

МЕТОД АНАЛИЗА СЛОЖНОСТИ ЗАДАНЫХ МАРШРУТОВ

Д.В. Бобров

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: bobrow.bobro2015@yandex.ru

Ключевые слова: код маршрута, спектр динамических характеристик последовательности, анализ сложности движения.

Аннотация: В работе предлагается способ сравнения по сложности заданных маршрутов, который основан на представлении маршрута в виде конечного числа непересекающихся участков и анализе свойств движения по этим участкам. В качестве формального аппарата для анализа сложности маршрутов предлагается использовать спектр динамических характеристик последовательности.

1. Введение

В настоящей работе предлагается способ сравнения по сложности заданных маршрутов, который основан на разбиении маршрута на участки и анализе свойств каждого из участков с учетом их расположения на маршруте. Значения показателей для каждого из свойств, характеризующих построенные участки, кодируются символами некоторого конечного алфавита и, при упорядочении их согласно выбранному направлению обхода участков, образуют последовательность, которая описывает динамику изменения соответствующего свойства при движении по маршруту. Набор, образованный последовательностями, построенными для всех рассматриваемых свойств, полагается полным описанием маршрута, так как содержит информацию о значении показателя каждого из свойств для любого участка маршрута.

В качестве формального аппарата для анализа и построения оценки сложности маршрута, представляемого в виде набора последовательностей кодовых знаков, предлагается использовать спектр динамических характеристик, который был введен и разработан В.А. Твердохлебовым в [1-3]. В данном спектре систематизируются динамические параметры, представляющие правила построения последовательности с использованием рекуррентных форм различных порядков.

2. Основные определения и постановка задачи

Пусть $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$ – конечное множество и $\xi \in U^*$. Спектр $\Omega(\xi)$ динамических характеристик последовательности ξ имеет иерархическую структуру, состоящую из пяти уровней $\Omega(\xi) = (\Omega_0(\xi), \Omega_1(\xi), \Omega_2(\xi), \Omega_3(\xi), \Omega_4(\xi))$. Для формального определения данных уровней введем в рассмотрение следующие обозначения.

Определение 1. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^v$ наименьший порядок рекуррентной формы, определяющей последовательность $\bar{\xi}$, будем обозначать $m_0(\bar{\xi})$.

Определение 2. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^v$ и $m \in N^+$, где $1 \leq m \leq m_0(\bar{\xi})$, наибольшую длину начального отрезка последовательности $\bar{\xi}$, определяемого рекуррентной формой порядка m , будем обозначать $d^m(\bar{\xi})$.

Определение 3. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^v$ и $m \in N^+$, где $1 \leq m \leq |\bar{\xi}| - 1$, число смен рекуррентных форм порядка m , требующихся при определении последовательности $\bar{\xi}$, будем обозначать $r^m(\bar{\xi})$.

Определение 4. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^v$ и $m \in N^+$, где $1 \leq m \leq m_0(\bar{\xi})$ и j , где $1 \leq j \leq r^m(\bar{\xi})$, длину j -го отрезка в определении последовательности $\bar{\xi}$ будем обозначать $d_j^m(\bar{\xi})$.

Используя введенные обозначения, определим спектр параметров, характеризующих последовательность, как следующую структуру:

- $\Omega_0(\bar{\xi}) = \langle m_0(\bar{\xi}) \rangle$;
 - $\Omega_1(\bar{\xi}) = \langle d^1(\bar{\xi}), d^2(\bar{\xi}), \dots, d^\alpha(\bar{\xi}) \rangle$;
 - $\Omega_2(\bar{\xi}) = \langle r^1(\bar{\xi}), r^2(\bar{\xi}), \dots, r^\alpha(\bar{\xi}) \rangle$;
 - $\Omega_3(\bar{\xi}) = \langle \Omega_3^1(\bar{\xi}), \Omega_3^2(\bar{\xi}), \dots, \Omega_3^\alpha(\bar{\xi}) \rangle$, где $\alpha = m_0(\bar{\xi})$ и $\Omega_3^j(\bar{\xi}) = \langle d_1^j(\bar{\xi}), d_2^j(\bar{\xi}), \dots, d_{n_j}^j(\bar{\xi}) \rangle$ (n_j – номер последнего отрезка в определении последовательности $\bar{\xi}$ как последовательности отрезков, определяемых отдельными рекуррентными формами порядка j).
- $\Omega_4(\bar{\xi}) = \Theta(\Omega_3(\bar{\xi}))$, где Θ – оператор замены в $\Omega_3(\bar{\xi})$ величин длин отрезков весами рекуррентных форм, использованных для определения отрезков.

3. Построение кода маршрута

Пусть задан маршрут, представленный кривой линией на топографической карте. Математический аппарат рассматриваемых спектров предназначен для систематизации числовых характеристик последовательности. Поэтому в излагаемом методе оценки сложности информация о маршруте преобразуется в код маршрута – набор последовательностей кодовых знаков.

Первым этапом построения кода маршрута является представление маршрута в виде конечного числа непересекающихся участков. Выбор таких участков маршрута предлагается выполнить путем разбиения на фрагменты кривой линии, описывающей маршрут на карте, и сопоставления участков реального маршрута построенным фрагментам. Данное разбиение может быть реализовано различными способами, например:

- Разбиение на фрагменты одинаковой длины.
- Разбиение на фрагменты, соответствующие участкам маршрута, имеющим одинаковую длину.
- Разбиение на фрагменты, соответствующие выбранным типовым участкам маршрута.
- Разбиение на фрагменты, выделенные по свойствам местности, по которой проложен маршрут.

В данной статье для иллюстрации метода использовалось разбиение исследуемого маршрута на фрагменты одинаковой длины.

Построенные фрагменты есть отрезки абстрактной кривой линии, представляющей проекцию реальной кривой линии маршрута на плоскость. Для оценки сложности движения по маршруту необходимо интерпретировать эти фрагменты, сопоставляя им участки маршрута согласно масштабу и расположению линий уровня на

топографической карте, и выделить свойства, существенные для оценки сложности движения по каждому из участков. В качестве таких свойств могут использоваться:

- Угол наклона в направлении движения по маршруту. Значением данного свойства является величина угла между перпендикуляром к поверхности, по которой проходит маршрут, и касательной к реальной кривой линии маршрута. Перпендикуляр и касательная строятся из одной и той же точки, выбранной на участке.
- Средний угол наклона в направлении движения по маршруту. Значение данного свойства получается путем вычисления отношения величины интеграла вдоль кривой линии, соответствующей данному участку, от значения предыдущего свойства в каждой точке участка к длине этого участка.
- Разность высот точек, которые соответствуют концу и началу участка маршрута.
- Угол поперечного наклона. Значением данного свойства является величина угла между вертикалью и линией, направление которой задается векторным произведением направления движения по маршруту и внешней нормали к поверхности, построенными из одной и той же точки, выбранной на участке.
- Средний угол поперечного наклона. Значение данного свойства получается путем вычисления отношения величины интеграла вдоль кривой линии, соответствующей данному участку, от значения предыдущего свойства в каждой точке участка к длине этого участка.
- Свойства, характеризующие специфику местности, на которой расположен участок маршрута: наличие или отсутствие препятствий, их форма, размеры, характеристики грунта, атмосферные явления, оказывающие влияние на движение по данному участку и т.д.
- Свойства, характеризующие специфику траектории данного участка маршрута: количество поворотов, радиус и угол поворота, расстояние между поворотами и т.п.

В настоящей статье будут рассмотрены свойства, характеризующие разность высот точек, расположенных на концах участка, и угол поперечного наклона. В качестве точки, в которой строились линии, участвующие в вычислении значений показателя последнего свойства, выбиралась точка, соответствующая середине фрагмента, сопоставленного участку маршрута.

Обозначим рассматриваемые свойства за R_1, R_2, \dots, R_p . Для каждого свойства R_i , где $1 \leq i \leq p$, определяется множество A_i знаков, которые будут использоваться для кодирования значений показателя свойства.

Сопоставим построенным участкам маршрута номера согласно порядку, в котором участки встречаются при обходе маршрута в заданном направлении. Пусть эти номера есть $1, 2, \dots, q$, тогда значение показателя i -го свойства, где $1 \leq i \leq p$, для j -го участка маршрута, где $1 \leq j \leq q$, будем обозначать как r_{ij} . При каждом фиксированном i , где $1 \leq i \leq p$, коды a_{ij} значений r_{ij} , где $1 \leq j \leq q$, составляют последовательность $\alpha_i = \langle a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iq} \rangle$. Полученный набор последовательностей $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ представляет собой код исследуемого маршрута

Список литературы

1. Твердохлебов В.А. Методы интерполяции в техническом диагностировании // Проблемы управления. 2007. № 2. С. 28-34.
2. Твердохлебов В.А. Рекуррентно-автоматные характеристики динамических систем // Материалы 9-ой Междунар. конф. Интеллектуальные системы и компьютерные науки. Т. 1, часть 2. Москва. 2006. С. 168-171.

3. Твердохлебов В.А. Интерполяция и рекуррентные модели в техническом диагностировании больших систем // Проблемы и перспективы прецизионной механики и управления в машиностроении. Саратов, 2006. С. 68-80.