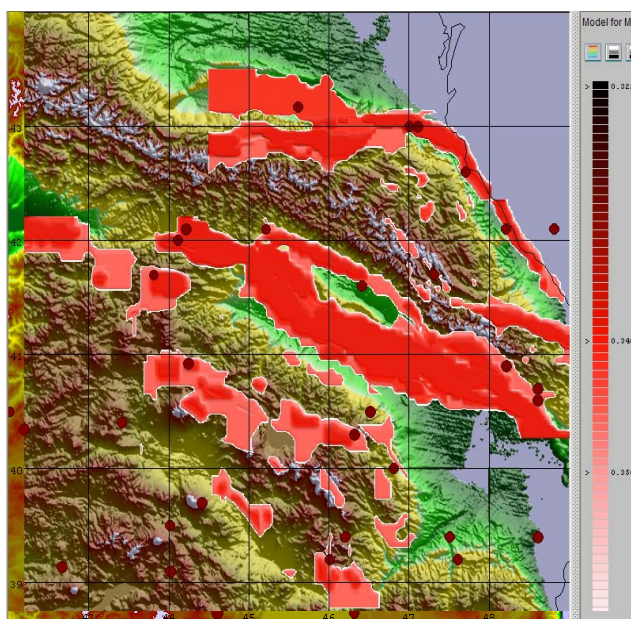


Рис. 2. Зоны возможных очагов землетрясений (ВОЗ) с $M > 6.0$.

Технология прогноза нефтегазовых месторождений (ГеоПроцессор)

Рассмотрим пример отдельного регионального прогноза нефтяных и газовых месторождений в Западной Сибири. Предполагалось, что фазовое состояние углеводородов определяется историей тектонического развития. Для газовых месторождений характерно ухудшенное качество исходного органического вещества и мощное осадконакопление, которое проявляется в увеличении скорости продольных сейсмических волн на поверхности фундамента. Для нефтяных месторождений показательно высокое качество органического вещества, которое формирует осадочную толщу сравнительно небольшой (до 5 км) мощности. Бесперспективными относительно нефтяных и газовых месторождений являются части провинций с маломощным осадочным чехлом. Для получения признаков прогноза использованы преобразования «Сеточные слои \Rightarrow Сеточный слой». Далее применен метод распознавания по правилу ближайшего соседа, в котором принадлежность точки к тому или иному классу определяется по сходству признаков точки и эталонных объектов классов. Результаты прогноза показаны на Рис. 3. Кружками обозначены известные газовые месторождения, треугольниками – нефтяные, квадратиками – бесперспективные участки. Для прогноза газовых месторождений использованы признаки: глубина залегания кровли средней юры и полусумма скоростей продольных сейсмических волн на поверхности кристаллического и складчатого фундамента. Для прогноза нефтяных месторождений использованы признаки: глубина залегания кровли среднеюрских отложений, глубина залегания кровли верхнемеловых отложений и толщина верхнего слоя консолидированной коры.

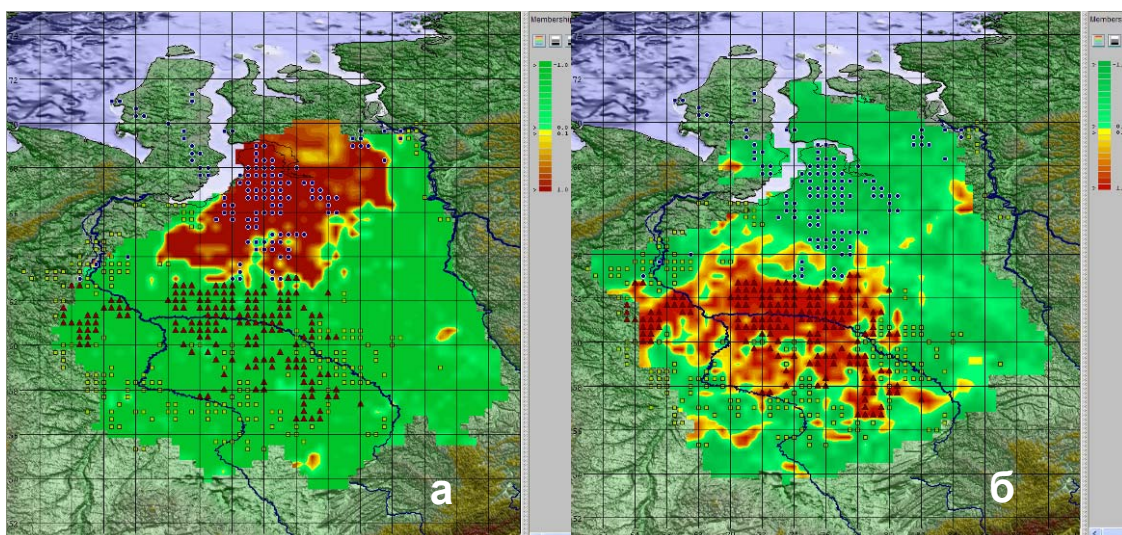


Рис. 3. Прогнозные зоны газовых (а) и нефтяных (б) месторождений.

Технология анализа предвестников по каталогу землетрясений (ГеоТайм II)

Рассмотрим пример обнаружения предвестников Сусамырского землетрясения: 19.08.1992 г., энергетический класс $K=17$, координаты $\lambda=73.63^\circ$ ВД и $\varphi=42.06^\circ$ СШ. Использовался очищенный от афтершоков каталог землетрясений Центральной Азии. В каталоге представлено 16329 события за 1980-2001 гг. с K от 7 до 17. Предварительная обработка каталога выполнена в ИФЗ РАН Г.А.Соболевым.

При анализе вначале по каталогу вычислен 3D сеточный слой плотности эпицентров землетрясений в скользящем цилиндрическом окне радиуса 100 км и временным интервалом 10 дней (преобразование «Векторный слой \Rightarrow Сеточный слой»). Далее с помощью преобразования «Сеточные слои \Rightarrow Сеточный слой» вычислен 3D сеточный слой аномалий. Алгоритм обнаружения аномалий реализует метод проверки статистических гипотез. Для каждого узла пространственной сетки вычисляется статистика, равная нормированной разности средних в двух скользящих окнах протяженностью в 30 дней (второе окно) и в 1440 дней (первое во времени окно для вычисления фонового значения плотности эпицентров землетрясений). Отрицательное значение статистики свидетельствует об уменьшении числа землетрясений. На рис. 4 показаны аномалии плотности эпицентров с высокими отрицательными значениями статистики (равными от -5.5 до -3.5) и относящиеся к 12 срезам динамического поля от 111 до 1 дня перед землетрясением. Эпицентр Сусамырского землетрясения показан звездочкой. Отрицательные значения аномалии свидетельствуют о том, что плотность землетрясений во втором окне меньше, чем в первом. Это указывает на затишье, предшествующее во многих случаях сильному землетрясению. Можно видеть, что аномалии образуют связную область в окрестности эпицентра готовящегося землетрясения. Аномалия со значением менее -3.5 появляется за 101 день перед землетрясением. Площадь аномалии и численное значение монотонно увеличиваются и достигают максимума за 31 день до землетрясения. Затем аномалия убывает.

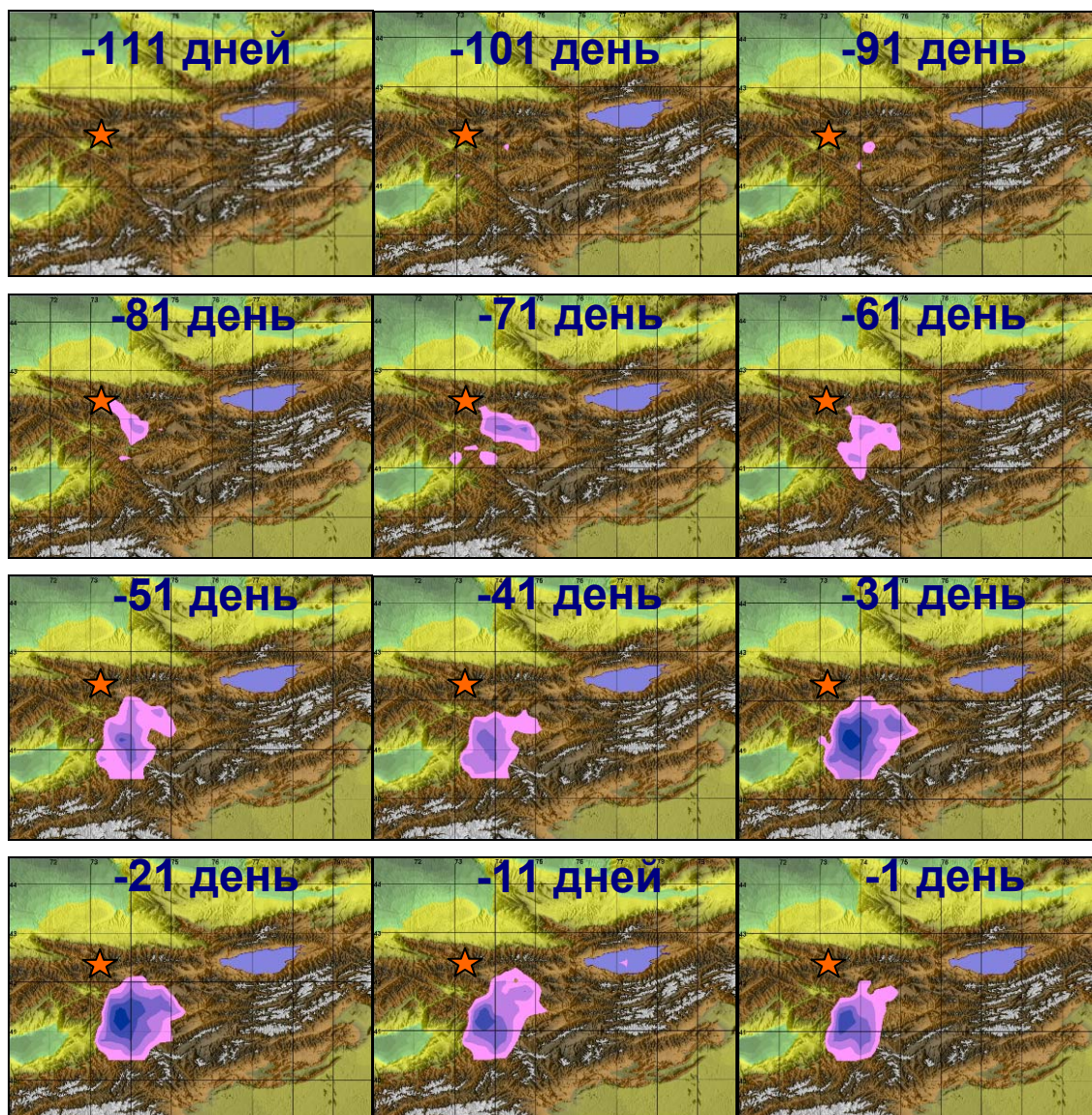


Рис. 4. Пространственно-временная аномалия плотности эпицентров землетрясений, предшествующая Сусамырскому землетрясению.

Модули, предназначенные для реализации предметно-ориентированных приложений, выполнены в технологии плагинов. Это обеспечивает развитие системы и модификацию ее функциональности без изменения ядра программы.

Технология моделирования процесса распространения загрязнений с поверхностным стоком воды (GeoТайм II).

Физическая модель процесса получена обобщением классической задачи о движении слоя вязкой жидкости по наклонной плоскости. При переходе к дискретной модели применён интегро-интерполяционный метод, широко используемый для решения класса задач, в которых должны быть выполнены фундаментальные физические законы сохранения. Пример анализа процесса поверхностного стока относится к участку Дмитровского района Московской области. Начальными условиями был задан равномерный слой жидкости высотой 20 см. Выходом являются два динамических 3D сеточных слоя: слой изменения количества впитавшейся в почву воды и слой изменения высоты уровня воды. На Рис. 5 показаны срезы 3D сеточного слоя количества впитавшейся в почву воды на фоне рельефа поверхности земли для моментов времени 0 сек после начала процесса стока, 6 сек, 24 сек и 192 сек. В момент $t=0$ сек вода еще не впиталась, поэтому первый срез совпадает с картой рельефа, на следующих срезах вода

показана синим цветом, интенсивность которого увеличивается с увеличением количества впитавшейся воды.

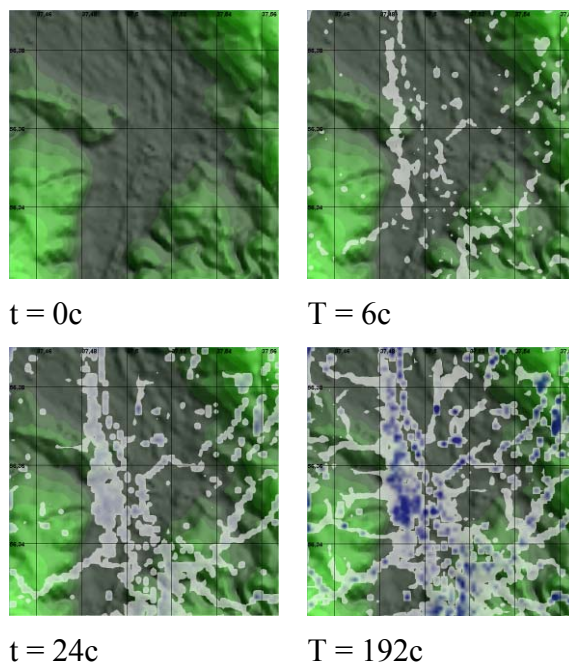


Рис. 5 Изменение количества впитавшейся в почву воды на фоне рельефа

Технология обнаружения кластеров в потоке сейсмических событий (ГеоТайм II)

Идея алгоритма разработанной в ИФЗ РАН физической модели модели лавинно-неустойчивого трещинообразования и статистических свойствах сейсмического потока. Алгоритмы кластеризации исследованы на каталогах землетрясений Средней Азии (15363 событий без афтершоков за 1967 -1994 годы) и Камчатки (71234 события без афтершоков за 1962 -2004 годы) и для случайных каталогов, построенных на их основе (Рис. 6). Каталоги землетрясений были подготовлены в ИФЗ РАН Г.А.Соболевым и В.Б.Смирновым.

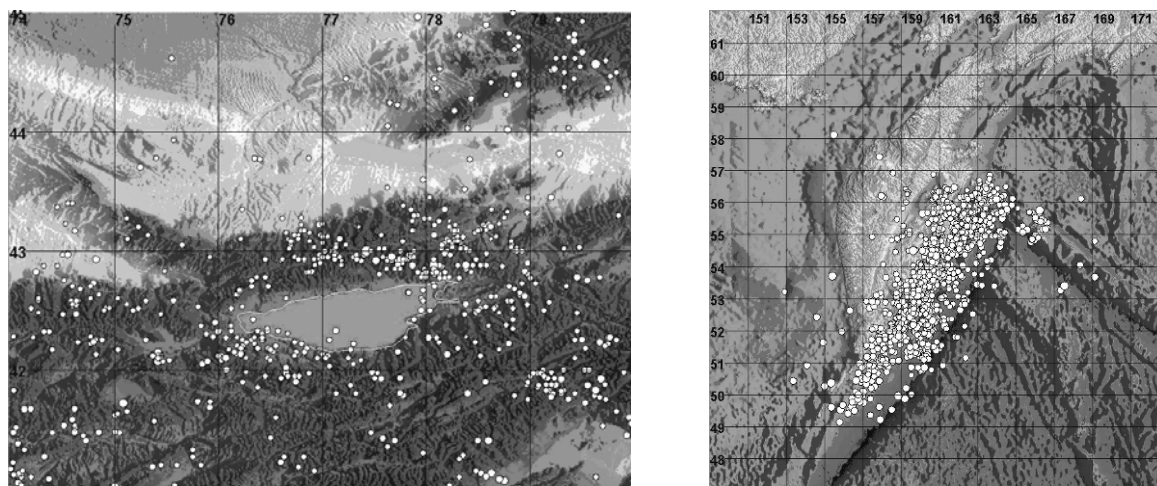


Рис.6. Тестовые регионы: Центральной Азии с эпицентрами землетрясений за 1980 год (слева) и Камчатка с эпицентрами землетрясений за 1967 год.

Результаты моделирования представляют собой список кластеров с указанием относящихся к ним землетрясений. Для региона Центральной Азии было получено 187 кластеров, в которые попало 383 землетрясения. Средний размер кластера составляет 2.05 события. В то же время, для случайного каталога, с теми же пространственным и магнитудным распределениями, но с равномерным по времени, образовалось всего 64

кластера размера 2. Для региона Камчатки получено 1073 кластеров, в которые попало 2930 землетрясений. Возможно, это связано фрактальной размерностью эпицентров, которая для Средней Азии равна 1.41, а для Камчатки 0.94. Это означает, что пространственное распределение эпицентров землетрясений на Камчатке близко к линейному, что способствует образованию кластеров. Средний размер кластера составляет 2.73 события.

На рис. 7 показаны зависимости логарифма числа кластеров N от логарифма содержащихся в них событий n для Центральной Азии и Камчатки. Видно, что данная зависимость близка к билигарифмической прямой.

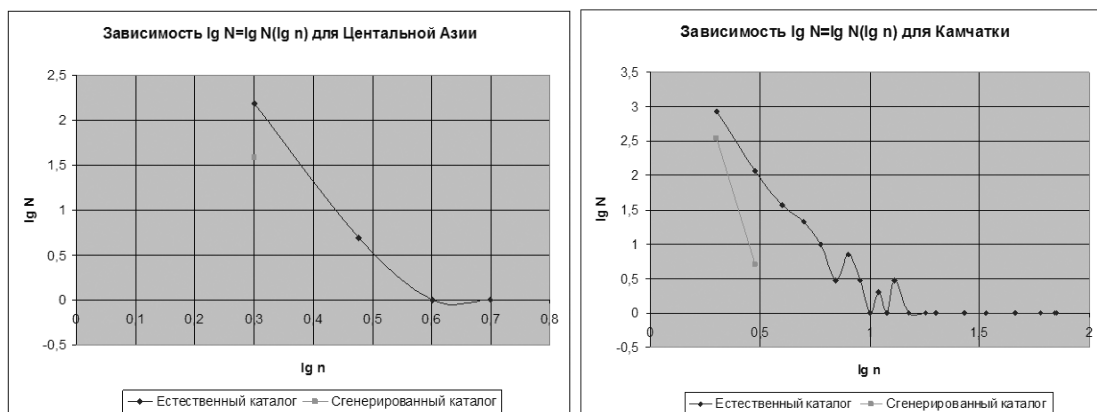


Рис. 7. Зависимость логарифма числа кластеров N от логарифма содержащихся в них событий n для Центральной Азии для Камчатки.