

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математической
кибернетики и компьютерных наук

**ЭВРИСТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ СОКРАЩЕНИЯ
ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**
АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 273 группы
направления 01.04.02 – Прикладная математика и информатика
факультета КНиИТ
Бабанского Александра Александровича

Научный руководитель
зав. кафедрой, к. ф.-м. н.


10.06.17

С. В. Миронов

Заведующий кафедрой
к. ф.-м. н.


10.06.17

С. В. Миронов

Саратов 2017

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время трудно представить область деятельности, в которой не использовались бы цифровые устройства. В современном мире разработка цифровых систем движется вперед огромными шагами. Их развитие происходит по определенным направлениям, основными из которых следует считать повышение сложности систем, комплексирование, микроминиатюризация.

Развитие технологий производства элементной базы цифровых устройств приводит к увеличению сложности этих устройств с целью расширения функциональных возможностей. Одновременно с этим возрастают требования к качеству и эффективности их производства. Сложная система должна работать долго и надежно, только в этом случае она экономически целесообразна. Обеспечение работоспособности системы — одна из основных задач технической эксплуатации, представляющая многоуровневый процесс, требующий научной и инженерно-технической поддержки. Техническое диагностирование, как процесс получения информации о техническом состоянии изделия с определенной точностью, становится неотъемлемой частью его жизненного цикла.

Целью работы является применение эволюционных алгоритмов к задаче сокращения диагностической информации при помощи масок. Для достижения указанной цели ставятся задачи:

1. Рассмотреть алгоритм сокращения диагностической информации, базирующийся на получении «Дерева вывода» [1–3];
2. Рассмотреть механизм функционирования муравьиных алгоритмов и проанализировать их на вопрос применимости к решению задачи сокращения диагностической информации;
3. Адаптировать механизмы муравьиных алгоритмов для поиска единой маски диагностической информации.

1 Основное содержание работы

Во *введении* обозначены направление исследований, актуальность рассматриваемой проблемы, а также цель работы и задачи, поставленные для ее достижения.

В *разделе 1* рассматривается понятие цифрового устройства и его диагностики.

Подраздел 1.1 описывает формальное представление цифрового устройства. Цифровое устройство — это сложное техническое устройство, используемое в целях обработки информации в цифровой форме. Цифровые устройства обрабатывают сигналы, представляющие из себя последовательности дискретных значений. Чаще всего используются двоичные цифровые сигналы, но часто к ним добавляется значение NULL, которое означает отсутствие результата. Для представления таких устройств в виде цифровых схем удобно использовать систему булевых функций с логическими схемами и их текстовым описанием [4].

Например, текстовое описание описание схемы S27 выглядит следующим образом:

```
#4 inputs
#1 outputs
#3 D-type flipflops
#2 inverters
#8 gates (1 ANDs + 1 ANDs + 2 ORs + 4 NORs)
INPUT(G0)
INPUT(G1)
INPUT(G2)
INPUT(G3)
OUTPUT(G17)
G5 = DFF(G10)
G6 = DFF(G11)
G7 = DFF(G13)
G14 = NOT(G0)
G17 = NOT(G11)
G8 = AND(G14, G6)
G15 = OR(G12, G8)
```

$$G16 = OR(G3, G8)$$

$$G9 = NAND(G16, G15)$$

$$G10 = NOR(G14, G11)$$

$$G11 = NOR(G5, G9)$$

$$G12 = NOR(G1, G7)$$

$$G13 = NOR(G2, G12)$$

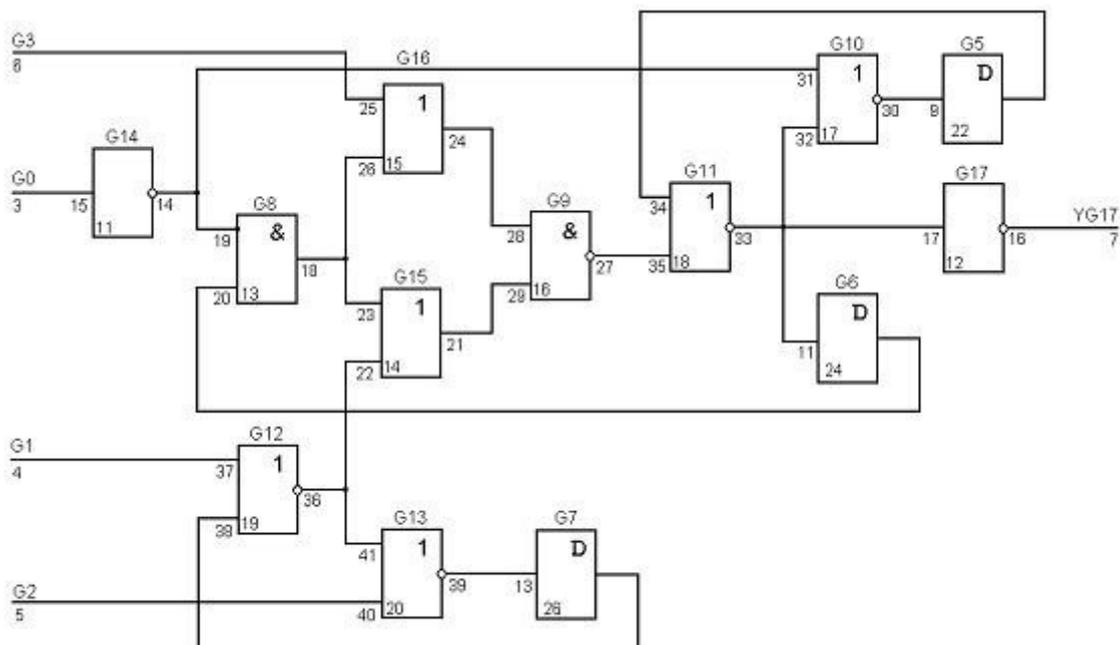


Рисунок 1 – Графическое описание схемы S27

В *подразделе 1.2* дается формальное определение диагностической информации. Диагностическая информация — это совокупность данных, наличие которых необходимо для проведения процесса диагностирования цифрового устройства. Чаще всего диагностическая информация представляется в виде таблицы функций неисправности (ТФН). ТФН является явной математической моделью объекта диагностирования. ТФН очень наглядна и удобна при построении и реализации алгоритмов диагностирования.

ТФН для схемы С17 представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Таблица функций неисправностей для схемы С17

	π_0	π_1	π_2	π_3	π_4	π_5	π_6	π_7	π_8	π_9	π_{10}	π_{11}	π_{12}	π_{13}	π_{14}	π_{15}
s_0	00	00	11	11	00	10	11	11	00	00	11	11	00	10	00	10
s_1	00	10	11	11	00	10	11	11	00	10	00	10	00	10	00	10
s_2	00	00	11	11	00	10	11	11	00	00	00	00	00	10	00	10
s_3	00	00	00	00	00	00	00	10	00	00	00	00	00	00	00	10
s_4	00	00	00	00	00	10	00	10	00	00	00	00	00	10	00	10
s_5	00	00	01	01	00	10	01	11	00	00	01	01	00	10	00	10
s_6	00	00	01	01	00	00	01	01	00	00	01	01	00	00	00	00
s_7	00	00	10	10	00	10	10	10	00	00	10	10	00	10	00	10
s_8	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	00	10	00

	π_{16}	π_{17}	π_{18}	π_{19}	π_{20}	π_{21}	π_{22}	π_{23}	π_{24}	π_{25}	π_{26}	π_{27}	π_{28}	π_{29}	π_{30}	π_{31}
s_0	01	01	11	11	01	11	11	11	11	01	11	11	00	10	00	10
s_1	01	11	11	11	01	11	11	11	00	10	00	10	00	10	00	10
s_2	01	01	11	11	01	11	11	11	00	00	00	00	00	10	00	10
s_3	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	10	00	10
s_4	01	01	01	01	01	11	01	11	01	01	01	01	01	00	10	00
s_5	01	01	01	01	01	11	01	11	01	01	01	01	01	00	10	00
s_6	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	00	00	00
s_7	00	00	10	10	00	10	10	10	10	00	10	10	00	10	00	10
s_8	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	00	10	00	10

Подраздел 1.3 посвящен методам сокращения диагностической информации. Существует две основные технологии сокращения диагностической информации:

1. Минимизация количества элементарных проверок или количества воздействий в диагностическом тесте при максимальном диагностическом разрешении. Такой подход детально исследуется в работах.
2. Особая форма организации информации, содержащейся в ТФН, с целью уменьшения ее общего объема.

Наиболее подробно рассмотрено сокращение диагностической информации при помощи масок.

В *подразделе 1.4* описаны задачи, касающиеся сокращения диагностической информации с помощью масок. Для дальнейшего рассмотрения была выбрана задача, которая заключается в том, чтобы для множества технических состояний S найти такую единую (общую) маску h , чтобы объем СПР_Н ($H = \{h\}$) был минимальным и разрешающая способность диагностирования

с помощью СПР_H не изменялась по сравнению с разрешающей способностью диагностирования с помощью СПР. *Подраздел 1.4.1* описывает алгоритм С4.5, на котором базируется алгоритм «Дерево вывода», описанный в *подразделе 1.4.2*. Формальное описание алгоритма «Дерево вывода» для поиска единой маски диагностической информации:

Вход: Словарь полной реакции: S — множество технических состояний, M — максимальный объем маски результата (по умолчанию $M = |S| - 1$).
Выход: h — маска диагностической информации.

1. Положить $k = 0$, $\tilde{S}_0 = \{S\}$, $J_0 = I'(\tilde{S}_0) = \log_2 |S|$.
2. Положить $h = \emptyset$.
3. Найти точку проверки $i : j$, доставляющую максимум величине

$$J_k - I'_{i:j}(\tilde{S}_k).$$

4. Положить $J_{k+1} = I'_{i:j}(\tilde{S}_k)$.
5. Если $J_{k+1} = J_k$, выдать h и закончить алгоритм. В противном случае перейти к шагу 6.
6. Произвести разбиение блоков из \tilde{S}_k в соответствии со значениями точки проверки $i : j$ в СПР. Результат разбиения записать в \tilde{S}_{k+1} .
7. Включить точку проверки $i : j$ в маску h , положить $k = k + 1$.
8. Если $k = M$, то выдать h и закончить алгоритм. Иначе перейти к шагу 3.

Подраздел 1.4.3 описывает в чем заключается модификация алгоритма «Дерева вывода». В общем случае алгоритм «Дерево вывода» на шаге выбора точки проверки часто может встретить неоднозначность. То есть значение величины $I'_{i:j}(\tilde{S}_k)$ может доставлять максимум величине J_k в нескольких точках проверки. В классическом варианте алгоритм выбирает первую точку проверки, в которой достигается необходимое значение. В модификации алгоритма рассматриваются все точки проверки. Таким образом модифицированный алгоритм строит все возможные маски одной и той же диагностической информации, различающихся между собой в зависимости от выбора точки проверки в случаях неоднозначности.

Подраздел 1.4.4 посвящен муравьиному алгоритму и его связи с диагностической информацией. Движение муравьев организуется по точкам проверки, помещаемым в маску. Путь муравья заканчивается, когда сформирована

единая маска. На каждом очередном шаге муравей выбирает одну из наилучших точек проверки, доставляемых ему алгоритмом «Дерево вывода». В процессе передвижения муравья, в точках проверки с неоднозначным выбором он отдает предпочтение той вершине, на которой находится больше феромонов его сородичей. Каждая вершина, через которую прошел муравей помечается его феромонами и добавляется в маску h_i . К выходу следующего муравья часть оставленных на точках проверки феромонов, зависящая от коэффициента затухания и длины пути последнего муравья, испарится.

В *подразделе 1.4.5* рассмотрен простой муравьиный алгоритм (ПМА) из [5] и подробно рассмотрен пример его работы на варианте Т-ТФН для схемы С17. *Подраздел 1.4.6* описывает гибридный муравьиный алгоритм (ГМА) и также рассмотрен пример его работы на варианте Т-ТФН для схемы С17. Идея этого алгоритма состоит в том, что на каждом шаге муравей осуществляет выбор точки проверки, основанный исключительно на количестве феромонов. На k -й точке проверки муравей оставляет количество феромонов, обратно пропорциональное J_k . Для сокращения количества неэффективных шагов вводится параметр c . Если муравей c раз выбирает точку проверки, для которой $J_k = J_{k-1}$, то этот путь считается неэффективным, его феромоны не учитываются в дальнейших расчетах, осуществляется выход следующего муравья.

В *разделе 2* содержится подробное описание архитектуры приложения, реализации основных модулей для работы алгоритмов и работа приложения.

Раздел 3 и *подразделы 3.1–3.2* содержат подробную информацию о проводимых экспериментах для простого и гибридного муравьиных алгоритмов. Результаты экспериментов представлены в виде таблиц. Сделаны выводы о полученных данных.

В *подразделе 3.3* произведено сравнение результатов работы рассматриваемых алгоритмов. Построены графики 2, 3, 4 и сделаны выводы о применимости алгоритмов на практике в разных условиях.

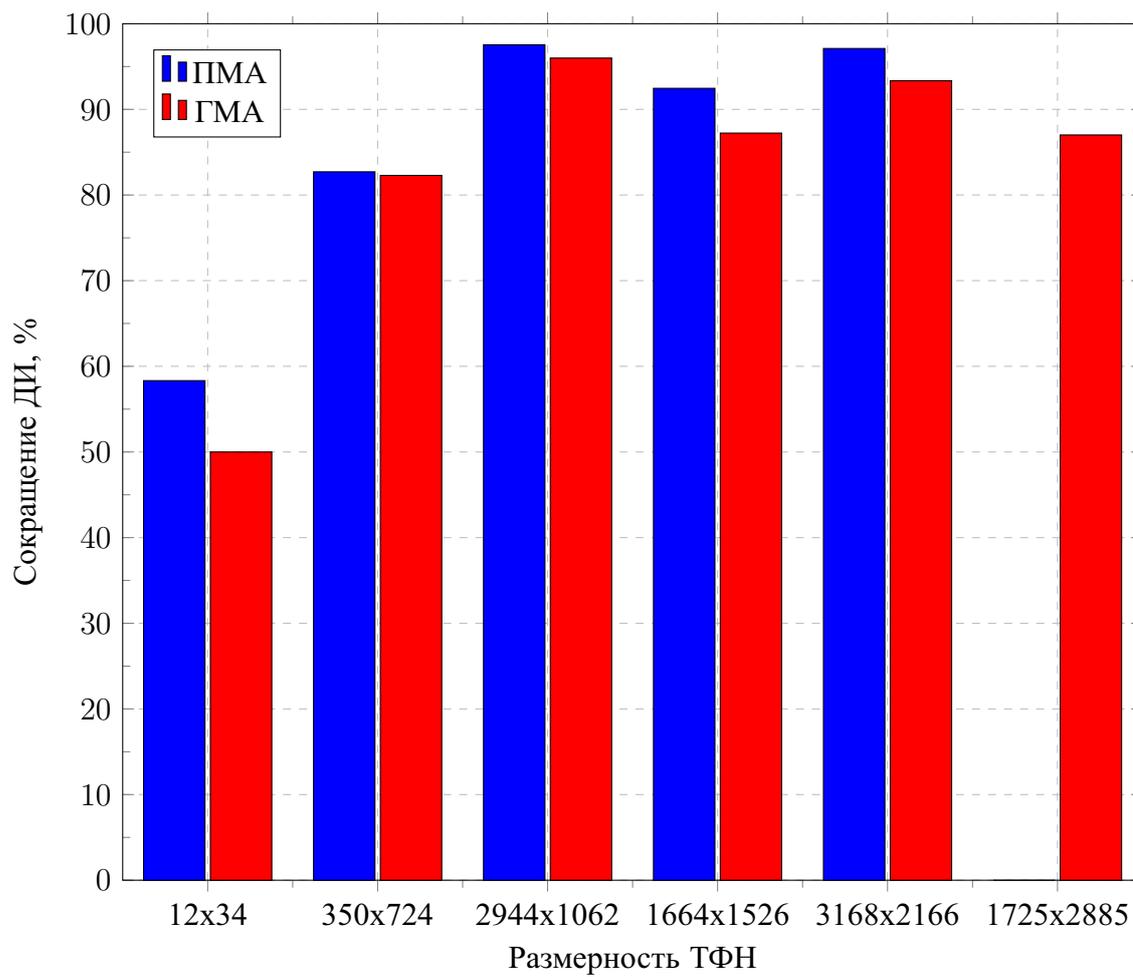


Рисунок 2 – Сокращение ДИ алгоритмами

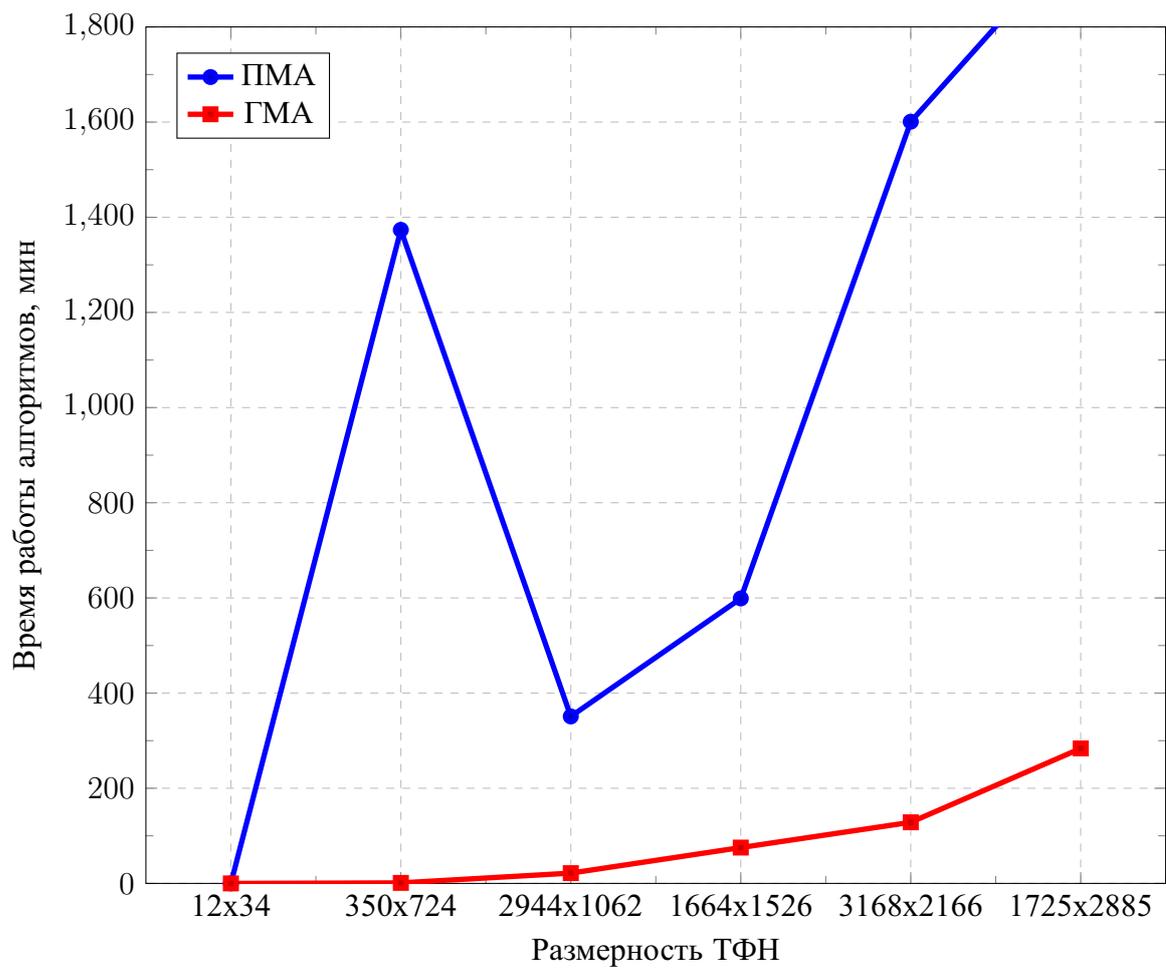


Рисунок 3 – Время работы алгоритмов

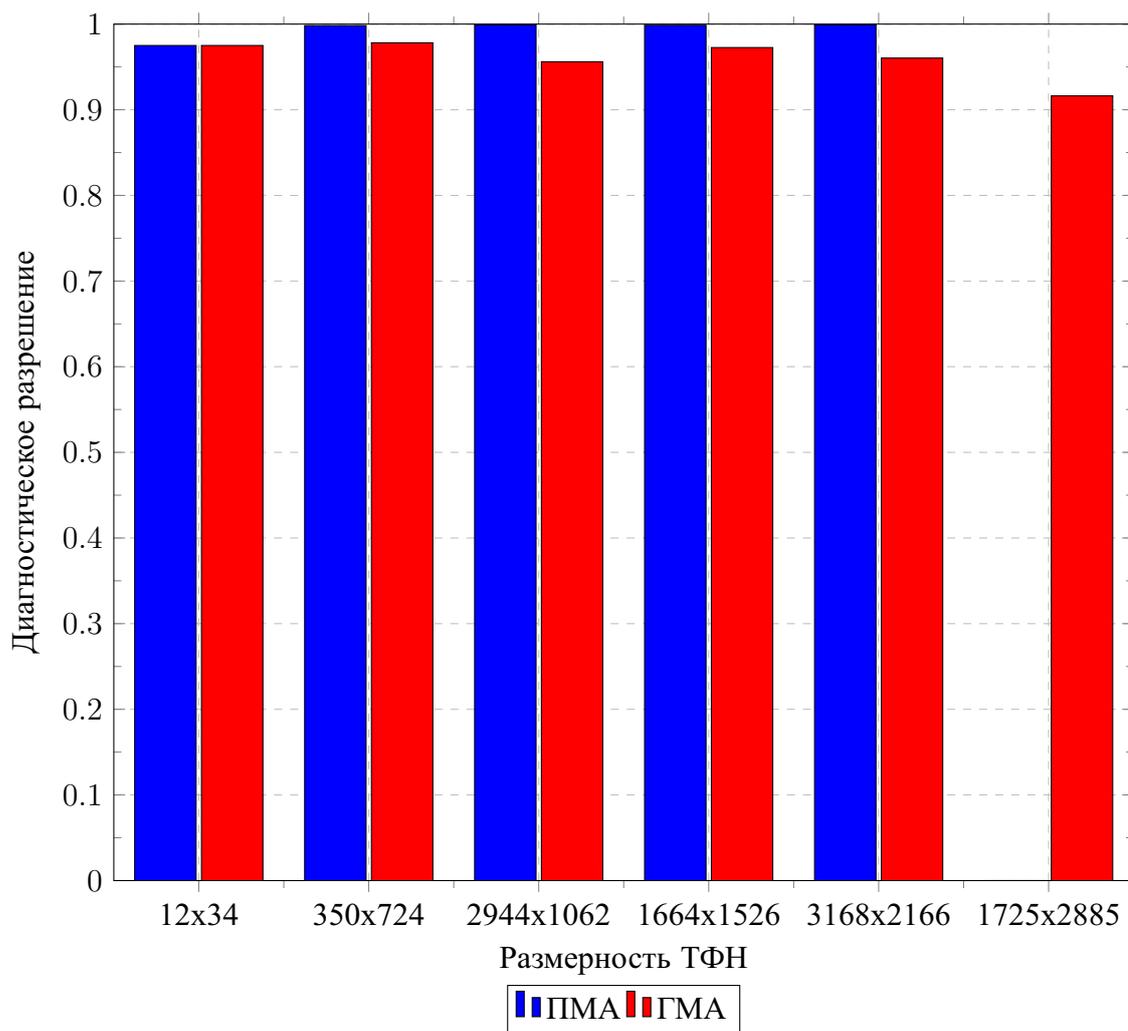


Рисунок 4 – Диагностическое разрешение

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были рассмотрены вопросы, касающиеся цифровых устройств и диагностической информации. Были разработаны и реализованы алгоритмы для решения задачи сокращения диагностической информации при помощи эволюционных алгоритмов. Проведены тесты с диагностической информацией для реальных цифровых устройств. Сравнительный анализ работы алгоритмов показал, что использование простого муравьиного алгоритма для решения задачи сокращения диагностической информации рационально в случае необходимости максимального сжатия. Однако, если время, затрачиваемое на решение этой задачи ограничено, разумнее использовать гибридный муравьиный алгоритм, скорость работы которого значительно выше.

В связи с интенсивным развитием цифровых технологий усложняется производство цифровых устройств. Поэтому в настоящее время и обозримом будущем проблема их диагностики на всех этапах жизненного цикла остается актуальной. Требования к надежности, отказоустойчивости, функциональности сложных систем постоянно растут. Поддержание этих параметров на необходимом уровне невозможно без технического диагностирования, поэтому организация диагностической информации и работа с ней должны быть эффективными.

Дальнейшее развитие работы может осуществляться по нескольким направлениям:

- создание иных форм организации диагностической информации с целью сокращения ее объема;
- разработка новых механизмов для сокращения диагностической информации;
- увеличение эффективности работы существующих алгоритмов сокращения диагностической информации при помощи реализации ПО с использованием новых информационных технологий и задействованием больших вычислительных мощностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Quinlan, J. R. C4.5: programs for machine learning / J. R. Quinlan.* — San Francisco. CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993.
- 2 *Миронов, С. В. Об одном алгоритме для поиска маски диагностической информации / С. В. Миронов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Математика. Механика. Информатика.* — 2008. — № 2. — С. 77–84.
- 3 *Миронов, С. В. Деревья решений в задачах сокращения диагностической информации / С. В. Миронов, Д. В. Сперанский // Радіоелектроні і комп'ютерних системи.* — 2007. — № 7. — С. 147–152.
- 4 *Миронов, С. В. Разработка методов сокращения диагностической информации : дис... канд. физ.-мат. наук : 01.01.09 / С. В. Миронов.* — Саратов, 2008. — 113 с.
- 5 *Скобцов, Ю. А. Эволюционные вычисления / Ю. А. Скобцов, Д. В. Сперанский.* — Москва: Национальный открытый университет «ИНТУИТ», 2015.

10.06.17
Авк