

Выводы

При анализе возможностей построения многоканальных IoT систем мониторинга состояния промышленного оборудования предложен ряд инновационных решений, которые позволяют существенно упростить и снизить стоимость таких систем. Эти решения касаются выполнения датчиков с использованием MEMS технологий и соответствующих им интерфейсных решений. Данные решение могут широко применяться при создании средств IoT систем контроля, диагностики и противоаварийной защиты различного механического оборудования.

Литература:

1. *Skvorcov O.B. and Pravotorova E.A.* Vibration monitoring systems for power equipment as an analogue of an artificial neural network / CSDEIS 2019: Advances in Intelligent Systems, Computer Science and Digital Economics. – P. 145-153 [Электронный ресурс]. – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-39216-1_14 (дата обращения 20.10.2020)
2. *Skvorcov O.B.* Selection of vibration norms and systems structures when designing means of monitoring units with gear transmissions / New Approaches to Gear Design and Production. – 2020. – P. 495-511 [Электронный ресурс]. – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-34945-5_23 (дата обращения 20.10.2020).
3. *Skvorcov O.B.* Estimation of vibrating durability of elements of hydro power turbines under operating conditions by results of vibration control by stationary systems of vibrating / 13th International Conference on New Trends in Fatigue and Fracture (NT2F13). – Moscow: IMASH RAS, 2013. – P. 205-222.

Бурлов В.Г., Миронова М.В., Шершнева А.И., Шавуров С.А.

Поиск оптимальных климатических моделей при обеспечении экологической безопасности

Аннотация: Климат оказывает непосредственное влияние на экологическую безопасность. Изменения климата связаны не только с антропогенной деятельностью, но и с естественными процессами. Для нахождения взаимосвязей

между изменением климата и окружающей средой, необходимо разрабатывать математические модели. В данной статье предлагается рассмотреть различные способы математического моделирования при рассмотрении изменчивости климата. Полученные в результате данные помогут структурировать имеющиеся подходы и нахождение наиболее оптимального, для визуализации его влияния на биосферу.

Ключевые слова: климат, экологическая безопасность, математические модели, изменчивость, влияние, подходы

По оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата антропогенный фактор вносит наибольший вклад в потепление. Однако, при рассмотрении вопроса об изменении климата, необходимо учитывать не только антропогенное воздействие, но и естественные процессы, протекающие в биосфере в целом. Для их изучения и необходимы математические модели, вычислительные эксперименты, а также анализ данных [1].

Понятие климат принято относить к усредненному состоянию климатической системы (статистике погоды). Принято считать, что данная система сложена из пяти компонентов: атмосфера, гидросфера, криосфера, литосфера и биосфера [1]. Данные компоненты тесно взаимосвязаны и имеют между собой прямые и косвенные связи. Управление системой возможно через внешние факторы (природные явления) и антропогенные факторы. Данные специфические и сложные характеристики системы вызывают проблемы, при прогнозировании изменения климата [2].

Таким образом, изучение климатической системы включает в себя ограниченный набор параметров траектории системы, которая включает в себя определенное количество лет с зафиксированными натурными измерениями.

Для разработки модели необходимо понимать характер и значения ведущих возмущающих воздействий, к ним принято относить интенсивность солнечного излучения, температуру воздуха и др. [3]. Математическое моделирование рассматривает окружающую среду (ОС) как нестационарный объект, параметры которого распределены и зависят от различных факторов.

Большинство методик моделирования изменения климатической системы имеют частный характер, что в свою очередь сужает площадь исследования до одной географической местности и требует большой объем информации о распределении климатических параметров во времени [3].

Таким образом, для описания изменения климата рентабельно использовать экспериментально-статистические методы, основанные на обработке экспериментального материала, который собран непосредственно на объекте. Климатическая система исключает возможность прямого физического эксперимента, поэтому остается пассивный способ накопления экспериментального материала. Экспериментально-статистические методы имеют простой вид и могут быть легко использованы для управления процессом.

Климатическая система Земли имеет множество встроенных механизмов обратной связи. Они могут быть положительными (самоподкрепляющими), отрицательными (подавляющими). Например, при повышении средней глобальной температуры, испаряется больше воды; атмосфера насыщается большим количеством влаги, увеличивается облачность; облака отражают больше поступающего солнечного света; в результате описанных взаимосвязей глобальная средняя температура снижается (возникает отрицательная обратная связь). С другой стороны, водяной пар – это парниковый газ; парниковые газы увеличивают непрозрачность атмосферы для инфракрасного излучения, поэтому больше тепла, излучаемого поверхностью Земли в виде инфракрасного излучения, улавливается атмосферой; в результате повышается глобальная средняя температура (положительный отклик).

Для описания данных взаимосвязей существуют различные модели, некоторые из которых были рассмотрены в данной статье.

1. Концептуальная модель. Hans Карег в своих исследованиях [1] считал, что на концептуальном уровне климатическая система Земли представляет собой тепловую машину, приводимую в движение Солнцем. Земля получает энергию от Солнца и поддерживает баланс, излучая энергию обратно в космос. Если обратно излучается слишком много энергии, климатическая

система охлаждается; если излучается недостаточно, он нагревается.

Этот принцип описан в модели баланса энергии, простым обыкновенным дифференциальным уравнением. Модель упускает из виду все детали взаимодействия пяти компонентов климатической системы друг с другом. Однако эта элементарная модель предполагает, что климатическая система Земли может иметь более одного состояния равновесия, как, впоследствии был подтвержден исследователями климата с использованием гораздо более сложных моделей. Таким образом, даже простая модель энергетического баланса, такая как эта, может привести к новым концепциям и продвинуть научные дискуссии.

2. Модели энергетического баланса. Рассмотрим все компоненты климатической системы, которые могут обмениваться теплом с космическим пространством – все океаны, вся атмосфера и почва всех массивов суши на глубину до нескольких метров. В своих трудах о моделях энергетического баланса Hans Kaper [1] описывал следующее. В момент времени t средняя температура по всей системе равна $T(t)$. Энергия, необходимая для повышения этой температуры на один градус Цельсия (один кельвин), известна как теплоемкость системы. Оценки варьируются от приблизительно $0,55 \text{ Вт} / \text{м}^2$ для почвы / атмосферы до приблизительно $90 \text{ Вт} / \text{м}^2$. Однако для простоты предполагается, что теплоемкость постоянна по всему земному шару и равна ее среднему значению C . Если средняя температура, то через временной интервал Δt , это $T(t + \Delta t) = T(t) + \Delta T$, тогда количество энергии, необходимое для достижения этой температуры, равно $AC\Delta T$, где A – площадь поверхности планеты. Поскольку Солнце является единственным источником энергии, это количество должно равняться чистому приросту энергии за счет солнечного излучения. Если E_{in} – среднее количество солнечной энергии, достигающей одного квадратного метра поверхности Земли в единицу времени, а E_{out} – среднее количество энергии, испускаемой одним квадратным метром поверхности Земли и высвобождаемой в стратосферу в единицу времени, должно быть так, что

$$AC\Delta T = A(E_{in} - E_{out}) \Delta t \quad (1)$$

Отбросив A и разделив обе части уравнения на Δt и устремив Δt к нулю, мы видим, что эволюция T описывается моделью глобального энергетического баланса (ЕВМ),

$$C \frac{\Delta T}{\Delta t} = (E_{in} - E_{out}) \quad (2)$$

При отсутствии воздействия E_{in} и E_{out} по-прежнему зависят от времени, но только неявно через T . В этом случае существует вероятность того, что климат эволюционирует в сторону равновесия. Как только он достигает данного состояния, левая часть уравнения (1) равна нулю, и ЕВМ сводится к (2) уравнению. (1) также называют нульмерным ЕВМ, потому что модель не учитывает пространственные вариации. Недостаток этой модели заключается в достаточно сильном отклонении от наблюдений.

3. CMIP5. CMIP5 –проект взаимного сравнения связанных моделей, фаза 5 [4]. Результаты показывают, что слабое нелинейное взаимодействие воздух-море может играть значительную роль в слабой асимметрии Эль-Ниньо-Южного колебания (ЭНСО). Более того, слабая нелинейность взаимодействия воздуха и моря в моделях может быть связана с отклонениями в среднем климате – отклонениями к холоду в центральной экваториальной части Тихого океана. Точная структура среднего состояния имеет решающее значение для воспроизведения событий ENSO в климатических моделях. В CMIP5 более очевидно, что сильные активности ENSO обычно сопровождаются сильной асимметрией ENSO, а разнообразие амплитуды ENSO уменьшается.

4. Боксовые модели. Моделирование ГНС–сложная задача не только из-за отсутствия универсального уравнения состояния, которое связывает плотность воды с температурой и соленостью, но также из-за сложной формы области, которая ограничивает края разных континентов. Данное моделирование используется с системным подходом.

Рассматриваемый как система океан – это простой резервуар, заполненный соленой водой, циркуляция в которой определяется разницей плотности. С точки зрения экологии такое упрощение модели при моделировании различных процессов недопустимо.

5. CNRM-CM5.1. Новая версия модели общей циркуляции CNRM-CM была разработана совместно CNRM-GAME

(Национальный центр метеорологических исследований) и Cerfacs (Европейский центр исследований и деформирования) [4]. Данная модель уделяет особое внимание связи между различными компонентами экосистемы через OASIS, чтобы избежать потерь энергии и ложных дрейфов. Эти события обычно приводят к более реалистичному представлению среднего недавнего климата и к сокращению дрейфов в доиндустриальной интеграции. Как правило, крупномасштабная динамика как в атмосфере, так и в океане улучшается, а смещение средней приземной температуры явно уменьшается. Тем не менее, некоторые недостатки остаются (значительные осадки и радиационные отклонения во многих регионах или явный дрейф трехмерной солености).

CNRM-CM5.1 – это спектральная модель, которая работает на усечении треугольника T127 в CNRM-CM5.1. Вся физика и расчеты нелинейных членов требуют спектральных преобразований на сокращенной гауссовой сетке, эквивалентной пространственному разрешению около $1,4^\circ$ как по долготе, так и по широте. Модель включает шесть прогностических переменных: температуру, удельную влажность, концентрацию озона, логарифм приземного давления, завихренность и дивергенцию.

В результате исследования были проанализированные различные климатические модели. Из всех изученных моделей наиболее адекватными и лаконичными можно признать концептуальную модель, так как на ее основе можно построить более сложные и вариативные связи и модели энергетического баланса, так как в основе любого воздействия на климат лежит энергия, направленная на тот или иной элемент системы. Все остальные рассмотренные модели, на данный момент времени, имеют узкий спектр анализа–океан, который является лишь одним из пяти компонентов климатической системы.

Для обеспечения экологической безопасности в определенном городе и в целом на всей Земле, необходимо учитывать влияние на климатическую систему всех пяти элементов в целом. Однако имеющиеся математические модели рассматривают климатические изменения в узком спектре, ограничиваясь одним или двумя элементами, что в свою очередь не допускает возможность использовать полученные модели для прогнозирования изменения климата в широком масштабе. Для решения данной проблемы

необходимо обеспечить в данную сферу деятельности приток финансирования и трудовых ресурсов. Для этого необходимо вывести данные исследования на государственный уровень, так как изобретенные модели являются необходимыми элементами государственной безопасности.

Литература:

1. *Hans Kaper, Hans Engler. Mathematics and Climate.* – Society for Industrial & Applied Mathematics, U.S., 2013. – 317 p.

2. *Дымников В.П., Лыкосов В.Н., Володин Е.М.* Проблемы моделирования климата и его изменений//Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 42. №. 5. – С. 618-636.

3. *Дымников В.П., Лыкосов В.Н., Володин Е.М.* Моделирование климата и его изменений: современные проблемы//Вестник Российской академии наук. – 2012. – Т. 82. №. 3. – Р. 227-227.

4. *Voldoire A. et al. The CNRM-CM5. 1 global climate model: description and basic evaluation//Climate dynamics.* – 2013. – Т. 40. №. 9-10. – Р. 2091-2121

5. *Volodin E.M., Dianskii N.A., Gusev A.V.* Simulating present-day climate with the INMCM4. 0 coupled model of the atmospheric and oceanic general circulations//Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. – 2010. – Т. 46. №. 4. – Р. 414-431.

Мусаев В.К.

Моделирование упругих волн напряжений в десятиэтажном здании (основание: полуплоскость) при нестационарном сейсмическом воздействии

Аннотация: Целью работы является рассмотрение проблем численного моделирования сейсмической безопасности десятиэтажного здания с основанием в виде упругой полуплоскости при нестационарных волновых воздействиях. Получены контурные напряжения и компоненты тензора напряжений. На основании проведенных исследований можно сделать следующий вывод: упругое контурное напряжение на гранях здания является почти зеркальным отражением одна другой, то есть антисимметричным; на контурах здания при