

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071900 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

Кошекковой Бибигуль Викторовны

«РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ОПЕРАТИВНЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА СЕЙСМОГРАММ»

Актуальность работы. В настоящее время применение радиоэлектронных и инфокоммуникационных технологий и прикладных компьютерных программ позволяют формировать новые научные подходы и инновационные решения в практически во всех фундаментальных исследованиях, способствуя обеспечению безопасности населения.

Сейсмология, находясь на стыке геологических и физических наук, в теоретическом аспекте изучает причины, сути и закономерности распространения землетрясений, а в прикладном - формирует знания для защиты от землетрясений путем прогнозирования и сокращения травматизма для населения и разрушения сооружений. С сейсмологией тесно связана сейсмометрия, занимающаяся разработкой методов и приборов регистрации сейсмических волн.

В Республике Казахстан землетрясение является актуальной проблемой из-за нахождения в зоне повышенного сейсмического риска с высокой частотой, например, в г. Алматы и Алматинской области фиксируется каждый год до 400 землетрясений. Актуальность проблемы сейсмической активности растет, поскольку запад и центр страны также вошли в зону риска, поскольку подземные толчки там стали достигать магнитуды более 6 баллов.

Практически в каждой стране ученые коллективы занимаются исследованиями по прогнозу землетрясений, однако, данный вопрос до сих пор эффективно не разрешен и продолжает оставаться актуальным. Прогнозирование землетрясений базируется на выявлении их предвестников, в частности сейсмических, геофизических, геохимических, гидродинамических и т.д. Но и их использование остается недостаточно эффективным из-за низкой информативности и устойчивости.

Вместе с тем установлено, что все предвестники землетрясений, в том числе в виде: форшоков, изменения деформаций и наклонов земной поверхности, скоростей пробега продольных и поперечных сейсмических волн, изменения уровня вод под землей, динамическое сжатие горных пород приводит к изменениям формы сейсмограмм. Следовательно, проводя глубокий анализ

сейсмологических сигналов, на основе интеллектуальных методов можно эффективно и качественно распознавать и идентифицировать предвестники землетрясений. Поскольку шумовые сигналы являются определенными проявлениями процессов подготовки разрушения, то их исследование достаточно интересно для прогнозирования землетрясений.

За последние пять лет, благодаря разработке и масштабному развитию инфокоммуникационных и компьютерных технологий, очень эффективным и перспективным направлением по анализу сейсмограмм стали технологии, базирующиеся на применении методов цифровой обработки радиотехнических сигналов: нейросетевые технологии, вейвлет–анализ, аналитическое и численное моделирование, теории нечетких множеств и т.д. В данном направлении исследователи получили серьезные результаты по установлению закономерностей в изменениях параметров сейсмограмм для прогнозирования землетрясения, однако необходимо провести еще ряд исследований по определению предвестников землетрясений и оценке их эффективности, и определению временных интервалов.

Сбор и анализ сейсмологической обстановки в Республике Казахстан проводится с помощью системы сейсмологического мониторинга, являющейся одной из лучших в Центральной Азии и охватывающей южные и юго-восточные регионы. В нее входят сети наблюдений: сейсмологических, геофизических, гидрогеологических, биологических и за современными движениями земной поверхности. Каждая сеть передает по телекоммуникационным каналам информацию в центр сбора, обработки и хранения данных.

Для обеспечения эффективной оценки сейсмологической активности на всей территории Казахстана требуется модернизация системы путем увеличения охвата территории наблюдения с включением центральных и западных регионов, создания быстродействующих и недорогих каналов передачи информации на основе современных средств радиоэлектроники и беспроводных технологий, в том числе данных о предвестниках землетрясений.

Целью настоящей диссертационной работы является исследование и разработка инфокоммуникационной системы с использованием интеллектуальных методов и алгоритмов сбора и обработки сейсмограмм с поиском оперативных предвестников землетрясений на основе современных радиотехнических и беспроводных технологий для повышения эффективности прогнозирования.

Задачи исследования:

- анализ проблем в сейсмологии по прогнозированию землетрясений и функционированию сетей наблюдения системы сейсмологического мониторинга;
- разработка и исследование эффективных и универсальных методов и алгоритмов анализа и обработки цифровых сейсмических сигналов для поиска оперативных предвестников землетрясений на основе идентификационных

измерений параметров формы и виртуальной частоты характеристик сейсмограммы;

- разработка компьютерных приборов на основе методов поиска оперативных предвестников землетрясений и их испытание на базе Лаборатории комплексного прогноза землетрясений ТОО «Институт сейсмологии» МОН РК;

- проведение экспериментальных исследований по определению оперативных предвестников землетрясений на основе анализа реальных сейсмограмм;

- разработка комплекса технических решений рекомендаций по модернизации сети сейсмологических наблюдений на основе использования беспроводных технологий 4G LTE и радиомостов Wi-Fi для обеспечения экономической эффективности и улучшения качественных параметров;

- разработка структуры инфокоммуникационной системы поиска оперативных предвестников землетрясений.

Объект исследования – радиотехнические методы цифровой обработки и интеллектуального анализа сейсмических сигналов и инфокоммуникационное оборудование сетей наблюдения системы сейсмологического мониторинга.

Предмет исследования – процессы извлечения информации о предвестниках землетрясений на основе интеллектуального анализа сейсмограмм при мониторинге, модернизация каналов передачи данных в сети сейсмологических наблюдений.

Методы исследования. В диссертации для достижения цели и решения задач применялись радиотехнические методы цифровой обработки случайных сигналов, интеллектуальные идентификации и распознавания, инструменты математического моделирования линейной алгебры и статистической радиотехники.

При разработке интеллектуальных компьютерных приборов и проведении эмпирических исследований активно применялись средства компьютерного и имитационного моделирования и автоматизации математических расчетов.

Модернизация каналов передачи данных сети сейсмологических наблюдений проводилась с применением технологии проектирования радиотехнических систем и на основе современной базы радиоэлектронных компонентов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующих положениях и результатах:

- сформирован общий подход к автоматизированному поиску оперативных предвестников землетрясений по определению информативных признаков на основе формирования дискретных идентификационных характеристик с одновременным сравнением с пороговыми значениями;

- предложен метод поиска «минутных» и «секундных» оперативных предвестников землетрясений, отличающийся тем, что обработка сейсмических сигналов сложной формы происходит на основе векторных идентификационных

измерений временных характеристик сейсмограммы и ее приращений, а поиск оперативных предвестников землетрясений реализуется по пороговому значению параметра формы;

- предложен метод поиска «часовых» оперативных предвестников землетрясений, отличающийся тем, что обработка сейсмических сигналов сложной формы происходит на основе векторных идентификационных измерений временных характеристик сейсмограммы и ее приращений, а поиск оперативных предвестников землетрясений реализуется по пороговым разнородным параметрам формы и виртуальной частоты;

- разработаны методика и алгоритм цифровой обработки сейсмограмм и комплексного поиска оперативных предвестников землетрясений, отличающаяся тем, что в процессе сейсмического наблюдения используются «секундные», «минутные» и «часовые» оперативные предвестники землетрясений с вероятностной оценкой прогнозирования землетрясений;

- разработаны методика и алгоритм цифровой обработки сейсмограмм и поиска оперативных предвестников землетрясений, отличающаяся тем, что в процессе сейсмического наблюдения последовательно определяются «минутные», «секундные» и «часовые» оперативные предвестники землетрясений независимо друг от друга;

- предложен комплекс технологических решений по разработке компьютерных приборов интеллектуального анализа сейсмограмм с поиском предвестников землетрясений, по модернизации и построению каналов передачи информации всех сетей наблюдения на основе применения радиомостов Wi-Fi и технологии LTE.

Практическая значимость.

Предложенные методы и алгоритмы цифровой обработки сейсмограмм и поиска оперативных предвестников землетрясений по параметрам формы и виртуальной частоты характеристик сейсмограммы являются практической основой для проектирования компактных и универсальных инструментов прогнозирования аварийных ситуаций и катастроф природного и техногенного характера с автоматической выдачей пользователю экспертных оценок, количественных параметров и лингвистических описаний в терминах, характерных для данной предметной области и принятых экспертами.

Разработанный компьютерный прибор позволяет осуществлять поиск оперативных предвестников землетрясений, встраивается в сети сейсмологических наблюдений, обеспечивая выдачу рекомендаций оператору по времени прогнозирования непосредственно в Центре сбора и хранения информации или Центральной сейсмической обсерватории Алматы, а также способствует пополнению базы оперативных предвестников землетрясений.

Предложена инфокоммуникационная система поиска оперативных предвестников землетрясений, включающая разработанный компьютерный прибор и беспроводные каналы передачи данных на основе радиомостов Wi-Fi и

технологии 4G LTE, интегрируемая в сети сейсмологических наблюдений и обеспечивающая высокоскоростную передачу информации на большие расстояния.

Связь с государственными программами.

Научные исследования, представленные в диссертационной работе, проводились в рамках грантового финансирования МОН РК НИР по темам: «Разработка компьютерных приборов и программно-аппаратных комплексов на основе теории идентификационных измерений и преобразований информационных сигналов и процессов для решения задач измерения, контроля, диагностики, испытаний и управления» (№ гос.регистрации 0196/ГФ) и «Разработка интеллектуальных компьютерных приборов и системы диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования» (№ гос.регистрации 2605/ГФ4-15-ОД).

Положения диссертации, выносимые на защиту (научные результаты):

- подход к цифровой обработке сейсмограмм на основе векторных измерений параметров формы и виртуальной частоты идентификационных характеристик;
- методы поиска оперативных предвестников землетрясений на основе векторных идентификационных измерений временных характеристик сейсмограммы и их приращений и сравнения с пороговыми значениями параметров формы и виртуальной частоты;
- методики и алгоритмы цифровой обработки сейсмограмм с комплексным поиском оперативных предвестников землетрясений;
- структуры компьютерных приборов поиска оперативных предвестников землетрясений;
- структура сети сейсмологических наблюдений с компьютерным прибором поиска оперативных предвестников землетрясений и каналами передачи информации на основе радиомостов Wi-Fi и технологии 4G LTE.

Апробация работы. В ходе диссертационного исследования были получены результаты, которые обсуждены и представлены на Международных конференциях «International Conference on Applied Mathematics, Modeling and Simulation» (AMMS, Shanghai, China, 2017) и «11th International Conference on Computer Science and Information Technologies» (CSIT, Yerevan, Armenia, 2017); Международных научно-практических конференциях «Технические науки: проблемы и решения» (Интернаука, Москва, Россия, 2018), «Проблемы развития технического потенциала и направления его повышения» (Стерлитамак, Россия, 2019) и «Козыбаевские чтения - 2018: Евразийский потенциал и новые возможности развития в условиях глобальных вызовов» (Петропавловск, Казахстан, 2018).

Публикации. Результаты диссертационного исследования были представлены в 21-ой научной работе, в том числе в двух патентах РК, в 5

статьях, в изданиях, рекомендуемых ККСОН МОН РК, в 3 статьях в международных научных журналах, имеющих ненулевой импакт фактор по данным Journal Citation Reports компании Clarivate Analytics и Scopus, в 8 работах, отраженных в трудах международных научных конференций, в том числе две конференции - в базе данных Journal Citation Reports компании Clarivate Analytics и Scopus.

Личный вклад автора.

Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований получены автором самостоятельно. В печатных работах, которые написаны в соавторстве, соискателю принадлежит ведущая роль при обобщении и анализе полученных результатов.

Структура диссертации.

Диссертация состоит из следующих основных элементов:

- ввводной части;
- основной части, включающей четыре раздела;
- заключения;
- списка использованных источников;
- и трех приложений.

Работа изложена на 124 страницах компьютерного текста, включает 51 рисунок, 13 таблиц и 124 наименований библиографических источников.

В первом разделе диссертации даны основные понятия и направления развития, используемые в сейсмологии, представлены результаты анализа текущего положения, предпосылки поиска предвестников землетрясений.

Во втором разделе диссертации описана методика поиска оперативных предвестников землетрясений, представлена математическая модель описания временной характеристики сейсмограмм, разработана структура интеллектуального компьютерного прибора комбинированной методики поиска оперативных предвестников землетрясений.

В третьем разделе диссертации представлены экспериментальные исследования поиска оперативных предвестников землетрясений, на основе идентификационных методов (*S*-метода и *FRaSH*-метода) были разработаны два измерительных канала компьютерного прибора, предложены две методики для поиска оперативных предвестников землетрясений, а их алгоритмы представлены в виде блок-схем.

В четвертом разделе диссертации выработаны инженерно-технические решения по модернизации каналов передачи данных с применением современных беспроводных инфокоммуникационных технологий, таких как технологии 4G LTE и Wi-Fi радиомосты, обеспечивающие высокоскоростную передачу информации в сети сейсмологических наблюдений.