

УДК 621.3

О.С. Бутенко¹, В. А. Жилин²¹Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков²Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ВОЗМОЖНЫХ ОТКЛИКОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АНОМАЛИЙ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Рассмотрены принципы построения моделей, характеризующих измененные состояния аномалии в результате воздействия на нее совокупности возмущающих факторов. Предложен метод формирования матрицы откликов на основе анализа временных рядов по усредненным значениям показателя Херста и механизм определения тенденции развития анализируемой аномалии.

Ключевые слова: динамика, аномалия, отклик, состояние, анализ, параметры, тенденция, развитие.

Введение

После проведения операции дешифрирования изображений, в случае выявления на них различного рода аномалий, возникает необходимость решения двойной (прямой и обратной) задачи восстановления причинно-следственных связей и формирования значений возможных откликов, которые позволят предварительно определить дальнейшие направления развития выявленной аномалии.

Постановка проблемы. Для определения тенденции развития аномалий в природных экосистемах по данным дистанционного аэрокосмического мониторинга ставится двойная задача восстановления причинно-следственных связей их возникновения и формирования на основе полученных результатов значений возможных откликов. При динамическом прогнозировании используются модели, базирующиеся на понятиях текущих состояний объекта [1]. Таким образом, для решения поставленной задачи необходимо получение количественных оценок, характеризующих текущее состояние аномального объекта и формирование множества параметров, вызывающих изменения значений откликов.

Основная часть

Первоначально вектор переменных состояния, состоящий из количественных характеристик формируется в соответствии с дешифровочными признаками. В совокупности с данными контактных методов зондирования, определяющих текущее состояние аномалий в фиксированный момент времени, которые, как правило, имеют качественные характеристики формируются параметры, позволяющие оценить обстановку для восстановления причинно-следственных связей их возникновения. Для этого на основе алгебры логики и нечетких множеств строятся продукционные модели, и вычисляется консеквент, определяющий степень влияния на аномалию каждого из факторов, степень их взаимного влияния друг на друга и комбинаторного влияния факторов непосредственно на объект [2, 3].

В общем виде можно описать 3 основных состояния аномалии: состояние индифферентности, характеризующееся отсутствием возмущающих воздействий и 2 противоположных линии поведения. Состояниям 2 и 3 соответствуют количественные и качественные характеристики, полученные на основе дешифровочных признаков и контактных методов, определяющие линию поведения отклика. Каждой из этих характеристик соответствуют коэффициенты, характеризующие приоритеты возможных последствий от степени воздействия различного рода возмущений. Сила воздействия на аномалию каждого из возмущающих факторов может быть определена по функциональной зависимости, построенной в соответствии с диапазоном изменения дешифровочных признаков в результате анализа имеющихся в базе знаний временных рядов. Поскольку каждое воздействие вызывает только один отклик из множества возможных вариантов, целесообразным является построение дерева откликов в виде иерархической структуры, когда каждой вероятной линии поведения аномалии при воздействии возмущающих факторов присваивается некоторый весовой коэффициент, характеризующий степень тяжести вызванного последствия. На рис. 1 пунктам а и в соответствует состояние, когда 1 переменная вызывает 1 отклик, а пункту б – индифферентное состояние.

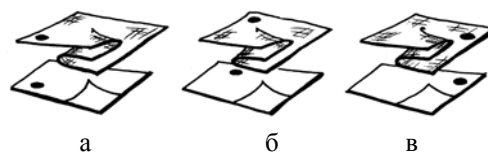


Рис. 1. Процесс формирования отклика

Из графика распределения вероятностей возможных линий поведения откликов, показанного на рис. 2, видно, что возможны 3 основных состояния: 2 вероятных, соответствующих 1-й и 2-й линиям поведения и невероятное – соответствующее индифферентному состоянию, характеризующимся высокой степенью неустойчивости состояния. В реальных условиях это состояние имеет вероятность, практически равную 0.

Использование для формирования пространства признаков текущего состояния объекта значений факторов максимального влияния, или консенквента, а также метода нормированного размаха Херста, предполагает прогнозирование только тенденции развития динамики объекта, а точнее предполагаемой тенденции развития построенного временного ряда и позволяет определить только тип процесса (персистентный и антиперсистентный) [2, 3]. Таким образом, в условиях ограниченной априорной информации о свойствах исследуемого процесса решение о классе процесса следует принимать по результатам применения совокупности критериев. В связи с этим предполагается получение обобщенного классификационного признака на основе классификации всех признаков внутри каждого из фрагментов текущего внутреннего дерева и деревьев аналогичного фрагмента из базы знаний. По этому классу признаков, характерных для отдельно взятых фрагментов рекомендуется построение нового усредненного временного ряда.

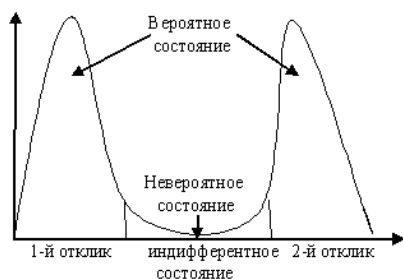


Рис. 2. Распределение вероятностей возможных линий поведения откликов

Иерархическая структура моделей взаимодействия дерева причин и возможных откликов позволяет не только проследить причинно-следственные отношения, но и выработать степень взаимосвязи всех листьев каждого дерева в отдельности и совокупности, построенных по априори заданным снимкам. Однако, даже внутри каждого листа «критериального дерева» возможный процесс распространения аномалии не может рассматриваться как стационарный. Поэтому весь временной ряд должен рассматриваться как совокупность мгновенных стационарных подрядов. В каждом из полученных подрядов, соответствующих листьям критериального дерева рассчитывается свое значение показателя Херста (H). По его значению формируется вектор дополнительных информативных признаков, характеризующий скорость распространения аномалии в рассматриваемый период времени, т.е. состояние динамической системы в целом. Учет предыдущих значений показателя Херста позволяет сделать вывод о тенденции развития аномалии. Для уточнения полученных параметров целесообразно рассчитать показатели Херста и в смежных зонах, установить зависимость между полученными показателями и получить некоторую оценку интервалов предсказуемости поведения данного ряда и подрядов в зависимости от коррелированности полученных значений.

Формулы для вычисления значений показателя Херста следующие:

$$R / S = (N / 2)^{H_x}$$

где H_x – значение показателя Херста, характеризующее время изменения параметров объекта; N – произвольный параметр временного ряда; $R(\tau) = \max_{t \in [1, \tau]} X_\tau(t) - \min_{t \in [1, \tau]} X_\tau(t)$ – функция размаха, разность между максимальным и минимальным значениями функции $X_\tau(t) = \sum_{i=1}^t (x_i - \langle x \rangle_\tau)$, $\langle x \rangle_\tau$ – среднее выборки на интервале $[0, \tau]$, $\{x_i = x(t_i)\}$ – анализируемая выборка; $\{x(t)\}$ – временной ряд, сформированный из дешифровочных признаков, характеризующих аномалию на изображении; $S(\tau)$ – среднеквадратичное отклонение.

Использование геоинформационных систем для обработки временных данных не всегда оправдано. В лучшем случае они обеспечивают их множественное статическое наложение. Наиболее приемлемым для этих целей является программное обеспечение, способное отслеживать события, происходящие в разное время в одном и том же месте или в разных местах. В таких программах простое событие включает идентификатор (ID) объекта, времени и места, а при необходимости, и состояния объекта. Такое событие отмечается точкой в пространстве в определенное время в определенных условиях. Совместная привязка нескольких простых событий, что позволит отследить их путь. Допускается возможность обработки комплексных событий. Они несут дополнительную информацию о характере отслеживаемого объекта. Функция обработки комплексного динамического события может позволить отследить любой объект с заданной совокупностью признаков, заданных априори. Комплексные стационарные события можно получать, например, на основе совмещения данных во времени. Современное программное обеспечение способно обрабатывать перемещение точек или точки во времени. Отслеживание событий в реальном времени предусматривает изменение статуса события (изменения отклика как реакции на изменение силы воздействия фактора). При каждом изменении статуса (приоритета) вносятся изменения во временной ряд с фиксацией времени изменения. Гистограммы, отображающие количество событий, происходящих во времени с фиксированной реакцией на диапазон изменения силы возмущающих факторов используется для построения матрицы откликов и пространства переменных состояния для построения прогноза развития аномалии. По итоговому значению показателя Херста, вычисленному с учетом полученных значений пространства переменных состояния можно отображать единичные или множественные временные события для характеристики промежуточной тенденции при построении прогноза развития аномалии в целом и сформировать матрицу от-

клонений значений откликов на изменения входных воздействий при определении пороговых значений для пространства управляющих параметров.

Для выявления измененных свойств аномалии и определения ее динамики внутри стационарных подрядов (листьев «критериального дерева») предлагается определение динамических переменных по оператору эволюции, позволяющему построить модели текущего и прогнозируемого состояния объектов [1]. При этом, состояние объекта задается набором N величин (на основе полученного в результате рассмотренных операций текущего временного ряда), а динамика системы – как движение точки в N -мерном фазовом пространстве (фазовой траектории).

В классическом варианте оператор эволюции задается дифференциальными уравнениями, а для систем с дискретным временем – рекуррентными отображениями. В этом случае фазовая траектория рассматривается как дискретная последовательность точек в фазовом пространстве [1]. Для консервативных динамических систем используются классические методы прогнозирования, например, формулы Гамильтона [1]:

– уравнения Гамильтона динамики систем с непрерывным временем:

$$\dot{p}_i = -\frac{\partial H(p_1, p_2, \dots, p_{N/2}, q_1, q_2, \dots, q_{N/2})}{\partial q_i}$$

$$\dot{q}_i = \frac{\partial H(p_1, p_2, \dots, p_{N/2}, q_1, q_2, \dots, q_{N/2})}{\partial p_i},$$

где H – гамильтониан;

– уравнения Гамильтона динамики систем с дискретным временем

$$p_i = -\frac{\partial F(q_1, q_2, \dots, q_{N/2}, q'_1, q'_2, \dots, q'_{N/2})}{\partial q_i}$$

$$p'_i = \frac{\partial F(q_1, q_2, \dots, q_{N/2}, q'_1, q'_2, \dots, q'_{N/2})}{\partial q'_i}$$

где F – производящая функция.

Консервативность системы, описывающей процесс развития аномалии элементарно определяется по равенству единице Якобиана. В таком случае присутствует явление эргодичности, что дает возможность вычисления статистических средних по ансамблю и усреднению по времени вдоль типичной индивидуальной траектории, характерной

простому аттрактору. При этом постоянство статистических характеристик, усредненных за достаточно большой период времени говорит о стационарности системы [1, 2]. Состояние индифферентности характеризуется неподвижностью точек системы, которое определяется равенством нулю производных динамических переменных во времени.

Оператор эволюции для диссипативных систем определяется не только состоянием самой системы, но и окружением. При этом, диссипативным системам соответствуют странные аттракторы, сложно устроенные фрактальные множества, притягивающие к себе траектории из бассейна 2-го аттрактора. Определение оператора эволюции для описания динамики таких систем требует дополнительного анализа и использования другого математического аппарата, рассмотренного в работах [1 – 3]

Заключение

В статье был предложен метод формирования матрицы откликов как результата воздействия совокупности возмущающих факторов для определения тенденции развития анализируемой аномалии.

Полученные значения откликов могут быть использованы не только при определении динамики объекта, но и при оценке возможности перехода процесса распространения в один из типов элементарных катастроф.

Список литературы

1. Дмитриев А.С. Прикладной динамический хаос / А.С. Дмитриев. – Ярославль: ЯрГУ, 1999. – 102 с.
2. Бутенко О.С. Анализ данных космического мониторинга при прогнозировании распространения выявленных аномалий / О.С. Бутенко, С.И. Березина, Г.Я. Красовский // *Екологічна безпека та природокористування*. – К., 2009. – Вип. 2. – С. 23-41.
3. Бутенко О.С. Механизм построения кратковременного прогноза по априорным данным. / О.С. Бутенко // *Системи управління, навігації та зв'язку: Зб. наук. праць К. ЦШДІ НіУ*, 2008. – Вип.3(7), – С. 37-40.

Поступила в редколлегию 23.04.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.Я. Красовский, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

МЕТОД ФОРМУВАННЯ МОЖЛИВИХ ВІДКЛИКІВ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АНОМАЛІЙ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

О.С. Бутенко, В.А. Жилін

Розглянути принципи побудови моделей, які є характерними для зміни аномалії в результаті дії на неї сукупності збурюючих факторів. Запропоновано метод формування матриці відкликів на основі аналізу тимчасових рядів за усередненими значеннями показника Херста і механізм визначення тенденції розвитку аналізованої аномалії.

Ключові слова: динаміка, аномалія, відклик, стан, аналіз, параметри, тенденція, розвиток.

METHOD OF FORMATION OF POSSIBLE RESPONSES AT DEFINITION OF THE TENDENCY OF DEVELOPMENT OF ANOMALIES OF THE TECHNOGENIC ORIGIN

O.S. Butenko, V.A. Zhilin

Principles of construction of the models characterising changed conditions of anomaly as a result of influence on it of set of revolting factors are considered. The method of formation of a matrix of responses on the basis of the analysis of time numbers on average values of an indicator of Hurst and the mechanism of definition of the tendency of development of analyzed anomaly is offered.

Keywords: dynamics, anomaly, the response, a condition, the analysis, parametres, the tendency, development.