Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра дискретной математики и
информационных технологий

Разработка алгоритма оптимального по сложности варианта управления движением по заданной сети трасс

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 421 группы
направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
факультета компьютерных наук и информационных технологий
Лопаткина Ильи Алексеевича

Научный руководитель
д.т.н., профессор ____________________ В.А. Твердохлебов
дата, подпись

Заведующий кафедрой
к. ф.-м.н., доцент ____________________ Л.Б. Тяпаев
дата, подпись

Саратов 2016 год

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных задач при выборе оптимального по заданному критерию маршрута движения транспортного средства (автомобиля, воздушного судна, речного судна) является оценка сложностей управления движения. В простейшем случае критерий оптимальности базируется на рассмотрении геометрической модели маршрута, построении набора стандартных участков и определении сложности правил движения по маршруту.

Предполагается, что общее правило движения по всему маршруту состоит из набора правил управления движением на отдельных стандартных участках маршрута. Критерий оценки сложности правил движения по маршруту определяется по числовым показателям смен отдельных правил управления движением на стандартных участках.

Как показала практика, ошибки в управлении движением наиболее часто возникают на этапах смен правил управления движением. Простейшим вариантом управления движением по маршруту является маршрут, представленный прямой линией с неизменяющимися правилами управления движением.

Сложные по правилам управления маршруты представлены сложной геометрической кривой в пространстве. Например:

1) Управление движением лунохода – 1, которое изложено в работе [3].

2) Управление движением автомобиля в горной местности.

3) Управление движением по специально усложнённым маршрутам для гонок по формуле – 1 и т.д.

В этих и других примерах ошибки в управлении чаще возникают, когда водителю, лётчику, оператору требуется изменять правила управления, что связано с перестановкой внимания, использованием памяти, использованием новых средств управления и т.д.

В бакалаврской работе была поставлена задача:

- Изучить метод оценки сложности, структуры, функциональных зависимостей, взаиморасположение элементов последовательности по числовым показателям рекуррентного определения последовательности, представленным в спектре, разработанном и изложенном в работах [1-4]
- Для заданных геометрических кривых разработать базовый набор стандартных частей, выбрать кодирование частей и построить коды геометрических кривых
- Вычислить показатели рекуррентного определения последовательностей, представляющих выбранные кривые по уровням спектра Ω_0 и Ω_1
- Сравнить по сложности геометрические кривые
- Для вычисления показателей рекуррентного определения последовательностей по уровням Ω_0 и Ω_1 разработать программу

В первом разделе даётся формулировка спектра числовых показателей и его структура.

Во втором разделе было произведено изучение сложности управления транспортным средством «Луноход-1».

В третьем разделе показана блок-схема алгоритма определения сложности последовательностей, образованных геометрическими кривыми.

В четвёртом разделе произведён вычислительный эксперимент и анализ результатов.

Основное содержание работы.

Спектр числовых показателей рекуррентного определения последовательностей.

В качестве основной характеристики свойств последовательности разработан и предлагается спектр $\Omega(\xi)$ динамических параметров, представляющих правила построения последовательности с использованием рекуррентных форм различных порядков. Для этого рассматриваемой последовательности

$$\xi = \langle u(1), u(2), \ldots, u(t), \ldots \rangle \quad (1.1)$$

элементов из конечного множества U сопоставляются рекуррентные формы $F(z_1, z_2, \ldots, z_m) = z_{m+1}$, у которых $z_i, 1 \le i \le m+1$, принимают значения из множества U, и которые определяют части или сразу всю последовательность ξ.

Определение последовательности рекуррентной формой F (или последовательностью рекуррентных форм) реализуется на основе совмещения переменных рекуррентной формы с элементами последовательности ξ по правилу: для любого t, $t > m$ (или t принадлежит рассматриваемому интервалу целых положительных чисел)

$$F(u(t-m), u(t-m+1), \ldots, u(t-1)) = u(t). \quad (1.2)$$

По предположению независимые и зависимые переменные рекуррентных форм определены на конечном множестве U, то есть, рекуррентной форме F соответствует конечное отображение вида F: $U^m \to U$. Это позволяет эффективно задавать рекуррентные формы, конечные семейства рекуррентных форм и правила их применения при определении последовательностей.

Спектр $\Omega(\xi)$ для последовательности ξ имеет 5 уровней: $\Omega(\xi) = (\Omega_0(\xi), \Omega_1(\xi), \Omega_2(\xi), \Omega_3(\xi), \Omega_4(\xi))$. В спектре числовыми значениями представлены порядки рекуррентных форм, длины отрезков последовательности, определяемые отдельными рекуррентными формами и количества смен рекуррентных форм.

По определению $\Omega_0(\xi) = m_0(\xi)$, где $m_0(\xi)$- наименьший порядок рекуррентной формы, определяющей всю последовательность ξ. На уровне $\Omega_1(\xi)$

спектра $\Omega(\xi)$ расположено m_0 чисел ($m_0 \in N^+$), определяющих для порядков от 1 до m_0 размеры наибольших определяемых начальных отрезков последовательности ξ.

Уровень $\Omega_2(\xi)$ содержит m_0 чисел, показывающих, сколько раз для рассматриваемого порядка рекуррентных форм потребовалось заменять рекуррентные формы при определении последовательности ξ. На уровне $\Omega_3(\xi)$ каждое число смен рекуррентных форм, показанное на уровне $\Omega_2(\xi)$, заменено последовательностью чисел, представляющих длины отрезков, определяемых отдельными рекуррентными формами.

По построению спектр динамических показателей определения последовательности состоит из числовых значений:

- наименьшего порядка $m_0(\xi)$ рекуррентной формы определяющей всю последовательность ξ;

- набор наименьших длин $d^1(\xi)$, $d^2(\xi),\ldots,$ $d^{m_0}(\xi)$ префиксов последовательности ξ, задаваемых рекуррентными формами соответственно порядков *1, 2,…,* m_0 ;

- набор чисел $r^1(\xi)$, $r^2(\xi),\ldots,$ $r^{m_0}(\xi)$ смен рекуррентных форм порядков *1, 2,…,* m_0 , задающих всю последовательность;

- набор наборов длин

$$d_1^1(\xi), d_2^1(\xi),\ldots,d^1_{r^1(\xi)+1}(\xi)$$

$$d_1^2(\xi), d_2^2(\xi),\ldots,d^2_{r^2(\xi)+1}(\xi)$$

…………………

$$d_1^{m_0}(\xi)=|\xi|$$

отрезков последовательности ξ , где $d_j^m(\xi)$ - длина j-го отрезка в определении рекуррентной формой порядка m последовательности ξ.

Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^{\nu}$ наименьший порядок рекуррентной формы, определяющей последовательность $\bar{\xi}$, будем обозначать $m_0(\bar{\xi})$. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^{\nu}$ и $m \in N^{+}$, где $1 \le m \le m_0(\bar{\xi})$, наибольшую длину начального отрезка последовательности $\bar{\xi}$, определяемого рекуррентной формой порядка m , будем обозначать $d^{m}(\bar{\xi})$. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^{\nu}$ и $m \in N^{+}$, где $1 \le m \le \left|\bar{\xi}\right| - 1$, число смен рекуррентных форм порядка m, требующихся при определении последовательности $\bar{\xi}$, будем обозначать $r^{m}(\bar{\xi})$. Для любой последовательности $\bar{\xi} \in U^{\nu}$ и $m \in N^{+}$, где $1 \le m \le m_0(\bar{\xi})$ и j , где $1 \le j \le r^{m}(\bar{\xi})$ 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:

- $\Omega_0(\bar{\xi}) = \left\langle m_0(\bar{\xi}) \right\rangle$; $\Omega_1(\bar{\xi}) = \left\langle d^1(\bar{\xi}), d^2(\bar{\xi}), \ldots, d^{\alpha}(\bar{\xi}) \right\rangle$;

- $\Omega_2(\bar{\xi}) = \left\langle r^1(\bar{\xi}), r^2(\bar{\xi}), \ldots, r^{\alpha}(\bar{\xi}) \right\rangle$; $\Omega_3(\bar{\xi}) = \left\langle \Omega_3^1(\bar{\xi}), \Omega_3^2(\bar{\xi}), \ldots, \Omega_3^{\alpha}(\bar{\xi}) \right\rangle$, где $\alpha = m_0(\bar{\xi})$ и $\Omega_3^j(\bar{\xi}) = \left\langle d_1^j(\bar{\xi}), d_2^j(\bar{\xi}), \ldots, d_{n_j}^j(\bar{\xi}) \right\rangle$ (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 использованных рекуррентных форм для определения отрезков.

Четвёртый уровень $\Omega_4(\bar{\xi})$ спектра $\Omega(\bar{\xi})$ к характеристике последовательности $\bar{\xi}$ по количеству изменений правил, определяющих взаиморасположение элементов в последовательности, и величинам областей действия правил, представленной на уровнях $\Omega_1(\bar{\xi})$ - $\Omega_3(\bar{\xi})$, добавляет оценки сложности правил и величины области использования правил. В достаточно общем случае можно вводить веса правил (рекуррентных форм) и веса реализации правил, используемых при определении отрезка. Например, для каждого шага применения рекуррентной формы $F(z_1^0, z_2^0, \ldots, z_m^0) = z_{m+1}^0$, то есть, для набора $(z_1^0, z_2^0, ..., z_m^0)$ задается вес $\Theta(z_1^0, z_2^0, ..., z_m^0)$ в числовой форме и сумма весов всех шагов применения рекуррентной формы для последовательности полагается весом последовательности.

Первые четыре уровня $\Omega_0(\xi)$, $\Omega_1(\xi)$, $\Omega_2(\xi)$ и $\Omega_3(\xi)$ спектра $\Omega(\xi)$ характеризуют алгоритмические свойства определения последовательности ξ и её строение, так как рекуррентные формы являются правилами построения порядка следования элементов. Эти отдельные, базовые, правила сменяют одно другое по общему критерию достижения границы применимости рекуррентной формы.

Простейшая формула, определяющая числовое значение оценки сложности использованной рекуррентной формы, имеет вид

$$\theta = \frac{m_0 \cdot k}{n^{m_0 - 1}}, \tag{1.3}$$

где k – число знаков в последовательности, порожденных применением рекуррентной формы F, а n - мощность алфавита. Эта оценка θ в варианте $\Omega_0 = \langle m_0 \rangle$ использована на 0-ом уровне спектра Ω, что упрощает и огрубляет получаемую оценку сложности последовательности.

Кроме этого, последовательности, различающиеся только взаимно-однозначным преобразованием элементов, попадают в один и тот же класс эквивалентности по показателям уровней $\Omega_0 - \Omega_3$ спектра Ω.

Для исследования некоторых задач, например, задач оценки сложности, классификации или распознавания последовательностей, в спектр включён четвёртый уровень $\Omega_4(\xi)$. На этом уровне рассматриваемая последовательность характеризуется с использованием весов, придаваемых отдельным рекуррентным формам и определяемым этими формами частей последовательности. На уровне $\Omega_{i+1}(\xi)$, где $0 < i \leq 3$, содержится информация, дополняющая информацию из уровня $\Omega_i(\xi)$. Все последовательности, отличающиеся взаимно-однозначным преобразованием элементов базового множества, имеют один и тот же спектр.

Автоматное отображение ρ'_{s_0} вида (1.1) является фазовой картиной (фазовым портретом), в которой представлены все возможные фазовые траектории. Это свойство перенесено на геометрические образы автоматов, то есть, все варианты конкретного функционирования автомата представлены сечениями его геометрического образа. Это означает, что в свойствах исследуемых последовательностей представлены свойства как фазовых картин, так и отдельных фазовых траекторий.

Существенным свойством геометрических образов законов функционирования автоматов является то, что фазовые картины и отдельные фазовые траектории представлены в единой и общей математической форме – последовательностями и графиками. Если такие последовательности заданы, например, алгебраическими уравнениями, то фазовая картина и фазовые траектории на любом удаленном от начала функционирования интервале времени вычисляются без рекурсивных построений.

Отношение последовательностей по сложности на уровнях спектра Ω_0 и Ω_1 при различной длине отрезков. В ходе практики выбирались, аналитически заданные, функции и точки начала и конца. Между полученными точками образуются определённое количество маршрутов. Ниже приведены результаты, которые показывают сложность маршрутов, которые были получены в ходе работы программы для трёх примеров.

В таблице 1-3 показано сравнение маршрутов по уровням спектра Ω_0 и Ω_1.

Таблица 1

		Рекуррентная форма				
Маршруты	Ω_0	1	2	3	A	M
M1	2	4	1		5	4
M2	3	4	2	1	7	8
M3	3	7	3	1	11	21
M4	3	7	3	1	11	21

Таблица 2

		Рекуррентная форма									
Маршруты	Ω_0	1	2	3	4	5	6	7	8	A	M
M1	4	7	3	2	1					13	42
M2	4	7	3	2	1					13	42
M3	4	6	2	2	1					11	24
M4	8	19	8	5	3	2	2	2	1	42	18240
M5	7	18	6	4	2	2	2	1		36	4320

Таблица 3

		Рекуррентная форма									
Маршруты	Ω_0	1	2	3	4	5	6	7	8	A	M
M1	6	17	8	4	3	3	1			36	4896
M2	8	19	10	6	4	3	3	2	1	48	82080
M3	4	15	7	3	1					26	315

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе все поставленные задачи решены. По методу получения числовых характеристик разработан алгоритм, составлена программа и проведён вычислительный эксперимент. Конкретными данными вычислительного эксперимента являются маршруты трёх примеров. Используя данные конкретного вычислительного эксперимента можно сказать какие маршруты тяжелее по сложности, а какие легче. Для определения сложности были использованы различные методы и проведён анализ результатов. Исходя из данных результатов, можно сказать какой маршрут лучше использовать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Твердохлебов В.А., Епифанов А.С. Представление автоматных отображений геометрическими структурами: Монография. – Саратов: ООО Издательский Центр «Наука», 2013.– с. 204.

2 Твердохлебов В.А. Спектр общих характеристик для последовательностей, геометрических фигур и автоматов. / Тезисы докладов на Международной научной конференции «Компьютерные науки и информационные технологии», Изд-во Сарат. ун-та, 2007. – С. 119.

3 Твердохлебов В.А. Геометрические образы законов функционирования автоматов. – Саратов: Изд-во «Научная книга», 2008. – 183 с.

4 Основные свойства геометрических образов автоматов / В.А. Твердохлебов // Проблемы точной механики и управления: сб. науч. тр. / редкол.: А.Ф. Резчиков (отв. ред.) [и др.]. – Саратов: [Копипринтер СГТУ], 2004. – С. 192.