

**Использование методов распознавания
при прогнозировании радиационной обстановки
на долговременных пилотируемых космических
станциях**

Цетлин В. В., Носовский А. М., Сенько О. В., Кузнецова А. В.
vtsetlin@mail.ru, nam@imbp.ru, senkoov@mail.ru, azfor@narod.ru

Москва, ИМБП РАН, ВЦ РАН, ИБХФ РАН

Одной из задач, связанных с обеспечением безопасности пилотируемых космических полетов является прогноз радиационной обстановки на околоземных орбитальных космических станциях. Целью настоящего исследования явилось создание алгоритма осуществляющего прогноз среднесуточной мощности дозы космического ионизирующего излучения в отсеках Международной космической станции (МКС) на основе результатов многолетних наблюдений. Нами был использован массив данных, включающий ежесуточные значения приращения дозы ионизирующего излучения, измеренные с помощью двух независимых каналов измерений штатного радиометра Р16, результаты ежесуточных измерений гелиогеофизических данных солнечной активности а также набора баллистических параметров орбиты станции. Стандартные методы прогнозирования временных рядов не привели к желаемому результату. Неудача по-видимому была связана с такими факторами как наличие значительной по величине случайной составляющей, связанной с непредсказуемыми вспышками на Солнце, а также сложный нелинейный характер зависимостей. В связи с этим был предложена методика, основанная на теории распознавания, позволяющая исключить влияние больших по величине «выбросов». Дни наблюдений были разбиты на три подгруппы в зависимости от уровня суточного приращения дозы: с высоким, средним и низким уровнями радиационной активности. Прогнозирование основывалось на решении задачи распознавания первой и третьей групп. В качестве прогностических переменных использовались:

- а) значения баллистических параметров орбиты МКС на момент прогноза (в течение суток, для которых делается прогноз);
- б) значения показателей солнечной активности, измеренные за семь и более дней до момента прогноза;
- в) значения так называемых циклических (фазовых) переменных, описывающих циклические изменения уровня радиации.

На предварительном этапе с использованием метода оптимальных достоверных разбиений [3, 4] производилась оценка ценности всевозможных предполагаемых прогностических переменных и формировался оптимальный набор прогностических переменных. По результатам реше-

ния задачи распознавания с использованием изложенного ниже подхода строился собственно алгоритм для прогнозирования суточного приращения дозы. В результате была достигнута точность средненедельного прогноза, оцениваемая коэффициентом линейной корреляции 0.56 между прогнозом и реальными значениями суточных приращений.

Циклическая переменная

Значение циклической переменной $C_p[j]$, соответствующей предполагаемой длине цикла p для суток с номером j относительно некоторой точки отсчета вычисляется как остаток от деления j/p или $C_p[j] = j/p - [j/p]$. При наличии в динамическом ряду периодического чередования с длиной цикла p временных интервалов с высокими и низкими уровнями значений прогнозируемой величины на отрезке значений циклической переменной C_p выделяется интервал, в котором значения прогнозируемой величины отличаются от значений в остальной части интервала. Подобные неоднородности в данных выявляются с помощью метода оптимальных разбиений с использованием одномерной модели с двумя граничными точками [3, 4].

Использование методов распознавания при решении задач динамического прогнозирования

В случае непрерывной прогнозируемой переменной использование методов распознавания позволяет выделить набор прогностических уровней с различными средними значениями прогнозируемой величины. На первом шаге производится разбиение интервала допустимых значений прогнозируемой величины Y . В частности могут быть выделены интервалы с $Y < a$ и $Y > b$, где $b > a$. Моменты времени с $Y < a$ образуют класс K_1 , а моменты времени с $Y > b$ образуют класс K_2 . Далее строится алгоритм $A(a, b)$, распознающий классы K_1 и K_2 . Производится распознавание объектов, соответствующих каждому из моментов анализируемого временного ряда. Причем объекты, соответствующие моментам с $Y < a$ и $Y > b$, распознаются в режиме скользящего контроля. Предположим, что алгоритм $A(a, b)$ представим в виде произведения оператора $R(a, b)$ и решающего правила $C(a, b)$, см. [2]. Причем оператор $R(a, b)$ для объектов, соответствующих моментам рассматриваемого временного ряда, вычисляет значения из отрезка $[G_0, G_f]$. Произведем разбиение отрезка $[G_0, G_f]$ с помощью пороговых значений G_1, \dots, G_{f-1} . Упомянутым выше прогностическим уровням соответствуют подмножества $[G_0, G_f]$: $[G_0, G_1), \dots, [G_{f-1}, G_f]$. Для каждого из подмножеств $[G_{i-1}, G_i)$ вычисляется среднее по обучающей информации значение прогнозируемой переменной $Y - \hat{y}_i$. При прогнозировании Y для нового момента времени t с помощью оператора $R(a, b)$ вычисляется оценка $g(t)$. Выясняется, како-

му из подмножеств $[G_0, G_1), \dots, [G_{f-1}, G_f]$ принадлежит $g(t)$. В качестве прогнозируемого значения Y для момента t выбирается среднее значение для подмножества $[G_{i(t)-1}, G_{i(t)})$, содержащего $g(t)$. Таким образом алгоритм прогнозирования, основанный на методах распознавания, ставит в соответствие вектору значений прогностических показателей дискретный прогнозный уровень. Для каждого из дискретных прогнозных уровней предварительно по имеющимся результатам накопленных наблюдений вычисляются средние значения уровня радиации, которые и используются далее в качестве прогнозов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 05-07-90333.

Литература

- [1] *Цетлин В. В., Акатов Ю. А., Архангельский В. В., Митрикас В. Г., Бондаренко В. А., Макин А. С.* Результаты мониторинга радиационных условий внутри РС МКС (2000–2005 гг.) // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2006. — № 5. — С. 21–26.
- [2] *Журавлёв Ю. И.* Корректные алгебры над множествами некорректных (эвристических) алгоритмов. I. // Кибернетика. — 1977. — № 4. — С. 5–17.
- [3] *Сенько О. В.* Перестановочный тест в методе оптимальных разбиений. // Журнал вычислительной математики и математической физики. — 2003. — № 9. — С. 1438–1447.
- [4] *Senko O. V., Kuznetsova A. V.* The Optimal Valid Partitioning Procedures. // Statistics on the Internet. — 2006. April. — statjournals.net.