

УДК 517

О МЕТОДАХ АНАЛИЗА НЕОДНОРОДНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Сергиенко Е.Ю.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Начиная с последнего десятилетия прошлого века, на территории Беларуси климатические аномалии стали наиболее сильно выражены и оказывали заметное влияние на экономическую ситуацию в стране [1]. Для диагностики климатических явлений важную роль играют данные наблюдений: надежность их получения и адекватность интерпретации результатов анализа.

Обычно глобальные климатические тренды, на основании которых делаются выводы об изменениях климата и о глобальном потеплении, выявляются при исследовании временного хода среднеглобальных значений геофизических параметров. Однако многие геофизические параметры характеризуются большой региональной изменчивостью (реанализы Cullather RJ, Bromwich D, Serreze M. 2000. Climatologie. V5. и Гидрометеоцентра) [2]. Пространственно-временная структура полей геофизических параметров характеризуется значительной неоднородностью, особенно во внетропических широтах, в которых и располагается вся территория Беларуси. Поэтому особую значимость приобретает изучение данных наблюдений в виде пространственно-временных полей. Пригодные для комплексного анализа данные в виде полей в достаточном объеме и с необходимым пространственно-временным разрешением охватывают лишь несколько последних десятилетий. Однако и за это время накоплено значительное количество информации, которая может и должна быть использована для анализа.

Описанные в работе методы будут применяться к данным об осадках и наводнениях на территории Беларуси за последние 50-60 лет. Целью работы является получение оценок и тенденций наступления неоднородностей во временных рядах гидрометеорологической информации и построение вероятностного прогноза.

Течение любых природных процессов нельзя предсказать однозначно, однако можно определить вероятности возникновения тех или иных явлений. Для этого необходимо выявить ряд статистических параметров, которые в комплексе достаточно полно характеризуют свойства исследуемой генеральной совокупности.

Теория цепей Маркова на данный момент глубоко разработана, что обуславливает актуальность ее применения при описании естественных процессов. Сравнительно небольшое число входящих в марковскую модель параметров обеспечивает относительную простоту ее применения по сравнению, например, с динамическими моделями. Для рассматриваемых процессов характерны случайные отклонения и взаимосвязь переменных во времени. Стохастические модели позволяют учитывать эти отклонения.

В дискретной модели наблюдения происходят в точечные моменты времени с заданной периодичностью. Марковская модель определяется вектором начальных и матрицей переходных вероятностей. Конечное множество значений объясняется тем, что в большинстве реальных процессов число возможных состояний системы ограничено.

Множество значений марковской цепи выбирается в соответствии с характером наблюдений и условиями задачи. Число условий задачи можно уменьшить, объединив некоторые из них или отбросив несущественные. Таким образом, многие марковские модели оперируют

двух- или трехфазным множеством состояний. При использовании подобных частных случаев, получаются более простые формулы, нежели для произвольного конечного числа состояний, а это дает возможность производить эффективные вычисления.

Актуальность марковского подхода при моделировании метеорологических процессов обусловлена определенными факторами. Во-первых, неоднородность рассматриваемой территории и временных рядов для каждого сезона и даже месяца не позволяет строить общую модель выпадения жидких осадков. Поэтому каждую достаточно однородную по рельефу и климатическим условиям область приходится исследовать отдельно. Во-вторых, практическая важность поставленных задач заключается в том, что на основе модельных реализаций и можно вычислять такие климатические характеристики, которые по имеющимся данным наблюдений оценить либо трудно, либо вообще невозможно.

В качестве модели берется простая (односвязная) однородная двоичная цепь Маркова, в которой состояние в данный момент времени зависит только от одного, непосредственно предшествующего состояния.

С помощью критерия, например, хи-квадрат, проверяется, насколько хорошо данная марковская модель описывает реальный процесс.

В рамках исследования проводится:

- анализ структуры марковских цепей, в частности, нахождение совместных распределений и первых моментов некоторых функционалов на траекториях цепи;
- рассмотрение марковской модели, описывающей исследуемые временные ряды, проверка ее адекватности и исследование серийной структуры с помощью полученных теоретических формул.

Методами исследования служат метод производящих функций, специальные методы теории марковских процессов, математического анализа, линейной алгебры и математической статистики.

Часто для анализа временных рядов также используется **преобразование Фурье**, которое дает разложение исследуемого временного процесса $f(t)$ в ряд по тригонометрическим функциям. Метод дает удобные для расчетов формулы и прозрачную интерпретацию результатов, однако имеет ряд некоторых недостатков. Преобразование, например, не отличает сигнал, являющийся суммой двух синусоид, от ситуации последовательного включения синусоид и др. Кроме того, исследуемые ряды также далеко не всегда удовлетворяют требованию периодичности и более того, как правило, заданы на ограниченном отрезке времени.

Основы **вейвлет-анализа** были разработаны в середине 80-х годов Гроссманом и Морле как альтернатива преобразованию Фурье для исследования пространственно-временных рядов с выраженной неоднородностью. В отличие от преобразования Фурье, локализирующего частоты, но не дающего временного разрешения процесса, и от аппарата δ -функций, локализирующего моменты времени, но не имеющего частотного разрешения, вейвлет-преобразование обладает самонастраивающимся подвижным частотно-временным окном. Таким образом, оно одинаково хорошо выявляет как низкочастотные, так и высокочастотные характеристики параметра на разных временных масштабах.

Подобно тому, как в основе аппарата преобразований Фурье лежит единственная функция $w(t)=\exp(it)$, порождающая ортонормированный базис пространства $L^2(0,2\pi)$ путем масштабного преобразования, так и вейвлет-преобразование строится на основе единственной базисной функции $y(t)$, принадлежащей пространству $L^2(\mathbb{R})$, т.е. всей числовой оси.

География приложений вейвлет-анализа очень широка. Например, в [3] на основе вейвлет-анализа выявлена существенная многомасштабность временных колебаний среднегодовой глобальной температуры воздуха за последние 150 лет. Делается вывод о некорректности использования традиционных средств тестирования стационарных случайных процессов без предварительного разделения колебаний на нестационарную (тренд) и осцилляторную части при изучении современных изменений климата. Прогнозируется возможная приостановка дальнейшего роста глобального потепления или, по крайней мере, его замедление.

Одним из направлений приложений вейвлет-анализа является исследование свойств фрактальных объектов различной природы и, в частности, определение фрактальной размерности, так, в [4] указанный подход используется при анализе временных рядов отклонений температуры от среднемесячных значений на метеорологической станции Фрунзе (Бишкек) за период 1931-1998 гг.

Литература

1. Логинов, В.Ф. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, П.В. Шведовский – Брест: Изд-во БГТУ, 2004.
2. Астафьева, Н.М. Региональная неоднородность климатических изменений / Н.М. Астафьева, М.Д. Раев, Н.Ю. Комарова.
3. Сонечкин, Д.М. Оценка тренда глобального потепления с помощью вейвлетного анализа / Д.М. Сонечкин, Н.М. Даценко, Н.Н. Иващенко – Известия РАН. Физика атмосферы и океана – № 2, – Т.33, 1997.
4. Козлов, П.В. Вейвлет-преобразование и анализ временных рядов / П.В. Козлов, Б.Б. Чен – Вестник КРСУ. – 2002. – № 2.

УДК 681.324

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К РЕШЕНИЮ И ТЕСТИРОВАНИЮ NP-ПОЛНЫХ ЗАДАЧ

Сечко Ю.Н., Матюшков Л.П.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Развитие приближенных методов решения NP-полных задач идет в направлении их решения за приемлемое время с возможно меньшими отклонениями от оптимального ответа. Этот раздел исследований начинает становиться одним из важных в создании методов искусственного интеллекта (ИИ) для решения NP-полных задач, например, использование нейронной сети (НС) Хопфилда к решению задач комбинаторной оптимизации и др. [1] Сама природа задач фактически относит их к этому классу методов, поэтому большинство авторов вынуждено в целях ускорения решения и повышения его качества совершенствовать различные «эвристические» элементы и приемы, предлагать методы обучения НС особой конструкции, причем постепенно усиливается развитие тех из них, которые еще позволяют и динамическую настройку НС.

Классическим объектом из этой области является задача коммивояжера (ЗК), на которой можно проиллюстрировать все типичные подходы к решению NP-полных задач. В методах ее решения, как и других NP-полных задач, авторы стараются сохранить одно важное свойство: не терять возможности получить оптимальный ответ и ограничиться несколько худшим решением при лимите ресурсов (время ожидания результата (скорость обучения), переполнение памяти, ограничения в системах программирования и др.). Пространство поиска различных маршрутов, как указано в [1], равно $n!/(2n)$.