

УДК 681.513.3

А.В.Зорин (5 курс, каф. РВиКС), Р.И. Ивановский, д.т.н., проф.

### Программный модуль обработки данных экологических наблюдений

Сбор статистических данных о свойствах природного процесса в текущий момент времени и их анализ позволяет управлять протеканием процесса и предотвращать возможное возникновение нежелательных ситуаций. Для этого был разработан программный модуль.

Целью доклада является описание вероятностных подходов, применяемых в модуле для обработки данных и прогноза развития ситуации.

Многие процессы в природе можно характеризовать лишь путем сбора статистических данных. При этом полученные данные используются для представления временной характеристики полиномиальной функцией и построения интервальной оценки. Такое представление относится к задачам регрессионного анализа [1], т.е. задачам приближенного описания зависимости одной случайной величины от других случайных и неслучайных величин. В ходе работы был произведен анализ подходов к решению регрессионной задачи предложенных в [1,2]. Обоснование выбора метода оценки параметров регрессии и метода нахождения интервальных оценок для прогноза развития процесса проводилось на основе программного пакета MathCAD согласно рекомендациям из [3]. Как наиболее эффективный при решении данной задачи был сформирован подход, основанный на выборе метода наименьших квадратов для определения параметров регрессии и применения интервальной оценки для линейной регрессии.

Подход, применяемый здесь, заключается в следующем: вводится критерий рассогласования отклика и регрессионной функции, и оценки параметров регрессии определяются так, чтобы сделать это рассогласование наименьшим. Использование метода наименьших квадратов обеспечивает достаточно простое получение расчетных формул для оценок:

$$Q(\beta_0, \beta_1) = \sum_{i=1}^n \varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 + \beta_1 x_i)^2 \rightarrow \min(\beta_0, \beta_1),$$

где  $Q(\beta_0, \beta_1)$  – критерий рассогласования,  $\varepsilon$  – отклонение значения отклика от значения регрессионной функции,  $\beta_i$  – параметры аппроксимирующего полинома,  $y_i$  – полученное экспериментальное значение. Преимуществом метода наименьших квадратов является сравнительно быстрое нахождение параметров полиномиальной функции в условиях контроля за ситуацией в реальном времени.

Далее при решении регрессионной задачи применяется интервальная оценка, которая основывается на найденной при помощи метода наименьших квадратов точечной оценке. В данном случае формула, определяющая доверительный интервал для найденной точечной оценки, определяет и коридор ошибок прогноза значений с заданной доверительной вероятностью. Этот коридор в качестве оси имеет точечную оценку регрессии и ограничен двумя гиперболами (рис. 1).

С целью снижения неэффективного использования вычислительных ресурсов отдельные, часто используемые вероятностные характеристики могут вычисляться на каждом шаге (при добавлении нового экспериментального значения) рекурсивно. Так как при вычислении точечной и интервальной оценок на каждом шаге повторяется подсчет однотипных выражений с одинаковыми компонентами, то итеративные методы поиска точечных и интервальных оценок в работе заменены на модифицированные рекурсивные методы. Это позволяет изменить характер зависимости числа арифметических операций от

числа шагов.

Также для рационального применения памяти и обеспечения требуемого быстродействия реакции на возможную опасность производится вычисление интервальных оценок не с начала сбора экспериментальных данных о регрессионной функции, а с момента достижения точечной оценкой этой функции некоторого заданного значения.

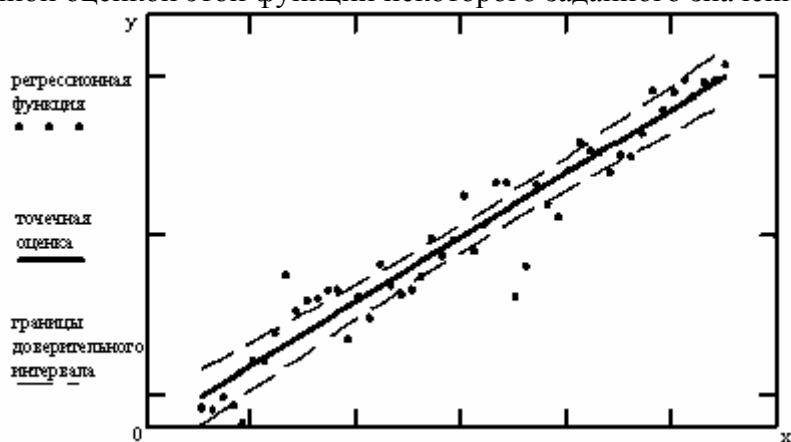


Рис. 1. Точечная и интервальная оценка регрессионной функции.

Для анализа разработанного модуля были проведены сравнительные эксперименты с применением различных вероятностных методов. Была изучена эффективность применения описанных подходов по сравнению с альтернативными по таким критериям как точность, быстродействие, ресурсоемкость. Полученные результаты, а также простота реализации указывают в пользу модуля.

Таким образом, в результате проведенной работы предложен программный модуль, который позволяет на основе разработанных для него регрессионных методов оценки и прогноза осуществлять контроль за развитием некоторого естественного процесса и применяется для управления системами предупреждения опасных ситуаций. Установлено, что модуль обладает преимуществами перед аналогами. Развитие таких систем позволит раскрыть новые его достоинства.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Вероятностные разделы математики // Под ред. Максимова Ю.Д. СПб.: Иван Федоров, 2000, с. 505-515.
2. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. М.: Мир, 1971. 409 с.
3. Ивановский Р.И. Компьютерные технологии в науке и образовании. Практика применения систем MathCAD Pro. М.: Высшая школа, 2003. 432 с.