

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Каргаполовой Нины Александровны «Алгоритмы численного статистического моделирования нестационарных метеорологических и биоклиматических процессов», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.07 – вычислительная математика

1. Актуальность темы исследований

Стохастический подход к моделированию и исследованию метеорологических и климатических процессов положительно зарекомендовал себя в течение нескольких последних десятилетий. Разработанные модели («генераторы погоды») активно используются в климатологии и метеорологии при исследовании изменений климата, в гляциологии и гидрологии при прогнозировании различных процессов. Естественно, что в последние десятилетия всё больше внимания уделяется влиянию на человека различных факторов окружающей среды. В этой связи в моделях метеорологических и климатических процессов появилось множество биоклиматических индексов (БКИ), используемых при исследовании влияния комбинаций погодных условий на обострение различных заболеваний. Эти БКИ зачастую используются в различных системах предупреждения. При исследовании свойств биоклиматических процессов, характеризующихся изменением биоклиматических индексов во времени и пространстве, традиционно используется 2 подхода: статистический и динамический. Автор диссертации развивает новый, где биоклиматические процессы рассматриваются как случайные процессы и поля, которые могут быть исследованы с использованием аппарата стохастического моделирования.

Тема исследований, несомненно, актуальна. Содержание диссертации соответствует формуле и области исследований (пп. 1, 2 и 4), очерченных паспортом специальности 01.01.07 – вычислительная математика.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми, опубликованы в 33 статьях автора, среди которых 22 – в изданиях, индексируемых Web of Science и/или SCOPUS, из них 12 статей в журналах из списка, рекомендованного ВАК.

Диссертация объемом 247 страниц включает введение, 4 главы основного содержания, заключение, список использованных источников из 210 наименований, включая публикации автора по теме диссертации, 3 приложения.

В **первой главе** диссертации (36 стр.) предложены алгоритмы моделирования двумерных однородных случайных полей с корреляционными функциями специального вида. Рассмотрены вопросы стохастической интерполяции стационарных и нестационарных случайных процессов, представляющей собой рандомизированный вариант метода интерполяции обратных взвешенных расстояний. Изучена корреляционная структура процесса с непрерывным аргументом, построенного с помощью стохастической интерполяции процесса с дискретным аргументом. Предложен алгоритм моделирования условных негауссовских процессов с точечными условиями, основанный на методе нормализации, и алгоритм с интервальными условиями, базирующийся на комбинации метода

обратных функций распределения либо с методом исключения, либо с методом моделирования условных гауссовских процессов со специальным образом выбранными точечными условиями.

Во **второй главе** диссертации (47 стр.) разрабатываются, исследуются и верифицируются стохастические «генераторы погоды». Предлагаются алгоритмы стохастического моделирования временных рядов и пространственно-временных полей для комплексов метеорологических параметров и их специальных характеристик. Предложен стохастический «генератор погоды», предназначенный для моделирования совместного пространственно-временного поля приземной температуры воздуха, вектора скорости ветра и количества осадков на сети метеорологических станций, расположенных в южной части Байкальской природной территории. Поле моделируется в предположении о его пространственной неоднородности и временной периодической коррелированности с периодом равным 1 суткам. Для моделирования негауссовского поля применялись метод нормализации и предложенный итерационный алгоритм.

В **третьей главе** (65 стр.) приводятся результаты разработки, исследования, верификации и сравнения различных моделей временных рядов, пространственных и пространственно-временных полей биоклиматических индексов (индекса холодного стресса (ИХС), биоклиматического индекса суровости метеорежима, индекса жары, энтальпии влажного воздуха). Модели базируются на 2-х подходах: на применении стохастических «генераторов погоды» и на непосредственном применении формул для каждого из рассматриваемых биоклиматических индексов. На втором подходе, в частности, построены и верифицированы модели пространственно-временного поля среднесуточного индекса жары на сети метеостанций, расположенных на юге России, а также пространственного и пространственно-временного полей ИХС на юге Западной Сибири (на сети метеостанций и на регулярной сетке).

В **четвёртой главе** (43 стр.) рассмотрено семейство конструктивно определенных периодически коррелированных кусочно-постоянных и кусочно-линейных случайных процессов с непрерывным аргументом, построенных на основе стационарных случайных процессов с дискретным аргументом и случайных потоков точек различного типа. Исследуются некоторые свойства асимптотических периодически коррелированных случайных процессов, в том числе, кусочно-постоянных процессов, построенных с использованием точечных потоков.

В **заключении** формулируются основные полученные результаты и намечены перспективы исследований в развиваемом научном направлении.

В **трёх приложениях** кратко описывается моделирование гауссовских и негауссовских случайных векторов, приводится перечень метеорологических станций, представлены некоторые результаты верификации моделей, рассмотренных в 3-ей главе

3. Обоснованность и достоверность полученных результатов

Результаты автора опираются на корректное применение аппарата вычислительной математики, теории вероятностей и математической статистики, теории статистического моделирования, на методы статистической метеорологии и климатологии.

Достоверность полученных соискателем результатов подтверждается согласованностью выводов, формируемых на основании моделирования исследуемых процессов с использованием разработанных алгоритмов, с результатами других авторов, получаемых при решении аналогичных или близких задач, и не противоречат последним.

4. Научная и практическая ценность основных положений диссертации

Научная и практическая ценность диссертации заключается:

- в разработке алгоритмов моделирования двумерных однородных случайных полей с корреляционными функциями специального вида, алгоритмов стохастической интерполяции стационарных и нестационарных процессов и неоднородных полей, алгоритмов моделирования условных негауссовских процессов;
- в разработке стохастических «генераторов погоды» для моделирования комплексов нестационарных метеорологических процессов и неоднородных пространственно-временных полей;
- в разработке алгоритмов стохастического моделирования временных рядов, пространственных и пространственно-временных полей биоклиматических индексов, учитывающих нестационарность по времени и неоднородность по пространству;
- в разработке алгоритмов моделирования периодически коррелированных кусочно-постоянных и кусочно-линейных случайных процессов;
- в разработке алгоритмов моделирования асимптотических периодически коррелированных кусочно-постоянных случайных процессов.

5. Рекомендации по возможности использования результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Каргаполовой Н.А., построенные стохастические модели, методика статистического моделирования, программная поддержка численного моделирования метеорологических и биоклиматических процессов могут применяться при моделировании и исследовании свойств таких процессов в интересах заинтересованных организаций и служб.

В качестве конкретных мест возможного использования результатов можно рекомендовать Гидрометцентр России и связанные с ним организации. Заинтересованными в использовании соответствующего программного обеспечения могут быть региональные службы МЧС при прогнозировании опасных значений биоклиматических индикаторов.

6. Замечания по диссертационной работе

По представленной диссертации имеются некоторые замечания и уточняющие вопросы.

1. Как строились эмпирические плотности, показанные на рисунке 1.6?
2. Стр. 68, к верификации модели: «более чем 90% оценок характеристик по модельным данным принадлежат доверительному интервалу шириной 2σ для соответствующих оценок по реальным данным». Желательно уточнить, что имеется в виду, так как для интервала $\pm\sigma$ должно быть порядка 68%, а для интервала $\pm 2\sigma$ – $\approx 95\%$.

3. Хотелось бы уточнить. В таблице 2.3 доверительный интервал приведен по эмпирическому распределению осадков или построен по смеси 2-х гамма-распределений с найденными оценками параметров смеси? Во втором случае результат моделирования может оказаться и ближе к реальной ситуации.
4. Стр.73. «Численные эксперименты показали, что на всех метеостанциях ... для распределений температуры лучше всего подходят смеси двух нормальных законов». Не конкретизированы авторы этих экспериментов.
5. Стр. 74. Функционал Пирсона это что?
6. Стр. 75. Распределения относительной влажности описываются бета-распределениями, их смесями, смесями усеченных нормальных законов и т.п. Как оцениваются параметры используемых моделей законов? Как проверяется адекватность этих моделей?
7. Стр. 75-76. В качестве моделей законов атмосферного давления используются смеси усеченных нормальных и смеси гамма-распределений. Возникают те же вопросы.
8. Стр. 76. Да, для описания скорости ветра в публикациях чаще всего упоминается распределение Вейбулла, но, на мой взгляд, это не вполне (не всегда) оправдано. По крайней мере, на это указывает личный опыт оппонента.
9. На стр. 81-82 приводятся оценки, позволяющие сравнивать трудоёмкость численных реализаций нестационарных (НСЦП) и периодически коррелированных (ПКСП) случайных процессов. Во что это вытекает, если сравнивать время моделирования для достижения той же ожидаемой точности?
10. На рис. 2.10 было бы целесообразней показать распределения u и v компонент скорости ветра в районе одной из метеостанций. Это позволило бы судить о господствующем направлении вектора скорости в указанном районе.
11. Стр. 92. Не очень понятно, почему для полусуточного распределения осадков используются именно «хвосты» распределения Вейбулла.
12. Стр. 135. Опечатка: значение $Z=1.64(485)$ соответствует уровню значимости $\alpha=0.1$ критерия. А так, действительно, при симметричных негауссовских законах (и не слишком тяжёлых хвостах этих законов) можно без опасений пользоваться этим критерием.
13. Только в главе 4 отсутствуют примеры использования разработанных алгоритмов численного статистического моделирования для исследования (прогнозирования) реальных процессов. А хотелось бы тоже увидеть такую перспективу.
14. Замечание по оформлению. В тексте диссертации 4 уровня заголовков, но пронумерованы только 3. Поэтому при чтении «теряется ориентация». Лучше было бы пронумеровать все 4. При этом 4-й уровень необязательно вносить в оглавление.
15. Можно отметить наличие в тексте некоторого числа опечаток, связанных с несогласованностью окончаний.

Сделанные замечания имеют характер пожеланий или носят редакционный характер, не снижают научной и практической ценности диссертации и не влияют на общую положительную оценку результатов исследований.

Отмечу, что доклад по материалам диссертации Каргаполовой Н.А. был представлен и обсуждался на научном семинаре кафедры теоретической и прикладной информатики НГТУ.

7. Заключение о работе


Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, в которой на основании выполненных исследований разработаны теоретические положения и предложены новые научно обоснованные подходы к решению важных научных задач, имеющих большую практическую значимость.

Результаты исследований обладают научной новизной и достоверностью, все полученные выводы научно обоснованы.

Основные положения диссертационной работы достаточно полно освещены в научных публикациях автора, прошли апробацию на ряде международных и всероссийских конференций. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Вышесказанное позволяет утверждать, что диссертационная работа Каргаполовой Нины Александровны соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.07 – вычислительная математика.

Официальный оппонент,
профессор кафедры
теоретической и прикладной информатики
ФГБОУ ВО НГТУ, д.т.н., профессор

 Б.Ю. Лемешко

13.05.2022

Лемешко Борис Юрьевич доктор технических наук по специальности 05.13.16 – применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях, профессор по кафедре прикладной математики, профессор кафедры теоретической и прикладной информатики Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования Новосибирского государственного технического университета.

Адрес: 630073, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20.

Рабочий тел.: (8-383) 346-06-00.

Электронный адрес: Lemeshko@ami.nstu.ru

(соответствует 05.13.11 - математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей)

Подпись д.т.н., профессора Б.Ю. Лемешко заверяю,
ученый секретарь ФГБОУ



 Г.М. Шумский