

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБУ «ГГО»
д-р физ.-мат. наук

В. М. Катцов

«07» ноября 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» на диссертационную работу Мизяка Василия Геннадьевича «Ансамблевая система усвоения данных с использованием спутниковых наблюдений ветра», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – «Науки об атмосфере и климате»

Актуальность темы диссертации

Подготовка начальных данных является необходимым и наиболее важным этапом любой системы гидродинамического метеорологического прогнозирования. При этом решаются две задачи: наиболее точное описание начального состояния атмосферы и адекватное описание неопределенности, связанной с неизбежными ошибками на основе ансамблевого подхода. Диссертационная работа В.Г. Мизяка направлена на разработку ансамблевого усвоения данных, с использованием контактных наблюдений за состоянием атмосферы и, ранее не учитываемых в отечественных системах усвоения спутниковых наблюдений ветра, включая применение этой системы для ансамблевого среднесрочного прогноза погоды.

Содержание и основные результаты работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

Первая, самая большая глава диссертации, посвящена подробному обзору литературы, касающемуся всех основных аспектов разрабатываемой темы. Диссертантом проведен критический анализ существующих подходов и методов усвоения, показаны преимущества и обоснован выбор локального ансамблевого фильтра Калмана для подготовки ансамбля начальных состояний атмосферы при расчете среднесрочных прогнозов. Дана характеристика различных видов метеорологических наблюдений, включая спутниковые наблюдения ветра, позволяющие существенно восполнить недостаток информации в труднодоступных районах, и ранее не используемые в отечественных системах усвоения

данных. Во второй главе подробно изложена ансамблевая система усвоения, разработанная в Гидрометцентре России при активном участии диссертанта. Дана характеристика всех составных частей системы усвоения, включая: перечень данных наблюдений, методы их контроля, настройка локализации данных и ковариации ошибок, описание используемой в прогнозе модели ПЛАВ. Подробно рассмотрены способы инфляции матрицы ковариаций ошибок первого приближения, позволяющие избежать переоценки точности модельного прогноза, и выполненная диссертантом настройка параметров случайного шума, добавляемого к полям в ансамблевой системе усвоения данных. Приводится описание программной реализации фильтра для запуска её на массивно-параллельных вычислительных кластерах.

Третья глава посвящена изложению разработанной диссертантом процедуры усвоения спутниковых наблюдений ветра AMV (Atmospheric Motion Vectors). Важный вклад диссертанта заключался в разработке методик переопределения высоты наблюдений. В диссертации рассмотрены также способы учета пространственной корреляции ошибок данных AMV, выполнена настройка параметров при моделировании матрицы ковариаций. Численные эксперименты по настройкам и включению данных AMV в итоговый анализ проверялись на каждом этапе сравнением результатов прогнозирования с данными радиозондов, оперативным анализом Гидрометцентра России, а также сравнением средних квадратических ошибок по сериям прогнозов, рассчитанных с учетом и без учета данных AMV. Наглядно показано, что учёт свойств данных спутниковых наблюдений ветра AMV повышает точность полей ансамбля начальных данных и рассчитанных по ним прогнозов.

В четвертой главе изложена технология глобального ансамблевого среднесрочного прогноза на основе модели ПЛАВ с использованием ансамбля анализов, полученного при усвоении данных контактных наблюдений и спутниковых наблюдений AMV с помощью локального ансамблевого фильтра Калмана. Полученный ансамбль подвергается центрированию относительно оперативного объективного анализа Гидрометцентра России. Это оказалось необходимо на данном этапе в связи невозможностью использования в системе усвоения большей части спутниковых наблюдений, являющихся дополнительным источником информации о состоянии атмосферы, особенно в южном полушарии. Диссертантом реализован блок верификации прогнозов, включающий расчет критериев, используемых Ведущем центре верификации систем ансамблевого прогноза. Основное внимание уделено оценкам вероятностных свойств ансамблей, влияющих на успешность вероятностных прогнозов. Представлены результаты оперативных испытаний разработанной технологии, по результатам которых технология внедрена в оперативную работу Гидрометцентра России.

Научная новизна и практическая значимость

В диссертации В.Г. Мизяка впервые в России в ансамблевую систему усвоения данных включены спутниковые данные ветра AMV. При усвоении данных применено моделирование ковариаций ошибок наблюдений. Исследовано влияние свойств ошибок спутниковых наблюдений ветра на точность анализа и среднесрочного прогноза погоды.

Практическая значимость диссертации подтверждена результатами испытаний, показавшими эффективность включения спутниковой информации о ветре в ансамблевую систему усвоения данных и выражающуюся в уточнении описания начального состояния атмосферы и повышении успешности среднесрочных прогнозов. Разработанная ансамблевая система усвоения использована в технологии ансамблевого среднесрочного прогноза погоды, которая внедрена в оперативную практику Гидрометцентра России.

Личный вклад автора состоял в исследовании и учете в системе усвоения свойств ошибок спутниковых наблюдений ветра AMV, настройке параметров аддитивной инфляции в ансамблевой системе усвоения, разработке общего алгоритма и программной реализации системы среднесрочного ансамблевого прогноза, включая систему верификации прогнозов.

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов

Обоснованность научных выводы диссертации обеспечивается результатами многочисленных экспериментов по сравнению результатов с данными наблюдений и полями объективного анализа Гидрометцентра России, а также результатами верификации прогнозов с применением современных статистических методов.

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты работы могут использоваться, и уже внедрены в технологии подготовки среднесрочных прогнозов Гидрометцентра России. Опыт диссертанта и предложенные подходы могут также использоваться при разработке усвоения данных новых наблюдательных и прогностических систем.

Апробация работы и публикации

По теме диссертации опубликовано 6 работ, в том числе 4 статьи в научных изданиях, рекомендованных ВАК. Промежуточные и итоговые результаты работы многократно докладывались автором на научных семинарах, всероссийских и международных конференциях. Диссертантом получено 3 свидетельства Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ. Внедрение технологии ансамблевого прогноза метеорологических полей с заблаговременностью до 10 суток, использующей результаты

настоящей диссертационной работы подтверждено Актом о внедрении № 1 ЦМКП/2022/ от 26.12.2022 г.

Соответствие диссертации автореферату и паспорту специальности

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы. Диссертация по своей тематике, направленности и полученным результатам соответствует паспорту специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате, в частности пунктам:

п.1 - Методы наблюдений, измерений и обработки данных об атмосфере и климатической системе. Применение радиолокационной, лазерной, спектрометрической, радио- и спутниковой аппаратуры. Ракетное, самолетное, лазерное, акустическое, спектрометрическое и микроволновое зондирование.

п.2 - Вычислительные методы и технологии систем анализа и усвоения данных наблюдений. Геоинформационные системы в метеорологии, климатологии и агрометеорологии.

п.14 - Гидродинамические, физико-статистические и синоптические методы, модели и технологии прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности, включая сверхкраткосрочные прогнозы. Взаимодействие между атмосферными процессами в полярных и умеренных широтах и между процессами в умеренных широтах и тропиках и их моделирование. Антропогенное загрязнение атмосферы, перенос примесей, оценка концентраций и прогноз загрязнений. Предсказуемость атмосферных процессов.

Диссертационная работа в целом написана грамотным языком, характеризуется логичностью и последовательностью изложения, однако имеются отдельные неточности и технические ошибки.

Некоторые вопросы и замечания по диссертационной работе

1. Подраздел 2.1, «Состав системы усвоения», не отражает его заголовка и содержит всего 11 строк с минимумом информации. Здесь логично было бы привести блок-схему, отражающую основные составные элементы и этапы по аналогии со схемой, представленной в подразделе 2.9.

2. В разделе 2.6 диссертации эффективность настройки инфляции матрицы ковариаций ошибок первого приближения проверяется посредством сравнения разброса ансамбля и среднеквадратической ошибки (СКО) среднего по ансамблю прогноза. Отмечается, что диссертант добивался максимального совпадения этих величин при заблаговременности 24 и 48 часов. Результаты сравнений, по расчетам без инфляции и с инфляцией, иллюстрируются графиками на рисунках 2.3 и 2.4, однако видимого улучшения в соответствии разброса

ансамбля и СКО за счет включения инфляции на графиках не заметно (на рис.2.2 видно уменьшение обеих характеристик, а на рис.2.4 – уменьшение СКО). В диссертации рисунки не комментируются. Желательно пояснить, что хотел показать диссертант.

3. На разных этапах настройки усвоения данных AMV в диссертации приводятся оценки ошибок прогнозов, полученные по данным расчетов дважды в сутки в течение одного месяца. Желательно пояснить, учитывалась ли временная связность результатов этих экспериментов при определении доверительных интервалов ошибок прогнозов.

4. Система верификации прогнозов является одним из значимых вкладов автора. Она довольно подробно описана в диссертации, однако содержит некоторые неточности изложения. Например, в расшифровке обозначений весовых коэффициентов, пропорциональных площади сферических трапеций и зависящих от широты, написано, что φ - долгота. Кроме того, желательно было бы оформить всю разработанную систему верификации в виде развернутой блок-схемы. Автор упоминает, что для приземных прогностических полей и осадков системой предусмотрена верификация по данным наблюдений с наземных метеорологических станций, однако далее эта часть не раскрыта.

5. Подписи к рисункам в тексте диссертации не всегда полно отражают содержание, на рисунках отсутствует легенда с расшифровкой обозначений:

Подписи к рис.3.3 и 3.4 не отражают факта сравнения ошибок прогнозов, рассчитанных с учетом и без учета переопределения высоты наблюдений. Кроме этого, они одинаковы и не содержат указания на регион (северное или южное полушарие).

Рисунок 3.5, содержащий результаты верификации по данным радиозондов в тексте не поясняется.

В автореферате на стр.10 указано, что на рисунке 2 приводится сравнение осреднённых за январь 2015 года среднеквадратических ошибок прогностических переменных по внетропической части Северного и Южного полушарий, однако данных по Южному полушарию на рисунке нет.

6. Стр. 21: В тексте $\eta=y^0 - H(x^t)$, должно быть $\eta=y^0 - H(x^b)$.

7. Стр. 23: В тексте $N(H(x), P^b)$, должно быть $N(H(x), R)$.

8. Стр. 24: В тексте $H(x^t)$, должно быть $H(x^b)$.

9. Стр. 33: В тексте «размерности k », должно быть «размерности $n \times k$ ».

10. Стр. 71: В выражении 2.5 знак перед дробью лучше вынести.

11. Стр. 82: В выражении для L_{im} один из векторов должен быть V_m .

12. Стр. 90: В тексте «Здесь диагональная...», должно быть «Здесь D - диагональная...».

13. Стр. 108: Нужен ли индекс i после скобки в выражении 4.2?

Заключение

Сделанные замечания не умаляют достоинств диссертационной работы Мизяка Василия Геннадьевича «Ансамблевая система усвоения данных с использованием спутниковых наблюдений ветра», которая является завершенной научно-квалификационной работой в актуальном направлении исследований. Диссертация полностью удовлетворяет требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней утвержденного Постановлением Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в ред. от 25.01.2024), а её автор Мизяк Василий Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на заседании семинара отдела динамической метеорологии и климатологии ФГБУ «ГГО», протокол № 3 от 23 октября 2024 г.

Отзыв составили:

Заведующий отделом динамической метеорологии и климатологии
Федерального государственного бюджетного учреждения
«Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова»
Кандидат физико-математических наук


Школьник И.М.

Ведущий научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения
«Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова»
Кандидат географических наук


_Мирвис В.М.

194021, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Карбышева, д.7
+7(812)297-43-90, <http://voeikovmgo.ru>, director@main.mgo.rssi.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова»

Личную подпись Школьника И.М., Мирвис В.М. заверяю

Ученый секретарь ФГБУ «ГГО»


шанина И.Н..

07 ноября 2024 г.