

мых БД) создаваемой АС. Они играют роль базы знаний, которая может передаваться, использоваться и пополняться на стадиях опытной и практической эксплуатации АС [1,2]. Поэтому созданная АС должна содержать в себе информацию о самой себе, которая необходима и может быть быстро доступна персоналу для решения возникающих проблем.

Таким образом, разработка концептуальных проектов систем БД основывается на анализе и структурном представлении процессов функционирования конкретных организационных (организационно-технических) систем. В результате такой деятельности выявляются, формализуются и систематизируются знания о создаваемых АС. При этом объем баз знаний определяется масштабами и задачами автоматизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Базанов В.М., Ветошкин В.М., Лялюк И.Н., Саяпин О.В., Сельвесюк Н.И.* Автоматизированные системы управления полетами и воздушным движением авиации РФ. – М.: ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2010. – 209 с.
2. *Ветошкин В.М.* Базы данных. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2005. – 388 с.
3. *Дейт, К. Дж.* Введение в системы баз данных. – 7-е изд.: Пер. с англ. – М: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 1072 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Н.И. Сельвесюк.

Ветошкин Владимир Михайлович – Военно-воздушная инженерная академия им. проф. Н.Е. Жуковского, г. Москва; e-mail: vetvm@yandex.ru; 125167, г. Москва, ул. Планетная, 3; тел.: 84992311030; кафедра автоматизированных систем управления; д.т.н.; профессор.

Саяпин Олег Викторович – 27 Центральный научно-исследовательский институт Минобороны России, г. Москва; e-mail: tmaec@mail.ru; 123007, г. Москва, 1-й Хорошевский проезд, 5; тел.: 84956935426; к.т.н.; доцент.

Vetoshkin Vladimir Mikhailovich – Military air force engineering Academy named after prof. N.E. Zhukovsky, Moscow; e-mail: vetvm@yandex.ru; 3 planetary street, Moscow, 125167, Russia; phone: +74992311030; dr. of eng. sc.; professor.

Sayapin Oleg Viktorovich – 27 the Central scientific-research Institute of Ministry of defense of Russia, Moscow; e-mail: tmaec@mail.ru; Moscow. 5, 1-St Khoroshevsky proezd, Moscow, 123007, Russia; phone: +784956935426; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 621.3.049.771.14:004.023

Э.В. Кулиев, А.А. Лежебоков

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА РАЗМЕЩЕНИЯ

Рассматриваются экспериментальные исследования алгоритма размещения компонентов СБИС. Рассмотрен экспериментальный подход в задачах размещения на примере гибридного алгоритма размещения компонентов СБИС. Определена временная сложность разработанных алгоритмов, а также определена эффективность разработанного гибридного алгоритма размещения компонентов СБИС. Проведен анализ результатов работы гибридного алгоритма ($\Gamma_{\text{гА}}$) с бенчмарками. На основе анализа результатов можно судить, что разработанный гибридный алгоритм в двух случаях улучшил результаты представленного алгоритма и (Dragon и Flow) и ещё в двух показал превосходство над обоими алгоритмами.

Размещение; генетический алгоритм; адаптация; роевой алгоритм; эволюционный алгоритм; гибридный алгоритм; бенчмарки.

E.V. Kuliev, A.A. Lezhebokov

RESEARCH PARAMETERS OF HYBRID ALGORITHM FOR PLACEMENT

In this paper the experimental analysis of algorithms for component placement VLSI. Considered experimental approach in problems of placement on the example of a hybrid algorithm for the placement of components VLSI. Determined by the time complexity of the proposed algorithms, as well as the efficacy of the developed hybrid algorithm component placement VLSI. The analysis of the results of the hybrid algorithm (GbrA) with benchmarks. Based on the analysis of the results reveal that this hybrid algorithm developed in two cases improved results presented by the algorithm and (Dragon and Flow) and another two showed superiority over both algorithms.

Accommodation; genetic algorithm; adaptation; swarming algorithm; an evolutionary algorithm; a hybrid algorithm; benchmarks.

Введение. Алгоритм как объект разработки, с одной стороны и средство решения задачи – с другой является таким же предметом исследования, как те задачи, которые с помощью него решаются. С прикладной точки зрения разработчика алгоритма интересуют такие вопросы как [1, 2, 7, 8]:

- ◆ качество решения, предоставляемого алгоритмом;
- ◆ скорость решения поставленной задачи (время работы).

Алгоритм является точным, если на любом допустимом наборе входных данных он обеспечивает получение 100 % оптимального решения. Точное решение гарантировано может быть получено только методами полного перебора, но эти методы нельзя использовать для решения реальных NP-полных задач большой размерности.

Вычислительная сложность – это физическое время реализации алгоритма на заданном наборе входных данных. Вычислительную сложность можно определить как сумму произведений количества операций одного типа на время выполнения одной операции данного типа [3, 4, 6].

Временная сложность алгоритма – это зависимость времени работы от размерности решаемой задачи. Временная сложность всего алгоритма складывается из временных сложностей составляющих его шагов и методов поиска.

Разработка программно-алгоритмического комплекса по исследованию характеристик методов и алгоритмов размещения компонентов СБИС. Разработка выполнялась в среде программирования Borland C++ Builder версия 6.0 для работы под операционными системами семейства Windows.

Входными параметрами для работы программы являются:

- ◆ количество элементов в схеме;
- ◆ количество соединений в схеме;
- ◆ матрица смежности графа;
- ◆ размер популяции;
- ◆ количество итераций.

Выходным параметром является время работы алгоритма, лучшее решение, достигнутое в процессе работы.

При разработке программного продукта учитывались два основных требования: его соответствие и адекватность разработанным алгоритмам (точность моделирования программой предложенных в теории алгоритмов) и удобный пользовательский интерфейс.

Основное окно программы, показанной на рис. 1, включает в себя область для отображения размещения элементов схемы, график изменения ЦФ, а также поля отображения результатов работы алгоритма.

Вкладка «Параметры алгоритма» позволяет выбрать тип алгоритма для настройки его параметров. Представлены алгоритмы:

- ◆ эволюционный;
- ◆ генетический;
- ◆ роевой;
- ◆ гибридный.

Пример результата работы программы представлен на рис. 2.

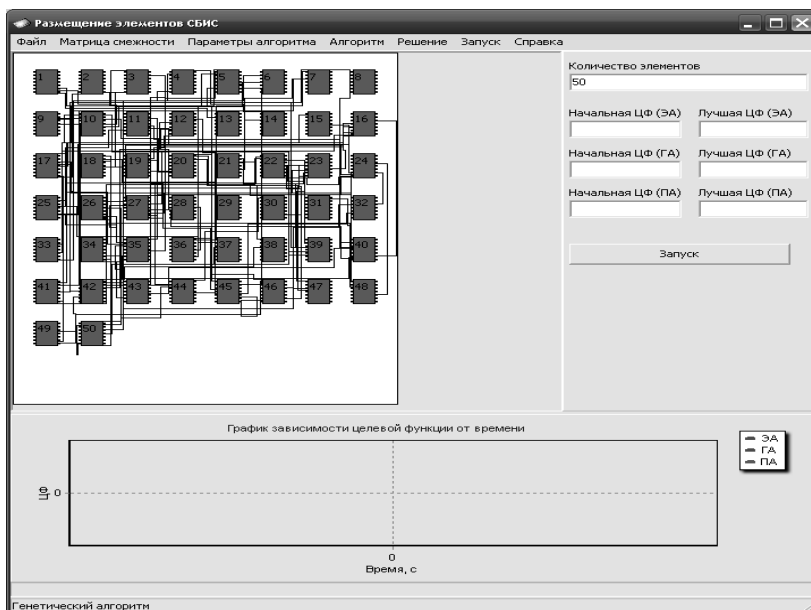


Рис. 1. Главное окно программы

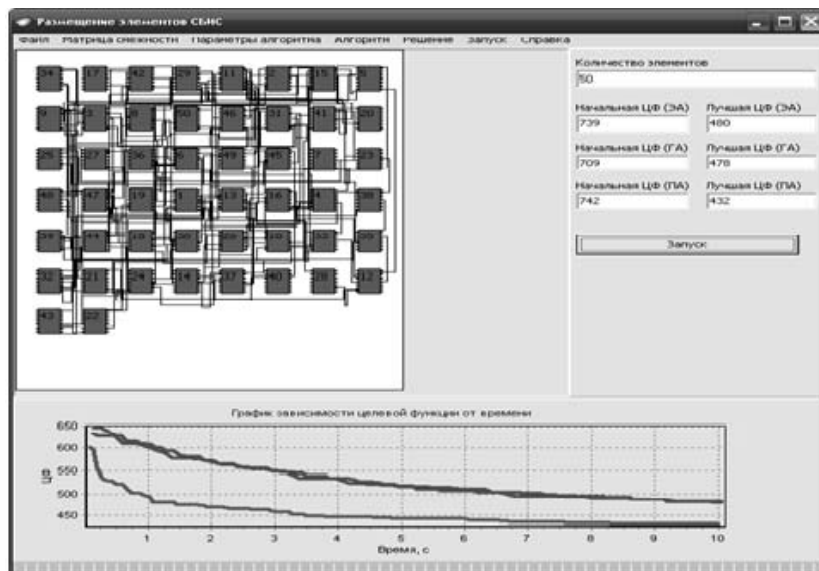


Рис. 2. Результат работы программы

Цели и порядок проведения экспериментальных исследований. Основная идея экспериментальных исследований состоит в нахождении набора параметров поставленной задачи, применение которых обеспечивало процесс нахождения оптимальных решений за минимальное время. Также необходимо доказать, что разработанные алгоритмы эффективнее по сравнению с аналогами. Целями экспериментальных исследований являются [2–5]:

- ◆ оценка временной сложности разработанных алгоритмов;
- ◆ определение оптимальных значений управляющих параметров разработанных алгоритмов;
- ◆ определение эффективности (по качеству решения) разработанных алгоритмов.

В результате экспериментальных исследований были проведены статистические обработки полученных данных.

Основные этапы проведения экспериментальных исследований следующие:

- ◆ провести эксперименты для разработанных алгоритмов с разным количеством элементов;
- ◆ провести эксперименты на нескольких выбранных тестовых примерах с различным набором параметров разработанных алгоритмов;
- ◆ определить значения оптимальных параметров генетического, эволюционного, пчелиного и модифицированного алгоритмов удовлетворяющих конкретным разработчиков САПР;
- ◆ провести серию экспериментов для различных наборов тестовых примеров (бенчмарки).

Результаты экспериментальных исследований. В работе были проведены экспериментальные исследования влияния на ЦФ следующих параметров:

Генетический алгоритм: размер популяции; количество элементов в схеме; ВСА.

Эволюционный алгоритм: размер популяции; количество элементов в схеме; временная сложность алгоритма (ВСА).

Роевой алгоритм: количество рабочих пчёл; количество пчёл-разведчиков; размер участков; количество элитных участков; ВСА.

Для сравнения временной сложности рассмотренных алгоритмов возьмём схему, состоящую из 50 элементов и имеющую 240 связей. В параметрах эволюционного алгоритма выберем: элитный оператор редукции и все три вида мутации. Из параметров генетического алгоритма будем использовать упорядочивающий ОК с вероятностью 90 %, простую мутацию с вероятностью 40 %, элитный оператор редукции и равновероятностную селекцию. В пчелином алгоритме количество участков возьмём равное 100, число элитных участков – 10, количество рабочих пчёл – 50, число пчёл-разведчиков – 10, размер участков – 10. Результат работы алгоритмов показан в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1

Зависимости ЦФ и времени работы алгоритмов от количества итераций

Количество итераций	Генетический алгоритм (ГА)		Эволюционный алгоритм (ЭА)		Роевой алгоритм (РА)		Гибридный алгоритм (ГбрА)	
	ЦФ	t, с	ЦФ	t, с	ЦФ	t, с	ЦФ	t, с
100	752	10,5	716	9,5	857	11	692	4,5
150	724	14,7	700	14	852	17,8	686	8
200	715	19,2	696	18	816	25	672	11
250	690	23,9	674	23	808	34	674	13
300	699	27,5	675	25	791	38	648	16
350	700	31	678	32	668	42	663	14

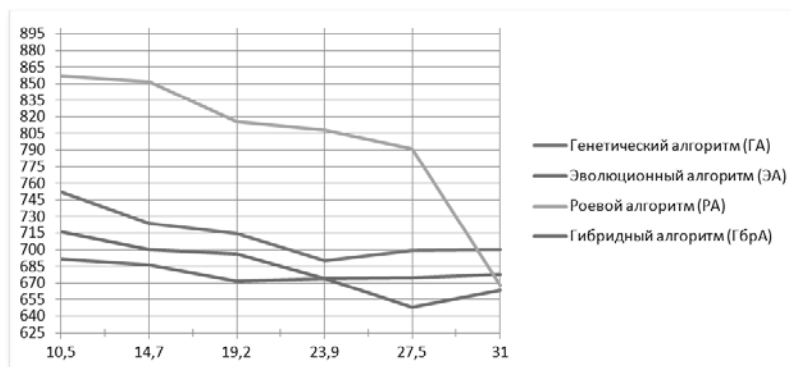


Рис. 3. Зависимость ЦФ и времени работы алгоритмов от количества итераций

На основании таблицы можно сказать, что наиболее эффективной составляющей является гибридный алгоритм. За меньшее число итераций он находит решение более оптимальное, чем роевой алгоритм и ЭА.

Определение временной сложности разработанных алгоритмов. Проанализировав выходные данные, авторами отмечается, что временная сложность разработанных алгоритмов не выходит за пределы полиномиальной зависимости, и может быть выражена формулой: $O(\alpha N^2) - O(\beta N^3)$, где N – число элементов схемы (размер решаемой задачи).

Проведем анализ зависимости времени работы от количества итераций алгоритмов. Исследования проводились на различных тестовых примерах, размер популяции равен 50 особям, вероятность ОК – 90 %, ОМ – 15 %, количество колоний ГА – 4, уровень миграций – средний. Усредненные результаты экспериментов отражены в табл. 2 и на рис. 4.

Таблица 2

Зависимость времени работы от количества элементов

Алгоритмы	Количество итераций									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Генетический	0,2	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,3	3,3	4,7	7,5
Эволюционный	1,5	2,3	2,3	3,3	5,2	9,8	11,7	16,4	28,6	56,3
Роевой	3,6	5,6	8	9,4	13,1	17,8	28,6	32,8	46,4	87,7
Гибридный	8,5	10,1	12,6	15,5	24,3	35,2	50,2	63,3	82	108,8

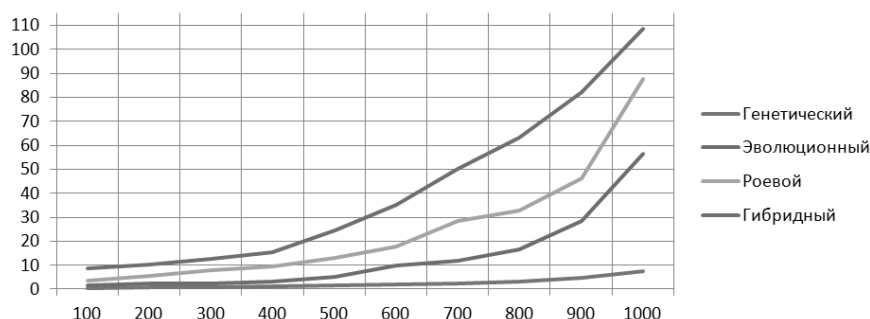


Рис. 4. Графики зависимости времени работы от количества элементов

Определение эффективности разработанных алгоритмов. Для определения эффективности разработанных алгоритмов были проведены исследования качества решения на нескольких тестовых примерах. Под эффективностью алгоритма будем понимать качество решения, получаемого с его помощью (табл. 3) и на рис. 5.

Таблица 3

Определение эффективности алгоритмов

Алгоритмы	Число элементов схемы				
	1000	2500	5000	7500	10000
Генетический	65,4	115,5	139,8	150,4	200,8
Эволюционный	50,1	102,7	124,6	144,9	193,6
Роевой	60,3	82,6	104,1	136,7	155,8
Гибридный	58,9	80,2	95,7	123,1	145,1

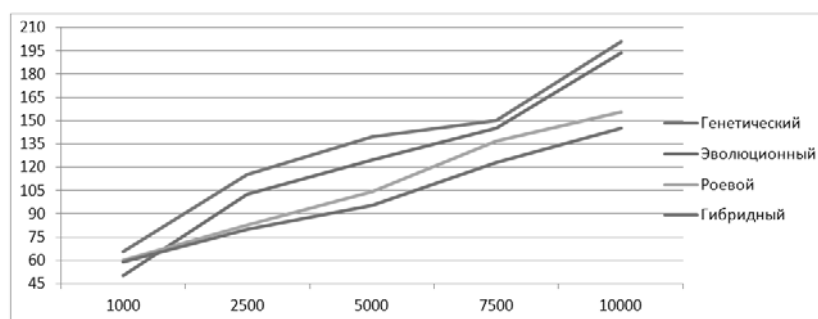


Рис. 5. Определение эффективности алгоритмов

Проанализировав полученные данные из таблицы и гистограммы, можно судить что, применение генетических и эволюционных алгоритмов целесообразнее на задачах малой размерности (до 2 000 элементов), а при решении задачи размещения в размерности, приближенной к промышленным объемам (более 5 000 элементов), эффективным является модифицированный алгоритм.

Одним из важных этапов при анализе алгоритмов, является проведение анализа на основе сравнения результатов с известными бенчмарками.

На основе анализа результатов, можно судить, что разработанный гибридный алгоритм в двух случаях улучшил результаты представленного алгоритма (Dragon и Flow) и ещё в двух показал превосходство над обоими алгоритмами (табл. 4).

Заключение. Была проведена серия экспериментальных исследований, а также осуществлена их статистическая оценка, что позволило уточнить теоретические оценки ВСА модифицированного алгоритма размещения. Экспериментальные исследования подтверждают, что применение динамических параметров для генетических операторов в процессе модифицированного поиска позволяют улучшить показатели качества получаемых решений, а также преодолевать преждевременную сходимость алгоритма. Разработанные алгоритмы размещения элементов показали преимущество по сравнению с генетическим, эволюционным и роевым алгоритмами, качество решений удалось повысить на 15–20 %.

При разработке программного продукта учитывались два основных требования: его соответствие и адекватность разработанным алгоритмам (точность моделирования программой предложенных в теории алгоритмов) и удобный пользовательский интерфейс.

Таблица 4

Сравнение результатов работы модифицированного алгоритма(МА) с бенчмарками

Бенчмарк	Число элементов	Число цепей	ЦФ Dragon	ЦФ Flow	ЦФ Г _{оп} А
IBM_01	12506	13636	151,1	149,2	160,5
IBM_02	13455	19935	180,5	190,2	189,5
IBM_03	22853	27118	210,2	235,2	236,2
IBM_04	27220	31769	245,5	244,5	250,6
IBM_05	28146	28220	215,7	230,5	232,4
IBM_06	32332	34654	274,2	289,6	300,5
IBM_07	45639	47786	327,9	335,8	340,4
IBM_08	51023	51227	350,4	365,5	354,2
IBM_09	53110	60606	400,5	398,5	392,6
IBM_10	68685	74179	450,7	469,5	472,1
Faraday	33186	33622	271,6	268,4	265,1

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедев Б.К., Лебедев В.Б. Размещение на основе метода пчелиной колонии // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 12 (113). – С. 12-19.
2. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сороколетов П.В. Биоинспирированные методы в оптимизации. – М.: Физматлит, 2009. – 384 с.
3. Курейчик В.М., Курейчик В.В., Родзин С.И. Модели параллелизма эволюционных вычислений. Вестник ростовского государственного университета путей сообщения // Научно-технический журнал. – 2011. – № 3. – С. 91-96.
4. Курейчик В.М. Кажаров А.А. Использование роевого интеллекта в решении NP-трудных задач // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 30-37.
5. Курейчик, В.М. Модифицированные генетические операторы // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 12 (101). – С. 7-14.
6. Кравченко Ю.А. Технология анализа надежности адаптивных информационных сред // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 12 (113). – С. 103-108.
7. Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Решение задачи размещения на основе эволюционного моделирования // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2007. – № 4. – С. 78-91.
8. Кравченко Ю.А. Метод создания математических моделей принятия решений в многоагентных подсистемах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 141-145.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Л.С. Лисицына.

Эльмар Валерьевич Кулиев – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: elmar_2005@mail.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371651; кафедра систем автоматизированного проектирования; аспирант.

Лежебоков Андрей Анатольевич – e-mail: legebokov@gmail.com; кафедра систем автоматизированного проектирования; к.т.н.; доцент.

Kuliev Elmar Valerievich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: elmar_2005@mail.ru; 44, Nekrasovskij, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371651; the department of computer aided design; postgraduate student.

Lezhebokov Andrey Anatolyevich – e-mail: legebokov@gmail.com; the department of computer aided design; cand. of eng. sc.; associate professor.