

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Еременко Александра Сергеевича "Автоматический мониторинг тропических циклонов по данным метеорологических спутников Земли", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертация А. С. Еременко состоит из введения, четырех глав и заключения. Общий объем работы 104 страницы машинописного текста, она иллюстрирована 31 рисунком. Список использованной литературы включает 83 наименования.

Во введении обосновывается актуальность выполненных в диссертации исследований, формулируется цель работы, рассматривается научная и практическая значимость результатов, приводятся сведения об апробации и реализации основных положений диссертации.

В первой главе диссертации автором анализируется современное состояние изученности проблемы мониторинга тропических циклонов (ТЦ). Она начинается разделом, в котором рассматриваются способы определения параметров ТЦ:

- диагностика с помощью радиозондов;
- моделирование атмосферы при метеорологическом прогнозировании;
- применение методов дистанционного зондирования Земли из космоса.

В главе приводится обзор существующих методов и подходов к ручному и автоматическому мониторингу ТЦ. В конце главы обозначены направления исследований для решения проблемы автоматического мониторинга ТЦ, нахождения его геометрических и термодинамических характеристик.

Автор на основании обобщения опубликованной информации об исследованиях ТЦ показывает, что использование микроволновых измерений для диагностики их параметров (температуры, скоростей ветра в различных частях, определения зоны осадков) обладает несравненными преимуществами перед использованием в этих целях изображений с радиометров, снимающих в видимом диапазоне электромагнитного спектра излучений. Однако данные измерений в ИК- и видимом диапазонах помогают уточнять параметры микроволновых измерений в силу их более высокого пространственного разрешения. Анализ информации об исследованиях геометрических и термодинамических характеристик циклонов, выполненный в диссертационной работе, свидетельствует об актуальности проблемы автоматизированного мониторинга ТЦ.

Вторая глава посвящена разработке алгоритмов автоматического детектирования «глаза» ТЦ, центра ТЦ на основе модели круговой циркуляции ветра, приведены результаты апробации методов на 3-х летней серии изображений облачности Дальневосточного региона.

Особого внимания в этой главе заслуживает предлагаемая автором методика автоматизированного обнаружения центра циклона. Автором рекомендуется к использованию простейшая модель замкнутой циркуляции – круговая. В качестве исходного материала для выделения центров циклонов были использованы архивные изображения Японского метеорологического агентства (JMA) и Объединенного центра предупреждения о тайфунах США (JTWC) в ИК- и видимом диапазонах. По данным 206 изображений, полученных со сканеров геостационарного спутника GMS-5 (летние снимки 2000 – 2002 г.), а также снимков со спутника MSAT-1R автором построены карты доминантных ориентаций

термических контрастов (ДОТК), которые использовались для выделения круговой циркуляции в кластерах облачности. По данным изображений с GMS-5 и MSAT-1R прослежены траектории движения центров 8 циклонов на всех стадиях их жизненного цикла от зарождения до затухания и распада.

В процессе исследования автором разработаны два автоматических метода: оценка местоположения центра ТЦ по структурным картам облачности в форме доминантных ориентаций ее контрастов и вспомогательный – выделение «глаза» ТЦ с оценкой его размера по полутоновым изображениям. Алгоритм обнаружения центра ТЦ основан на расчете модифицированного t -критерия разделимости двух участков изображения с различной яркостью. Данный алгоритм прошел апробацию на примере расчетов для ИК-изображений со спутника MTSAT-1R. По заданному облачному кластеру скользит квадратное окно S_2 , внутри которого есть круглое окно S_1 меньшего размера. В двух областях S_1 и S_2 , на которые делятся пиксели изображения, происходит расчет критерия U , характеризующего разделимость областей. Для каждого квадратного окна подсчитываются несколько значений U при разных размерах окна S_1 . Выбирается размер окна S_1 , который дает максимальное значение критерия. Размер окон определяли исходя из предположений о максимально возможном размере глаза ТЦ. Так, размер квадратного окна был выбран равным 120 км. Минимальный радиус внутреннего окна составлял 5, а максимальный – 100 км. Для верификации подхода привлекались также поля приводного ветра, рассчитанные по спутниковым микроволновым измерениям.

Предложенная расчетная процедура демонстрирует высокую устойчивость автоматического выделения ТЦ – всего семь пропусков при обработке 206 изображений, которые пришлось на два тайфуна. Одной из причин пропусков является установленное значение критерия для выделения замкнутой циркуляции, позволяющее осуществить отбраковку большинства ложных объектов. Поэтому понижение порогового значения критерия привело бы к росту числа этих объектов. Другая причина пропусков ТЦ – слишком высокая температура верхней кромки облачности. Как правило, наблюдается расслоение облачности на холодный кластер с отсутствующей спиральностью облачных полос и на теплую облачность с характерной спиральностью. Полученная на тестовой выборке величина стандартного отклонения в 37 км для сильных ТЦ сопоставима с расхождениями оценок центра ТЦ по версиям JTWC и JMA в случае отсутствия «глаза». На изображениях слабых ТЦ форма циркуляции отличается от круговой более существенно, и величина стандартного отклонения достигает значения в 113 км, а максимальное единичное отклонение при сравнении с данными JMA составило 265 км. Анализ этого случая показал, что при сравнении с полем приводного ветра возникают существенные отклонения для всех рассматриваемых оценок центра ТЦ, включая оценки JMA и JTWC. В связи с этим возникает вопрос о положении центра в случае со слабыми ТЦ.

В результате экспериментов было выявлено, что для успешной фильтрации ложных объектов обычно достаточно задействовать серию из 3-х последовательных по времени съемки ИК-изображений. У ложно выделенных объектов расстояние до соседних объектов, выделенных на предыдущем изображении, обычно не менее 500 км. ТЦ физически не в состоянии переместиться на указанное расстояние в течении времени, прошедшего с момента предыдущего ИК-снимка (от 15 - 60 мин). Данное свойство успешно используется для отбраковки ложных объектов.

В третьей главе соискатель приводит результаты построения гиперболически-логарифмических спиралей облачно-дождевых полос,

позволяющих улучшить точность определения центра ТЦ, и оценку интенсивности ТЦ.

В результате экспериментов с использованием гиперболически-логарифмической спирали были получены значения коэффициента трения k для нескольких ТЦ. Данные значения коэффициента находятся в теоретически допустимых пределах его значений с некоторым смещением в сторону нижней границы. Показана возможность использования спирали для расчёта максимальной скорости ветра в ТЦ, а также возможность использования гиперболически-логарифмической спирали для уточнения центра ТЦ путём минимизации средних отклонений между ДОТК и касательными к спирали.

Для восстановления динамических характеристик ТЦ рассчитывались и строились вертикальные атмосферные профили температуры и влажности, которые сравнивались с данными обработки европейскими пакетами программ AAPP, RTTOV. Расчёты ТЦ двумя способами (MELOR и VAMCO) показали соответствие вычисленного падения давления с оценками JMA.

В работе отмечается, что в центре ТЦ влагосодержание, как правило, имеет ярко выраженный пик. Это свойство можно использовать также для уточнения положения центра развитого тайфуна, когда глаз закрыт облачными образованиями в верхней тропосфере ТЦ. Атмосферные профили позволяют вычислять в произвольной точке скорость ветра и падение давления – ключевые параметры для оценки интенсивности тропического циклона. В верхней тропосфере, где влиянием тайфуна можно пренебречь, давление можно считать постоянным и независимым от расстояния до центра. В качестве такого уровня автором принят уровень в 5 ГПа. Для расчета перепада давления использовались два уравнения, соответствующие атмосферным профилям в центре ТЦ и на его периферии. Они позволили получить соотношение между давлениями в центре и на периферии. Полагая, что давление на периферии приближается к стандартному (1010 ГПа), можно оценить величину падения давления в ТЦ.

В четвертой, завершающей главе диссертации, представлена схема создания системы автоматического мониторинга тропических циклонов для построения треков ТЦ. В качестве базовой информации используются ИК-изображения с геостационарных спутников MTSAT с пространственным разрешением в 4 км. Такие изображения поступают в оперативном режиме с приёмных станций спутникового центра ДВО РАН.

Для каждого изображения производится расчёт карты доминантных ориентаций термических контрастов на многопроцессорном кластере. Для автоматического обнаружения центра ТЦ используются ранее разработанные алгоритмы обнаружения «глаза» и центра ТЦ на основе карт ДОТК. В общей схеме работы системы также имеется модуль построения треков ТЦ с последующей автоматической отбраковкой ложных объектов.

Исходные спутниковые данные для построения профилей для траекторий ТЦ, расположенных вне зоны наблюдения спутникового центра ДВО РАН берутся из базы NOAA с помощью автоматической системы оформления и получения заказов в оперативном режиме.

В заключении подводятся итоги выполненного исследования: отмечается, что основным направлением представленной работы являлось создание и реализация технологии автоматического мониторинга тропических циклонов по данным дистанционного зондирования с метеорологических спутников Земли, а также приводятся основные результаты работы. Выделены следующие результаты:

1. Разработаны два автоматических метода: основной – оценка местоположения центра ТЦ по структурным картам облачности в форме доминантных ориентаций ее контрастов и вспомогательный – выделение «глаза» ТЦ с оценкой его размера по полутоновым изображениям.

2. Показана возможность использования гиперболически-логарифмической спирали для уточнения положения центра и расчёта максимальной скорости ветра в ТЦ с использованием структурных карт облачности в виде ДОТК. Отмечается, что регулярное несоответствие формы спирали облачно-дождевым полосам требует пересмотра физической модели её формирования.

3. Использование траектории ТЦ совместно с вертикальными атмосферными профилями температуры и влажности, восстанавливаемыми европейскими пакетами программ, позволяет получать трёхмерную структуру ТЦ и оценивать перепад давления.

4. Разработана система автоматического мониторинга ТЦ с использованием созданных методов автоматического поиска ТЦ. Система была интегрирована в структуру распределённой системы обработки ЦКП «Регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН».

В целом, в работе автором продемонстрировано хорошее владение технологиями и методами обработки данных дистанционного зондирования. Однако можно констатировать, что в своем исследовании А. С. Еременко вместо полей скоростей облачного ветра анализирует карты доминантных ориентаций термических контрастов – ДОТК, которые дают меньше возможностей для поиска по ним замкнутой циркуляции. По изображениям, полученным со сканеров геостационарных спутников возможно построение полей скоростей облачного ветра ТЦ. Для автоматического выделения ТЦ целесообразнее использовать карты облачного ветра. В работе этот подход даже не рассматривался. Кроме того, для определения скоростей ветров в различных частях циклонов лучше применять снимки более высокого разрешения, нежели с геостационарных спутников (NOAA, TERRA).

В методике Дворака используются шаблоны структуры облачности для распознавания типов тропических циклонов. Можно использовать эти шаблоны и для поиска ТЦ по изображениям облачности. Естественно возникает вопрос: почему данный подход не применяется в работе?

В диссертационной работе имеется ряд недостатков, которые можно отнести скорее к погрешностям и недочетам оформления и неточностям формулирования, чем к ошибкам.

Во введении работы после формулировки цели напрашивается абзацный отступ:

«Целью диссертационной работы является исследование, разработка и реализация технологии автоматического мониторинга тропических циклонов по данным спутникового дистанционного зондирования с определением их геометрических характеристик и построением траектории движения.

В работе используются спутниковые структурные карты облачности в форме доминантных ориентаций термических контрастов (ДОТК) и вертикальные профили температуры и влажности атмосферы ...».

В работе такого отступа нет.

Примером неточных формулировок могут быть следующие:

«В главе были применены различные подходы к улучшению точности определения центра...» (стр. 76);

«Как показано в работе [19] на этапах зарождения и затухания ТЦ могут быть представлены скоплением нескольких мезомасштабных вихрей» (стр. 91).

Удобнее читать текст, если в нем указывается, что в работе Е. Ю. Потаповой с соавторами [19] рассматривается вопрос о скопении нескольких мезомасштабных вихрей в центральной области ТЦ на этапах зарождения и затухания.

При прочтении работы обнаруживаются недочеты и описки.

Например:

«пара метр U^* » (стр. 41);

«Кроме того, возможна ...» (отсутствует запятая на стр. 90).

Основные результаты работы в автореферате изложены лучше, чем в диссертационной работе.

Несмотря на то, что диссертационная работа А. С. Еременко имеет ряд погрешностей и описок, в целом, она производит весьма благоприятное впечатление. Безупречное знание предмета исследования, совершенство владения методами его изучения, грамотное изложение материала, хорошая иллюстрированность диссертационной работы и автореферата сглаживают негативный эффект от неточностей оформления.

Анализируя диссертационную работу А. С. Еременко, следует отметить, что она посвящена актуальной проблеме — разработке технологии автоматического мониторинга тропических циклонов, своевременное распознавание которых будет способствовать снижению риска для населения при их прохождении. Новые результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для российской науки и практики в области математического и программного обеспечения компьютерных систем, используемых при мониторинге природных процессов. Работа базируется на большом фактическом материале, который хорошо систематизирован и оформлен. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы и достоверны. Автореферат, а также опубликованные соискателем материалы соответствуют основному содержанию диссертации.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые создана и исследована технология автоматического обнаружения тропических циклонов по данным карт доминантных ориентаций термических контрастов, показавшая высокую надежность обнаружения ТЦ на различных стадиях его эволюции, создан и апробирован новый подход выделения «глаза» ТЦ с оценкой его размера по полутоновым изображениям, показана применимость гиперболически-логарифмической спирали изображений облачно-дождевых структур для оценки его физических и геометрических параметров.

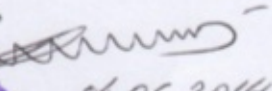
Достоверность результатов выполненных исследований определяется корректным применением методов расчетов, подтверждается результатами вычислительных экспериментов, а также сопоставлением с результатами общепризнанных методов и натурных наблюдений.

Обоснованность положений и выводов, сформулированных в диссертации, прошла серьезную апробацию: результаты исследований опубликованы и обсуждались на конференциях различного уровня. Основные научные и практические результаты работы опубликованы в 13 работах, среди которых 4 из списка изданий, рекомендованных ВАК (Автоматический расчет траектории тропических циклонов по данным геостационарного спутника MTSAT-1R // Современные проблемы дистанционного исследования Земли из космоса. 2007. Т. 4. № 2. С. 9 – 14 (в соавторстве с А. И. Алексаниным); Автоматический расчёт траекторий тропических циклонов по данным геостационарных метеорологических

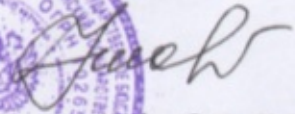
спутников // Исследование Земли из космоса. 2009. № 5. С. 22 – 31 (в соавторстве с А. И. Алексаниным); Автоматический расчёт параметров спиральной закрутки тропического циклона по спутниковым изображениям для оценки его динамических характеристик // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2010, Т. 7, № 4, с. 21 – 26(в соавторстве с А. И. Алексаниным); Опытная эксплуатация системы автоматического мониторинга тропических циклонов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т.10. №1. С. 320 – 327), а также докладывались и обсуждались на международных и отечественных конференциях и семинарах.

Диссертационная работа отвечает требованиям Положения ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – **Ерёменко Александр Сергеевич** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент –
доктор технических наук, зав. кафедрой
геологии и природопользования,
декан Технического нефтегазового института
Сахалинского государственного университета,
профессор кафедры,


В. А. Мелкий

Подпись В. А. Мелкого заверяю
Ученый секретарь СахГУ


Г. Д. Ушакова

693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290
Тел. +79841397077
e-mail: vamelkiy@mail.ru

