

Запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій

УДК 626/628:528.574

О.С. Бутенко

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДИКАТОРОВ ПРОГНОЗИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Предложен метод получения прогнозных оценок, определяющих тенденцию возможного развития нестабильных экологических объектов и явлений при совместном использовании данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и результатов контактных исследований. Рассмотрена методика использования уравнения поверхности (плоскости) для построения моделей динамики объекта. При определении индикатора возможных состояний объектов и степени вероятных изменений учтена сила совместного влияния различных возмущающих факторов. Получены пороговые значения показателей, определяющих его переход в другое состояние. Учтена специфика объектов, являющихся частью открытых систем.

Ключевые слова: индикатор, динамика, параметры, открытая система, состояние, прогноз, модели, характеристики, оценки.

Введение

Для определения границ перехода наблюдаемого объекта или явления из одного состояния в другое необходимо предварительно оценить силу воздействия каждого параметра управления для преодоления барьера точки (линии) или точки бифуркации [1].

Рассматриваемые процессы и явления, характеризующие экологическое состояние анализируемого участка местности и подлежащие прогнозу, как правило, представляют собой случайные процессы с непрерывными состояниями и непрерывным временем. Однако, тот исходный материал, по которому осуществляется прогноз (архив снимков), и данные контактных методов, заданные априори, а также использование вычислительной техники для получения количественных характеристик, приводит к необходимости рассмотрения процессов в дискретные моменты времени. Однако, большинство систем, связанных с экологией, являются диссипативными.

Основная часть

Главным условием для построения оперативно-краткосрочного прогноза является переход от хаотического состояния системы, о котором свидетельствует случайный временной ряд, к регулярно-регулярному состоянию.

Таким образом, необходимо произвести изменение параметров, от которых зависит состояние объекта, за счет изменения при моделировании внешних условий, что, в конечном итоге, приводит к

перестройке характеристик динамической системы, свидетельствующих о ее состоянии. Изменение параметров управления, превышающее заданный порог, определяет переход объекта в другое состояние [2, 3].

Для получения прогнозных оценок предложен метод определения индикатора состояния объекта, в основе которого рассматривается уравнение плоскости для прогнозирования изменений объектов с линейной динамикой и уравнения поверхности для объектов с нелинейной динамикой. Для простоты рассмотрения для описания объектов с нелинейной динамикой предложено уравнение поверхности 2-го порядка [4]:

$$Z = AX^2 + BY^2 + CXY + DX + EY + F,$$

где Z – индикатор состояния объекта (процесса);

X и Y – характеристики состояния объекта по данным ДЗЗ;

A , B – коэффициенты усиления изменения показателей X и Y (соответственно), определяемые по данным контактных измерений, вызывающие нелинейную динамику объекта;

D и E – коэффициенты усиления изменения показателей X и Y (соответственно), определяемые по данным контактных измерений, вызывающие линейную динамику объекта;

C – коэффициент совместного влияния на изменение показателей X и Y ;

F – начальные условия (условия съемки, метеоусловия, особенности местности, рельеф и пр.).

По характеристикам, определенным по данным ДЗЗ, устанавливаются соответствующие максимальные и минимальные пороговые значения: X_{\max} ; Y_{\max} и X_{\min} ; Y_{\min} , а также промежуточные значения для плоскости, соответственно, 3 точки, а для поверхности – 6 точек.

По промежуточным точкам вычисляются индикаторы состояния объекта (процесса) – Z по каждому из анализируемых состояний соответствующего временного ряда.

Согласно уравнению плоскости (поверхности) вычисляются соответствующие коэффициенты A, B, C, \dots , характеризующие взаимозависимые факторы влияния на изменение объекта.

На каждом последующем временном этапе по измеренным новым данным ДЗЗ – X и Y (соответственно), определяются новые коэффициенты Z , характеризующие текущее состояние объекта.

Шкала соответствия количественных характеристик индикатора состояния объекта и лингвистических переменных, определяющих тенденцию дальнейших изменений наблюдаемого объекта или явления, следующая:

$$\begin{aligned} \forall(X_{\min}; Y_{\min}) \exists Z = 0, \\ \forall(X_{\max}; Y_{\max}) \exists Z = 1. \end{aligned}$$

В случае, когда $\forall(X; Y) \exists Z > 0,5$ прогнозируемое состояние объекта определяется как нестабильное, высока вероятность значительных изменений;

в случае, когда $\forall(X; Y) \exists Z < 0,5$ прогнозируемое состояние объекта определяется как стабильное;

в случае, когда $\forall(X; Y) \exists Z = 0,5$ – для определения тенденции дальнейших изменений состояния объекта необходимо введение дополнительных параметров.

Сценарий практической реализации предложенного метода определения индикатора прогнозируемого состояния объекта применительно к данным изображений по результатам космического мониторинга следующий:

1. По космоснимкам определяются количественные характеристики признаков в точках максимальной энтропии для всего временного ряда.

Например, в качестве X рассматривается градиент изменения цвета, а в качестве Y – количество пикселей заданного цвета (площадь гомогенных участков изображений).

По априорно заданным аналогичным показателям для разновременных снимков определяется зависимость изменения дешифровочных признаков от реальных условий (температура, осадки, и пр.). Определяются X_{\max} ; Y_{\max} и X_{\min} ; Y_{\min} .

Дополнительно определяются 6 промежуточных значений в стабильных точках, не являющихся точками максимальной энтропии:

$$\forall(X_{\min} < X_1, \dots, X_6 < X_{\max})$$

и

$$\forall(Y_{\min} < Y_1, \dots, Y_6 < Y_{\max})$$

определяются Z_1, \dots, Z_6 .

2. Строится система уравнений:

$$\begin{cases} Z_1 = AX_1^2 + BY_1^2 + CX_1Y_1 + DX_1 + EY_1 + F \\ Z_2 = AX_2^2 + BY_2^2 + CX_2Y_2 + DX_2 + EY_2 + F \\ Z_3 = AX_3^2 + BY_3^2 + CX_3Y_3 + DX_3 + EY_3 + F \\ Z_4 = AX_4^2 + BY_4^2 + CX_4Y_4 + DX_4 + EY_4 + F \\ Z_5 = AX_5^2 + BY_5^2 + CX_5Y_5 + DX_5 + EY_5 + F \\ Z_6 = AX_6^2 + BY_6^2 + CX_6Y_6 + DX_6 + EY_6 + F \end{cases}$$

В результате решения системы уравнений определяются коэффициенты A, B, C, \dots .

3. Для каждого последующего снимка по измеренным в точках максимальной энтропии показателям, определяющим изменение дешифровочных признаков – X и Y вычисляются соответствующие значения Z .

Точки максимальной энтропии определяются в соответствии с теоремой Пригожина [5] для открытых диссипативных систем, когда стационарному состоянию объекта соответствует минимальное значение энтропии.

Под точками максимальной энтропии подразумеваются точки, которые наиболее подвержены изменениям и в которых переход в другое состояние наиболее вероятен. Определение таких точек проводилось на основе совместного анализа топологических характеристик объекта, градиентов яркости и результатов проведения метода исторической аналогии [5].

4. В соответствии с введенной шкалой соответствия количественных характеристик индикатора состояния объекта и лингвистических переменных, определяется тенденция дальнейших изменений наблюдаемого объекта.

Заключение

Оперативность получения прогнозных оценок и, как следствие, своевременность принятия на их основе ряда управленческих решений, позволяет избежать значительных негативных последствий. Совместное использование метода «исторической аналогии» и статистических методов определения оператора эволюции для открытых систем использует ряд допущений, в которых все факторы полагаются случайными или неопре-

деленными и непосредственно связаны со спецификой получения данных и особенностями наблюдаемой местности.

Предложенный метод определения индикатора прогнозируемого состояния объекта применительно к данным изображений по результатам космического мониторинга позволяет оперативно определять тенденцию дальнейших изменений анализируемых объектов только по имеющимся в наличии априорным данным.

Список литературы

1. Бутенко О.С. Сценарий формирования пространства управляющих параметров при анализе возможности перехода различных аномалий в один из типов элементарных катастроф / О.С. Бутенко // *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. – Х.: ХУ ПС, 2009. – Вип. 3(21). – С. 200-204.
2. Малинецкий Г.Г. Сценарии, стратегические риски, информационные технологии / Г.Г. Малинецкий. – М.: Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2002. – 124 с.
3. Бутенко О.С. Анализ возможности прогнозирования распространения аномалий по данным космического мониторинга. / О.С. Бутенко // *Системи обробки інформації: Зб. наук. праць*. – Х.: ХУ ПС, 2008. – Вип. 5(72). – С. 38-44.

4. Кендалл М.Дж. Многомерный статистический анализ и временные ряды / М.Дж. Кендалл, А. Стьюарт. – М.: Наука, 1976. – 736 с.

5. Сучасні інформаційні технології екологічного моніторингу Чорного моря / [О.С. Бутенко, С.М. Андреев, С.И. Березина и др.] — К.: Інформаційні системи, 2010. – 302 с.

Поступила в редколлегию 15.08.2012

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

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ІНДИКАТОРІВ ПРОГНОЗНОГО СТАНУ ЕКОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

О.С. Бутенко

Запропоновано метод отримання прогнозних оцінок, які визначають тенденцію можливого розвитку нестабільних екологічних об'єктів і явищ при спільному використанні даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та результатів контактних досліджень. Розглянуто методику використання рівнянь поверхні (площини) для побудови моделей динаміки об'єкту. При визначенні індикатору можливих станів об'єктів і ступеню ймовірних змін з урахуванням сили сумісного впливу різноманітних факторів збурень. Отримані порогові значення показників, що характеризують його перехід в другий стан. Урахована специфіка об'єктів, які є частиною відкритих систем.

Ключові слова: індикатор, динаміка, параметри, відкрита система, стан, прогноз, моделі, характеристики, оцінки.

METHOD FOR DETERMINING THE INDICATORS PROJECTED STATE ENVIRONMENTAL FACILITIES

O.S. Butenko

A method of obtaining forecasts of determining the trend of the possible development of non-sustained environmental objects and events in the sharing of remote sensing of the Earth (ERS) and the results of contact investigations. The method of use of the equation of the surface (plane) for modeling the dynamics of the object. In determining the indication of possible states of the torus objects and the degree of force is taken into account possible changes of joint influence of various disturbing factors. Get threshold parameters defining its transition to another state. Take into account the specificity of objects that are part of the open systems.

Keywords: indicators, dynamic, specification, an open system, a state prediction model, characteristics, assessment.