

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИК ПРОГНОЗОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Воропаев П.В.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, chicoli@emsd.ru

Введение

В настоящее время накоплен обширный материал по прогнозам возникновения сильных землетрясений на полуострове Камчатка и прилегающих территориях. Насчитывается более двадцати методик предсказания землетрясений, авторы которых направляют свои прогнозы в Камчатский филиал Российского Экспертного Совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска [2].

В рамках работы Экспертного совета существует необходимость в оперативном вычислении эффективности методик прогнозирования. Данные расчеты требуют большого количества операций, и при ручной обработке занимают много времени, поэтому создание системы вычисления эффективности прогнозов землетрясений, работающей в автоматическом или в полуавтоматическом режиме, представляет собой актуальную задачу.

Система вычисления эффективности методик прогнозов землетрясений

В лаборатории сейсмического мониторинга Камчатского филиала Геофизической службы РАН ведутся работы над созданием подобной электронной системы, способной автоматизированно решать данную задачу.

В разрабатываемой системе можно выделить следующие структурные компоненты: блок ввода данных, модуль базы данных, блок вывода отфильтрованных данных, расчетный модуль, блок вывода результатов вычислений (рис. 1).

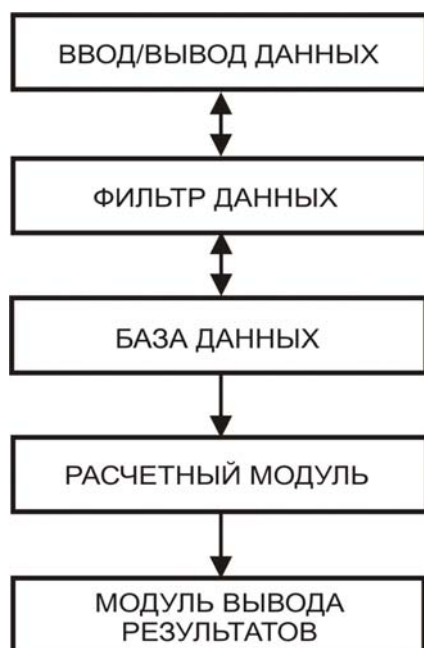


Рис. 1. Блок-схема взаимодействия основных компонентов программы.

Модуль базы данных включает в себя таблицу, содержащую камчатский региональный сейсмический каталог, а также таблицы формализованных прогнозов, включающие информацию о заявленных автором периодах времени в которые может произойти землетрясение, диапазонах энергетических классов и магнитуд, интервалах глубин, а также вероятные места реализации землетрясений.

Ввод и вывод информации о прогнозах осуществляется в пользовательском режиме (рис. 2). Для ввода/вывода данных в программе существует три окна: 1) окно, содержащее

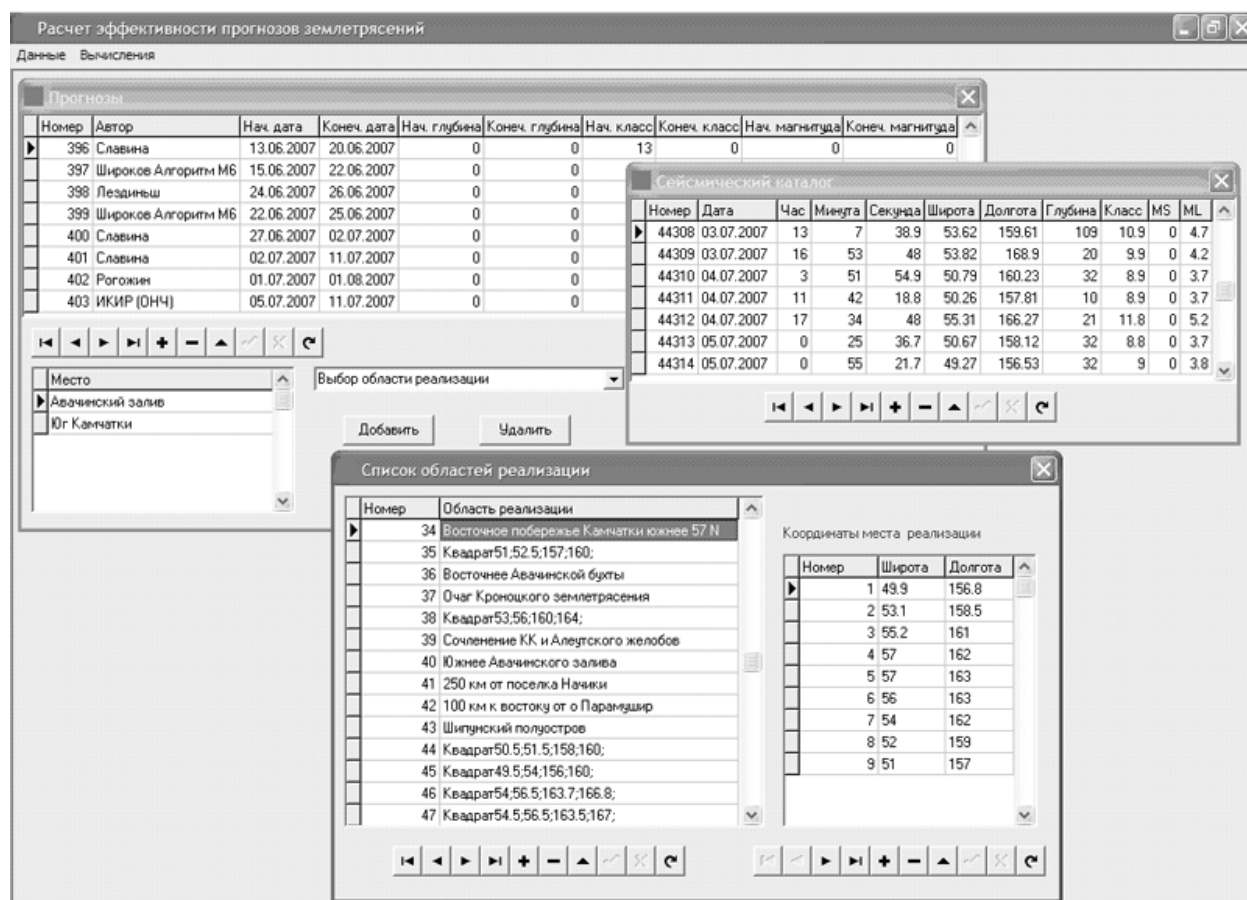


Рис. 2. Общий вид интерфейса программы вычисления эффективности методик прогнозов землетрясений. Представлены окна ввода и просмотра данных прогноза (верхнее), ввода и редактирования данных сейсмического каталога (среднее), ввода и просмотра данных областей возможных реализаций землетрясений (нижнее).



Рис. 3. Типичные области возможных реализаций землетрясений, указываемые авторами прогнозов: а – области заданные в виде квадратов; б, в, г - области заданные произвольно в виде замкнутых полигонов.

информацию прогнозов, которая включает в себя: порядковый номер, фамилию автора прогноза, начальную и конечную даты, интервалы глубин, магнитуд, классов, а также список мест реализации; 2) окно сейсмического каталога, в котором можно просматривать параметры землетрясений; 3) окно, содержащее список областей возможной реализации землетрясений, которые описываются произвольными замкнутыми полигонами, вершинами которых являются определенные, заданные пользователем географические координаты.

Большинство авторов прогнозов указывают зоны возможных реализаций землетрясений в виде квадратных областей (рис. 3а). Однако имеются и более сложные конфигурации областей, с которыми система способна работать (рис. 3б, в, г).

Для удобства представления информации, в программе существует окно выборки прогнозов, в которое выводятся отфильтрованные данные (рис. 4).

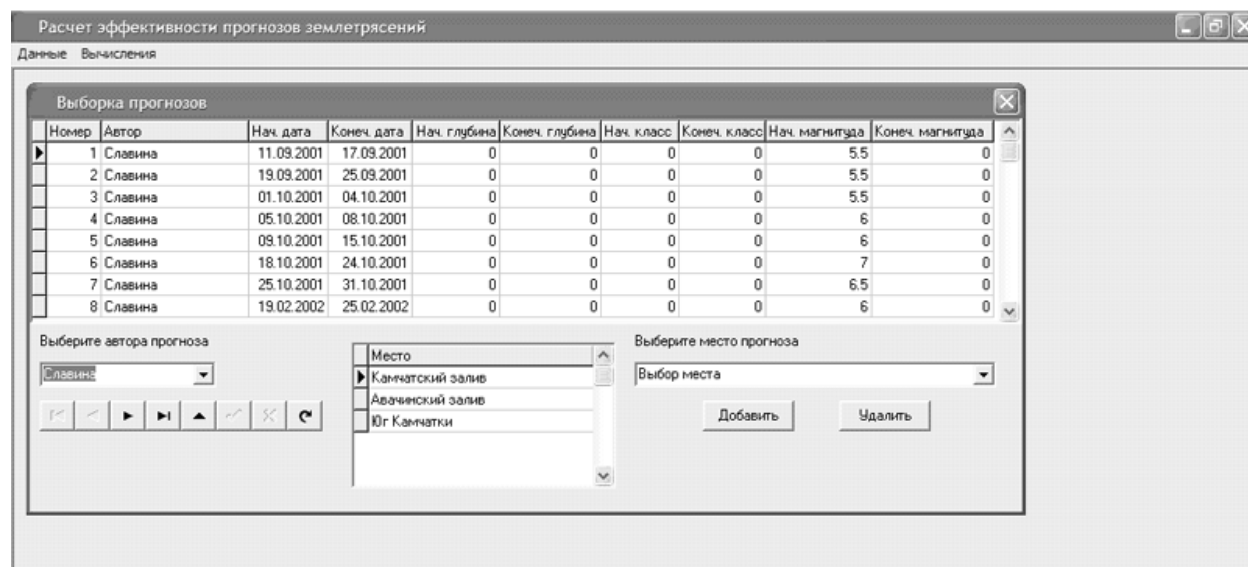


Рис. 4. Окно фильтрации данных прогнозов, позволяет делать выборки прогнозов.

Вычисление эффективности прогнозов производится по методике [3], в которой за меру эффективности принято отношение вероятности сильных землетрясений в прогнозируемые периоды времени к их средней вероятности:

$$J = \frac{P_{(землетрясение / прогноз)}}{P_{безусловн.(землетрясение)}}$$

Процесс вычисления данной величины разбит на несколько этапов:

1) С помощью SQL запросов, а также с использованием алгоритма вычисления принадлежности точки произвольному полигону [4], из базы данных извлекаются величины числа временных интервалов прогноза N_{Idot} , число интервалов, в которых наблюдались землетрясения со сходными энергетическими характеристиками N_{dot1} , число периодов, когда землетрясение было удачно предсказано N_{11} , а также полное число интервальных значений N_{dotdot} (таблица).

Таблица. Типы временных интервалов.

		ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ		
		Есть (1)	Нет (0)	Сумма
ПРОГНОЗ	Есть	N_{11}	N_{10}	N_{Idot}
	Нет	N_{01}	N_{00}	N_{dotdot}
	Сумма	N_{dot1}	N_{dot0}	N_{dotdot}

2) Рассчитывается математическое ожидание N_{11} , при отсутствии связи между прогнозом и землетрясением по следующей формуле:

$$\mu_{11} = \frac{N_{1dot} N_{dot1}}{N_{dotdot}}$$

3) Вычисляется эффективность прогноза:

$$J = \frac{N_{11}}{\mu_{11}}$$

Эффективность методики прогнозирования представляет собой отношение числа предсказанных методикой землетрясений к суммарному ожидаемому числу землетрясений [1]. Вычисляется по следующей формуле:

$$J_0 = \frac{N}{\sum_i \frac{N_i T_i}{T}}$$

где N – число предсказанных с помощью данной методики землетрясений, N_i – число землетрясений, в указанном энергетическом диапазоне, произошедших в определенной прогнозом местности за весь период наблюдения. T_i – длительность прогноза, T – общее время мониторинга сейсмической обстановки, I – число прогнозов данного метода, i – номер соответствующего прогноза.

Вывод результатов вычислений осуществляется с помощью отдельных окон (рис. 5). В программе имеется возможность вычислять эффективность групп прогнозов одного автора, а также эффективность методики прогнозирования. В информационную панель окна расчета отдельного прогноза выводится информация обо всех расчетных параметрах, в окно расчета эффективности методики прогнозирования выводятся только номера прогнозов и их эффективности, а также значение величины эффективности методики.

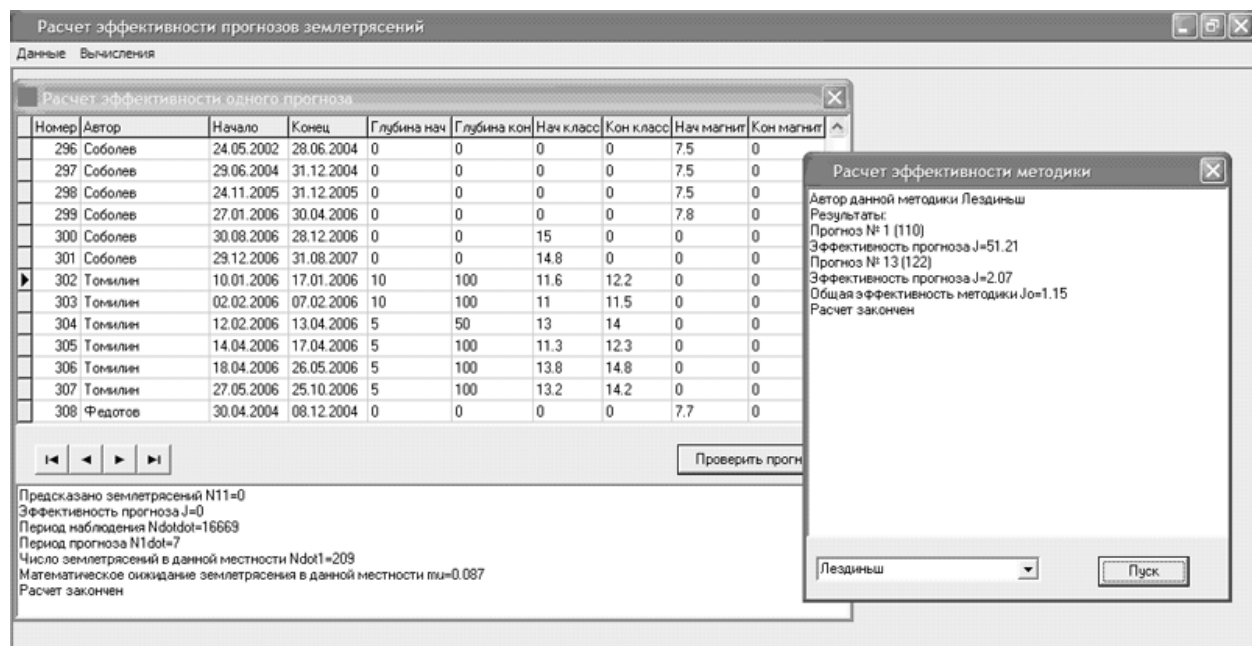


Рис. 5. Окна вывода результатов вычислений эффективности прогнозов землетрясений. Левое окно – расчет эффективности отдельного прогноза, правое окно – вычисление эффективности методики прогнозирования всех прогнозов одной методики.

В качестве примера работы системы вычислена эффективность методики Томилина Н.Г (рис. 6).

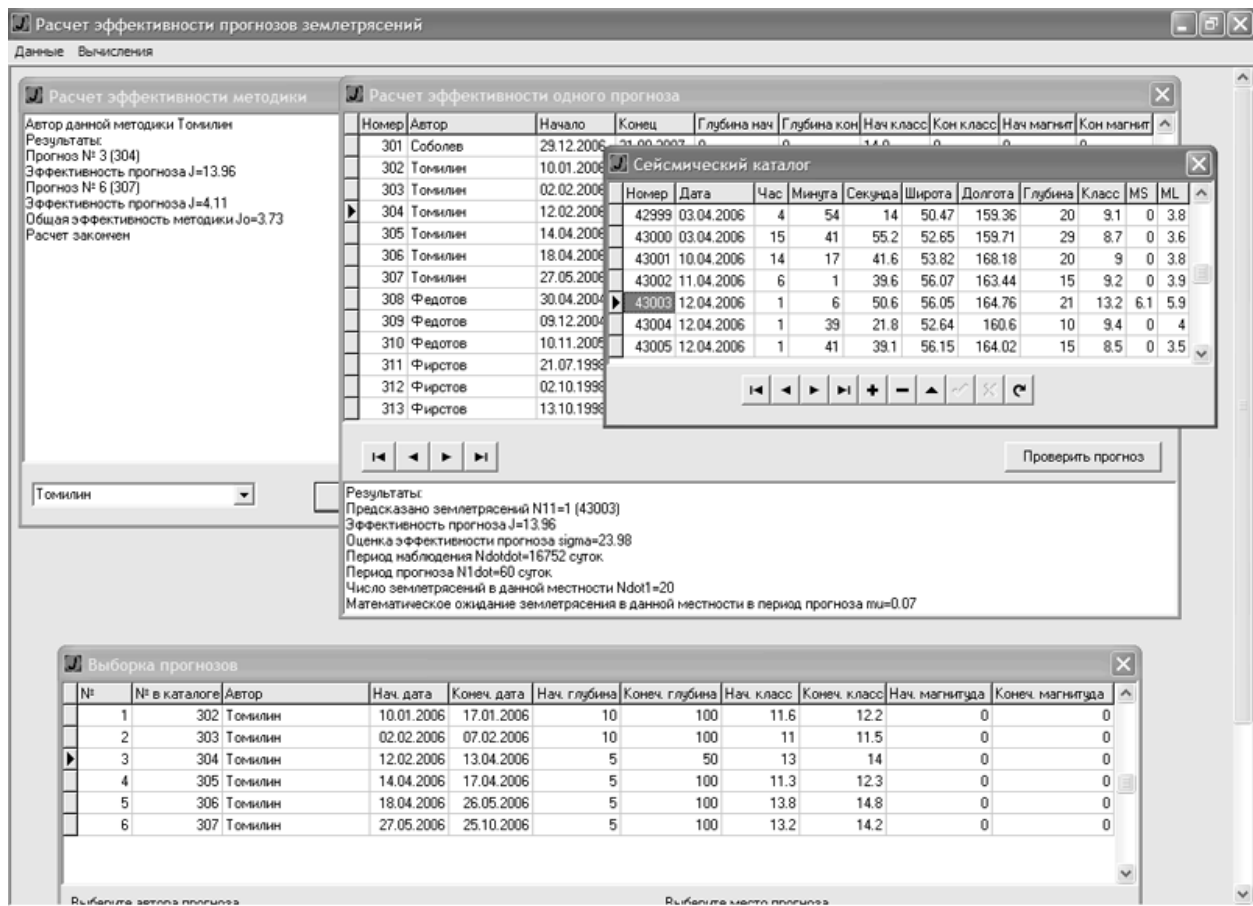


Рис. 6. Пример вычисления эффективности методики прогнозирования землетрясений.

В процессе вычисления были получены следующие основные результаты:

Всего прогнозов - 6

Удачных прогнозов - 2

Эффективность методики - 3.73

Предсказаны землетрясения:

1. Дата - 12.04.2006; Широта - 56.05° с. ш.; Долгота - 164.76° в. д.; Глубина (км) - 21; Класс - 13.2
2. Дата - 17.08.2006; Широта - 55.54° с. ш.; Долгота - 162.18° в. д.; Глубина (км) - 57; Класс - 13.3

Заключение

В настоящее время прототип системы способен вычислять эффективность методик прогнозирования и групп прогнозов одного автора. Ведется работа над расширением возможностей системы: увеличением числа способов вычисления эффективности методов прогнозирования, способностью фильтрации и вывода данных по нескольким признакам, возможностью создания отчетов, улучшением пользовательского интерфейса.

Список литературы

1. Гордеев Е.И., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К. Камчатское отделение федерального центра прогнозирования землетрясений: опыт работы и результаты // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 202-215.
2. Гордеев Е.И., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К. Предвестники камчатских землетрясений (по материалам Камчатского отделения Федерального центра прогнозирования землетрясений, 1998-2004 гг.) // Вулканология и сейсмология. 2006. №4. С. 3-13.
3. Гусев А.А. Прогноз землетрясений по статистике сейсмичности // Сейсмичность и сейсмический прогноз, свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке. Новосибирск: Наука, 1974. С.1 09-119.
4. Ласло М. Вычислительная геометрия и компьютерная графика на С++. М.: Бином, 1997. 302 с.