

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

Кафедра дискретной математики
и информационных технологий

**Разработка алгоритма определения функциональной сложности правила
управления движением по заданной трассе**

АВТОРЕФЕРАТ

бакалаврской работы

Студента 4 курса 421 группы

направления 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

факультета КНиИТ

Трунова Александра Алексеевича

Научный руководитель

Профессор каф. ДМиИТ

В.А. Твердохлебов

Заведующий кафедрой

ДМиИТ, к. ф. м н., доцент

Л.Б. Тяпаев

Саратов 2016 г.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка сложности правил управления процессов используется при решении таких важных задач как: разработка автоматических средств управления, включая автопилоты, при оценке возможностей числовых звеньев в управлении (экипажей, операторов, диспетчеров и т.д.), при управлении сложными технологическими процессами.

Для повышения эффективности правил управления сложными процессами, т.е. процессами в которые входят процессы различной природы (командно-информационные процессы, процессы действий человеческих звеньев, применение функциональной техники и оборудования, процессы энергообеспечения и т.п.) требуется проводить декомпозицию общего правила управления на частные правила, учитывать и оценивать взаиморасположение частных правил последовательности и их использования в процессе управления. В простейшем случае можно предполагать, что показатели всех частных процессов являются компонентами точек n -мерного пространства, а моделью процесса является последовательность таких точек, упорядоченная по времени.

Графики процессов часто используются для наглядного представления процессов и определения развития процессов.

В выпускной работе 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 [2-4]
- Изучить метод преобразования графика последовательности на основе покрытия сеткой
- Вычислить показатели рекуррентного определения последовательностей, представляющих выбранные трассы по уровням спектра Ω_0 и Ω_1

- Для получившихся числовых показателей рекуррентных определений последовательностей разработать алгоритм, составить программу и оценить выбранную последовательность по сложности.

В отличие от других задач оценки сложности маршрута, определение маршрута последовательностью реализуется на основе покрытия маршрута сеткой и введения кодов маршрута через пересечение маршрута с сеткой.

Структура выпускной квалификационной работы состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложения.

В первой главе дается общее представление спектра числовых показателей рекуррентного определения последовательностей

Во второй главе описан метод кодирования гоночных трасс на основе покрытия сеткой.

В третьей главе представлена блок-схема алгоритма вычисления сложности правила управления движением по заданной трассе.

В четвёртой главе реализован вычислительный эксперимент, нанесение сетки разного размера на трассы гонок Формула-1, получение кодов маршрута и сравнение сложности трасс по уровню Ω_0 и Ω_1 спектра Ω .

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

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

элементов из конечного множества U сопоставляются рекуррентные формы, у которых, принимают значения из множества U , и которые определяют части или сразу всю последовательность.

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)

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

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 $d^1(\xi), d^2(\xi), \dots, d^{m_0}(\xi)$ префиксов последовательности ξ , задаваемых рекуррентными формами соответственно порядков $1, 2, \dots, m_0$;

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

- набор наборов длин

$$d_1^1(\xi), d_2^1(\xi), \dots, d_{r^1(\xi)+1}^1(\xi)$$

$$d_1^2(\xi), d_2^2(\xi), \dots, d_{r^2(\xi)+1}^2(\xi)$$

.....

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

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

Четвёртый уровень $\Omega_4(\bar{\xi})$ спектра $\Omega(\bar{\xi})$ к характеристике последовательности 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, то есть, для набора $(z_1^0, z_2^0, \dots, z_m^0)$ задается вес $\Theta(z_1^0, z_2^0, \dots, z_m^0)$ 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[1].

Метод кодирования гоночных трасс на основе покрытия сеткой. Для анализа гоночных трасс проведено исследование свойств плоских кривых, представляющих собой масштабируемые карты реальных трасс.

Для построения кода геометрического образа трассы вводится сетка, изображённая на рисунке 1, которая накладывается на карту трассы. Каждая клетка сетки наделена структурой, изображённой на рисунке 2.

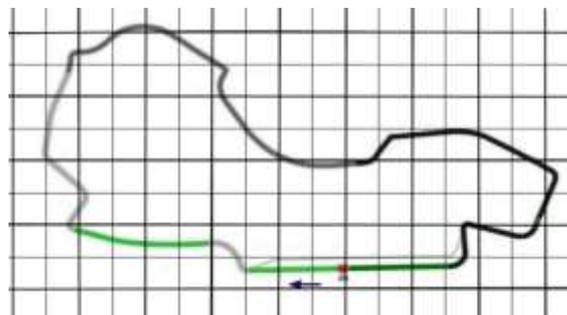


Рисунок 1- Изображение трассы «Альберт Парк» с наложенной сеткой

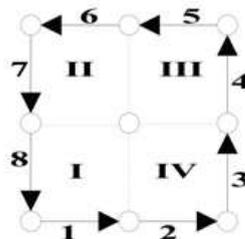


Рисунок 2 - Изображение структуры клетки с разбиением периметра клетки на полуинтервалы 1,2, ..., 8.

Из работы Твердохлебова В.А. известно что, кривая трассы пересекается с периметрами некоторых клеток и точки пересечений однозначно размещаются на полуинтервалах периметров клеток.

Графическая интерпретация возможных вариантов связей полуинтервалов в клетке и коды вариантов связей показаны на рисунке 3 [6].

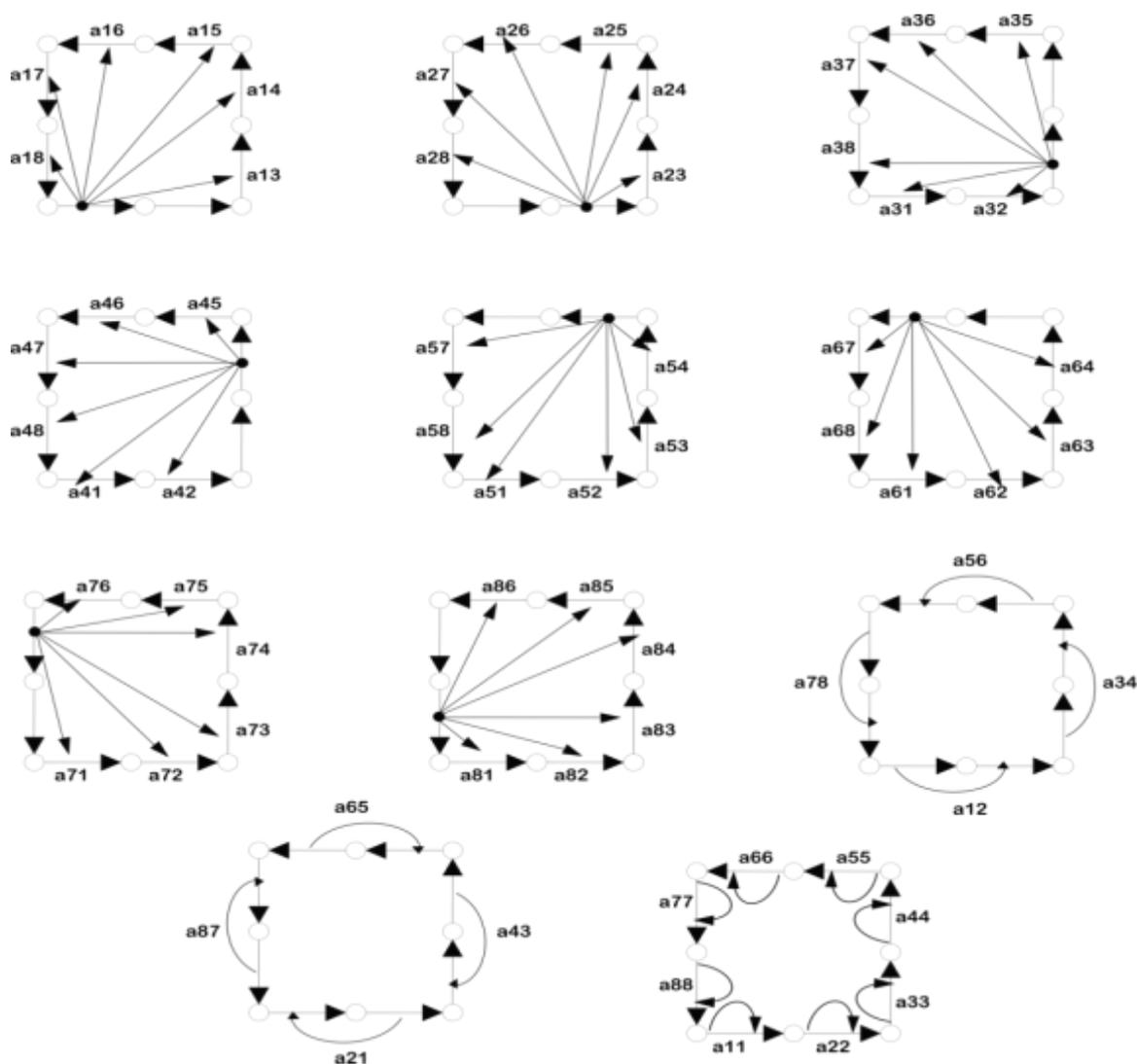


Рисунок 3 - Схемы связей, определяемых пересечениями геометрической кривой с полуинтервалами в периметрах клеток

Блок - схема алгоритма

Блок – схема алгоритма представлена на рисунке 4

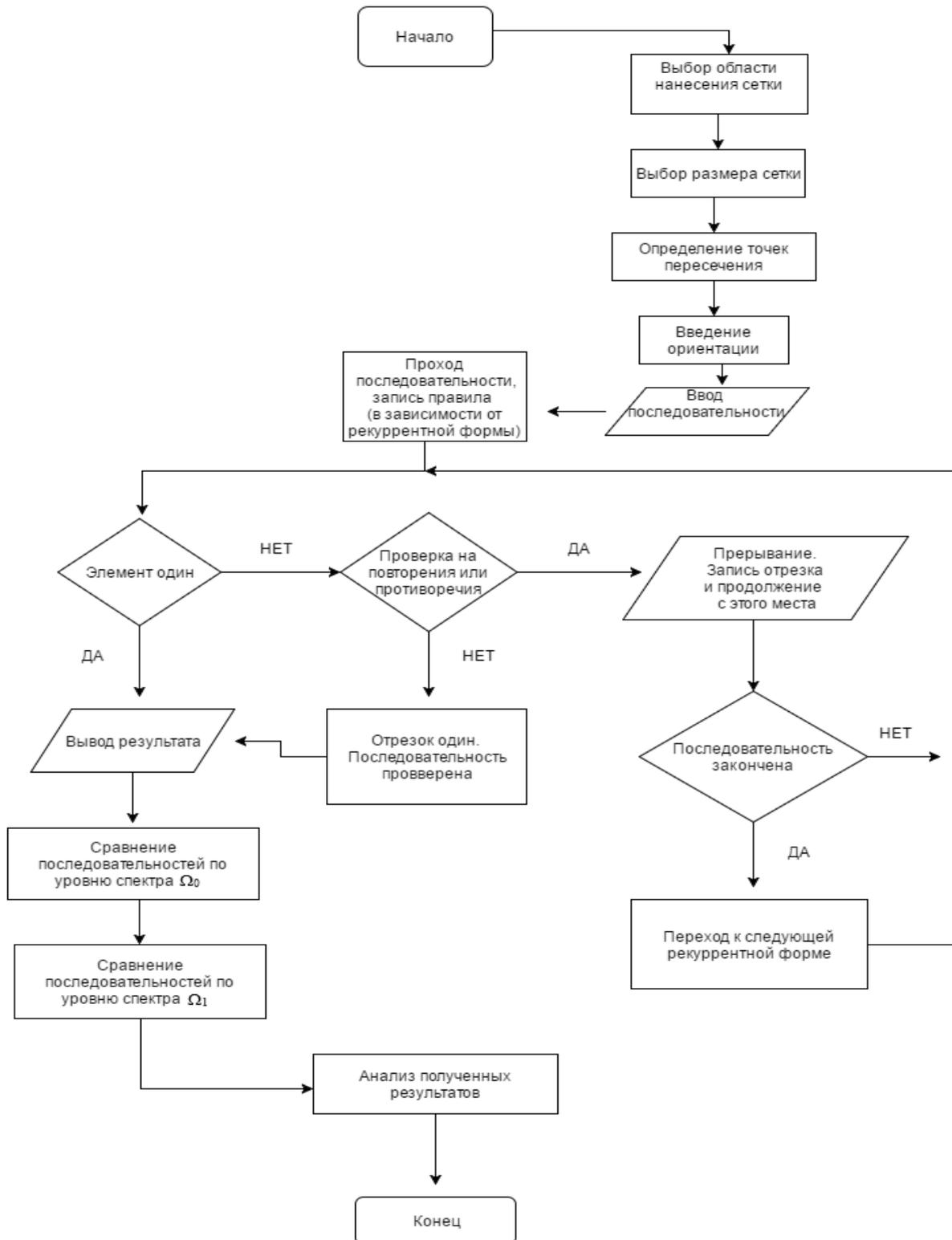


Рисунок 4

Вычислительный эксперимент. Для вычислительного эксперимента были взяты реальные трассы гонок Формула-1. Подбор размера клеток всегда позволяет добиться такого покрытия сеткой при котором разным геометрическим кривым будут соответствовать разные последовательности. На рисунках 5 - 6 представлены трассы с наложением средней сетки.

Трассы со средним покрытием сетки

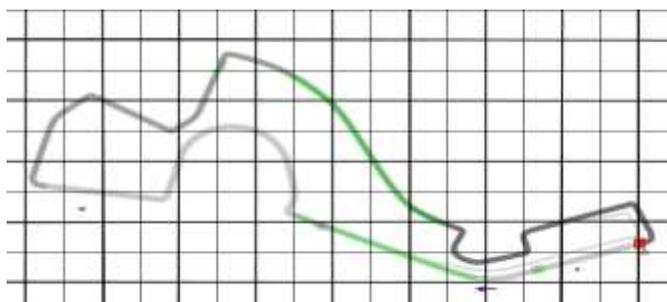


Рисунок 5 - Маршруты геометрических кривых трасс «Сочи Автодром»

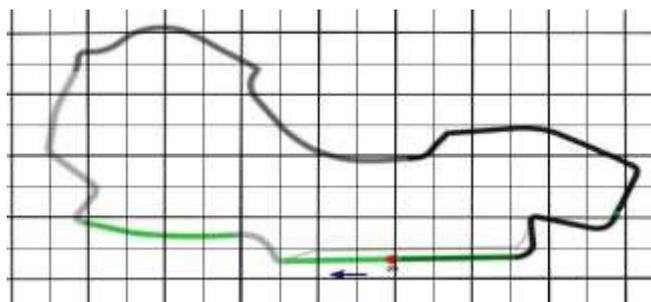


Рисунок 6 - Маршруты геометрических кривых трасс «Альберт Парк»

Таким образом, согласно схеме связей, определяемых пересечениями геометрической кривой с полуинтервалами в периметрах клеток, получают следующие символьные коды для этих трасс:

«Сочи Автодром»

$\xi_1 = a48 a38 a38 a37 a45 a26 a17 a41 a67 a48 a36 a14 a74 a76 a14 a72 a54 a72 a53 a81 a63 a87 a76 a13 a81 a67;$

«Альберт Парк»

$\xi_2 = a38 a37 a47 a47 a45 a23 a34 a45 a25 a24 a75 a23 a81 a64 a71 a63 a81 a64 a76 a13 a83 a82 a54 a43 a32 a57 a48 a38;$

Результаты расчёта оценки сложности управления движением по этим трассам с применением спектра динамических параметров описаны в таблицах 1-4.

Таблица 1- Отношение сложности трасс по уровню спектра Ω_0

Название трассы	Ω_0		
	С наложением мелкой сетки	С наложением средней сетки	С наложением крупной сетки
«Альберт Парк»	$m_0=4$	$m_0=3$	$m_0=2$
«Монца»	$m_0=7$	$m_0=3$	$m_0=2$
«Сочи»	$m_0=4$	$m_0=2$	$m_0=1$
«Каталунья Монтмелло»	$m_0=9$	$m_0=4$	$m_0=2$
«Спа-Франкоршам»	$m_0=6$	$m_0=2$	$m_0=2$
«Бахрейн Интернешнл»	$m_0=9$	$m_0=4$	$m_0=2$
«Автодром Жилия Вильнёва»	$m_0=6$	$m_0=4$	$m_0=2$
«Шанхай Интернешнл»	$m_0=13$	$m_0=6$	$m_0=3$

Таблица 2 - Оценки сложности по уровню спектра Ω_1 с наложением мелкой сетки

Гран-при	Название трассы	Сравнения по уровню спектра Ω_1 (по аддитивности и мультипликативности) с наложением мелкой сетки		
		Кол-во отрезков	А	М
Австралии	«Альберт Парк»	11 5 2 1	19	110
Италии	«Монца»	15 7 5 3 2 2 1	35	6300
России	«Сочи Автодром»	8 3 2 1	14	48
Испании	«Каталунья Монтмелло»	20 8 5 4 2 2 2 2 1	46	51200
Бельгии	«Спа-Франкоршам»	10 5 3 2 2 1	23	600
Бахрейна	«Бахрейн Интернешнл»	25 10 6 5 3 2 2 2 1	56	180000

Канады	«Автодром Жиля Вильнёва»	7 5 3 2 2 1	20	420
Китая	«Шанхай Интернешнл»	26 11 6 5 4 3 2 2 2 2 2 1	68	6589440

Таблица 3 - Оценки сложности по уровню спектра Ω_1 с наложением средней сетки

Гран-при	Название трассы	Сравнения по уровню спектра Ω_1 (по аддитивности и мультипликативности) с наложением средней сетки		
		Кол-во отрезков	A	M
Австралии	«Альберт Парк»	4 2 1	7	8
Италии	«Монца»	6 4 1	11	24
России	«Сочи Автодром»	4 1	5	4
Испании	«Каталунья Монтмелло»	8 4 2 1	15	64
Бельгии	«Спа-Франкоршам»	3 1	4	3
Бахрейна	«Бахрейн Интернешнл»	8 4 3 1	16	96
Канады	«Автодром Жиля Вильнёва»	3 3 2 1	9	18
Китая	«Шанхай Интернешнл»	9 4 2 2 2 1	20	288

Таблица 4 - Оценки сложности по уровню спектра Ω_1 с наложением крупной сетки

Гран-при	Название трассы	Сравнения по уровню спектра Ω_1 (по аддитивности и мультипликативности) с наложением крупной сетки		
		Кол-во отрезков	А	М
Австралии	«Альберт Парк»	2 1	3	2
Италии	«Монца»	2 1	3	2
России	«Сочи Автодром»	1	1	1
Испании	«Каталуња Монтмелло»	4 1	5	4
Бельгии	«Спа-Франкоршам»	2 1	3	2
Бахрейна	«Бахрейн Интернешнл»	3 1	4	3
Канады	«Автодром Жиля Вильнёва»	2 1	3	2
Китая	«Шанхай Интернешнл»	3 2 1	6	6

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 трассы гонок Формула-1.

Используя данные из таблицы 4, трассы «Сочи Автодром», «Каталунья Монтмелло», «Бахрейн Интернешнл», «Шанхай Интернешнл» при наложении крупной сетки получают разные оценки сложности, в то время, когда остальные трассы получают одинаковые оценки сложности. При этом, самой легкой оказалась трасса «Сочи Автодром», а самой сложной оказалась трасса «Шанхай Интернешнл». Используя данные таблицы 3, при наложении средней сетки все трассы получили разные оценки сложности, при этом самой легкой оказалась трасса «Спа-Франкоршам», а самой сложной оказалась трасса «Шанхай Интернешнл». Используя данные таблицы 2, при наложении мелкой сетки все трассы получили разные оценки сложности, при этом самой легкой оказалась трасса «Сочи Автодром», а самой сложной оказалась трасса «Шанхай Интернешнл».

По теоретическим расчётам, полученные оценки сложности совпадают с указанными в публикации гонщиков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Твердохлебов В.А., Епифанов А.С. Представление автоматных отображений геометрическими структурами: Монография. – Саратов: ООО Издательский Центр «Наука», 2013. – С. 40-43.
- 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.118-119.
- 3 Твердохлебов В.А. Геометрические образы законов функционирования автоматов. – Саратов: Изд-во «Научная книга», 2008
- 4 Рекуррентность геометрических образов / В. А. Твердохлебов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004. – № 4/5. – С. 88-90.
- 5 Твердохлебов В.А Модели и методы контроля и диагностирования сложных человеко-машинных систем. // Труды третьей российской конференции с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» [Электронный ресурс]: труды и пленарные доклады участников конференции УКИ'12. М.:ИПУ РАН, 2012. С. 001773- 001782. ISBN 978-5-91450-100-3.
- 6 Твердохлебов В.А. Оценка сложности управления движением по известному маршруту. // Проблемы управления. 2009. №5. С.69-73.
- 7 Официальный сайт гоночной серии Формула-1 [Электронный ресурс]:[сайт]. URL: <http://www.formula1.com>