

УДК 004.023

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛИ СНС С МОДИФИКАЦИЕЙ ЭЛИТИЗМА ПРИ РЕШЕНИИ ОДНОРОДНОЙ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ

**Кривошей Н.С., Кобак В.Г.**

*Донской государственный технический университет*

*E-mail: krins.work@gmail.com*

В работе рассматривается актуальная задача теории расписаний. Была предложена модификация генетического алгоритма с элитизмом, позволяющая улучшить показатели эффективности, такие как минимаксный критерий и время решения задачи, изложены особенности этой модификации и разработано соответствующее программное средство. Проведённый вычислительный эксперимент показал отличия в результатах работы модели СНС и её модификации с применением списочного СРМ в качестве способа формирования элиты.

**Ключевые слова:** генетические алгоритмы; теория расписаний; модель СНС; элитизм; списочные алгоритмы, алгоритм критического пути.

## SURVEY OF A MODIFIED CHC MODEL WITH MODIFICATION OF ELITISM IN SOLVING A HOMOGENEOUS MINIMAX PROBLEM

**Krivoshey N.S., Kobak V.G.**

The article presents a study of the actual problem of the scheduling theory. A modification of the genetic algorithm with elitism was proposed, it allows to improve the performance indicators, such as the minimax criterion and time of solving. The features of this modification are stated and the corresponding software is developed. The performed computational experiment showed differences in the results of the operation of the CHC model and its modifications using CPM as a method of forming an elite.

**Keywords:** genetic algorithms; scheduling theory; CHC model; elitism; list algorithms, critical path method.

**Введение.** В управленческих, вычислительных областях и области автоматизации широкое распространение имеют задачи теории расписаний. При упорядочивании и распределении ресурсов между устройствами непременно возникает потребность эффективного планирования. Классические распределительные задачи теории расписаний относятся к классу NP-полных задач в большинстве случаев, поэтому сложность их теоретического и экспериментального изучения весьма высока. Существует необходимость поиска наилучших алгоритмов упорядочения и составления расписаний. Генетические алгоритмы являются на текущий момент наиболее эффективными и гибкими из известных приближенных алгоритмов и успешно применяются при решении подобных задач.

---

Целью работы является разработка модифицированного генетического алгоритма, использующего стратегию элитизма и обнаружение возможных улучшений результатов решения задачи распределения ресурсов описанной модификацией модели СНС. Данный алгоритм изначально основан на стратегии элитизма. Наиболее известная форма элитизма в генетических алгоритмах заключается в том, чтобы допустить проход лучшей особи из поколения в поколение в неизменном виде. Данная стратегия подвергается критике, так как от алгоритма ожидается обнаружение глобального оптимума, а элитизм, за счёт концентрации на лучших индивидах, уменьшает разнообразие популяции, что в свою очередь с немалой вероятностью приводит к преждевременному сходимости, однако в СНС это в некотором роде компенсируется другими инструментами алгоритма. Также СНС имеет ряд преимуществ перед другими моделями генетических алгоритмов [5], к ним относится в том числе эффективная работа при относительно малом размере популяции, в то время как другим моделям требуется большое количество особей, чтобы избежать ошибок.

**Постановка задачи.** Входные данные:  $N$  несвязанных идентичных устройств  $P = \{p1, p2, \dots, pn\}$ , обслуживающих набор из  $M$  независимых параллельных заданий:  $T = \{t1, t2, \dots, tm\}$ , время решения  $\tau(ti)$  задания  $ti$  на любом из устройств [2,4]. Необходимо найти такое распределение задач по устройствам, при котором суммарное время выполнения задач на каждом из них было бы минимальным. Расписание можно представить разбиением множества задач  $T$  на  $N$  непересекающихся подмножеств  $T_j; j = 1, \dots, N$ . Критерий для минимизации времени завершения обслуживания задач определяется как  $f = \max(f_j) \rightarrow \min$ , где  $j = 1, \dots, N, f_j$  - суммарное время завершения работы на устройстве  $pi$ .

**Метод исследования.** Алгоритм СНС был описан Л. Дж. Эшельманом в 1991 году. Его отличия от модели Холланда, являющейся классической [1], состоят в следующих характеристиках [5]:

- Небольшая популяция;
  - Скрещиваются только сильно отличающиеся особи, они выбираются случайным образом, но допускаются к скрещиванию только в случае, если хэммингово расстояние между ними превышает порог  $d$ , который обычно рассчитывается как  $L/4$ , где  $L$  – длина хромосомы (если в поколении потомство не получено, то порог уменьшается на единицу, таким образом, порог автоматически снижается с увеличением поколений);
  - В отборе участвуют родительские особи и потомки, то есть родители не заменяются потомками, а все особи соревнуются между собой за право попадания в новое поколение, создаётся конкуренция между поколениями; на практике создаётся промежуточная объединённая
-

популяция, где все особи ранжируются в соответствии с приспособленностью, затем  $M$  из них копируются в новое поколение ( $M$  – размерность популяции). Эшельман назвал эту схему популяционно-элитарный отбор, поскольку он гарантирует сохранность лучших из когда-либо обнаруженных особей;

- НУХ-кроссовер - разновидность однородного кроссовера, при котором особи обмениваются половиной генов, эти гены выбираются случайным образом, такой подход гарантирует, что потомки всегда находятся на большом хэмминговом расстоянии;

- После нахождения решения алгоритм перезапускается;

- При перезапуске все особи, кроме элит, подвергаются сильной мутации, популяция повторно инициализируется, элита берётся в качестве первой особи, а остальные добавляются в новую популяцию после изменения значительной части генов (обычно 35%).

Это модель, которая может поддерживать разнообразие популяции при использовании небольшого количества особей, которая комбинирует весьма деструктивный оператор кроссовера с консервативной процедурой отбора, сохраняющей достигнутый прогресс.

В разработанной модификации помимо выбора наиболее приспособленной особи как элиты реализовано также построение элитной особи списочным алгоритмом критического пути (CPM), описанного в работах [2,3], для отслеживания влияния модифицированного элитизма на конечный результат работы алгоритма.

**Результаты исследования.** Так как определить целесообразность применения вышеописанного метода можно только экспериментально, было разработано программное средство на языке C++ в среде Microsoft Visual Studio, реализующее два варианта модели СНС, с возможностью задавать все основные параметры вручную. Выходными данными являются средние значения оптимума функции приспособленности и среднее время решения задачи в табличном виде.

Параметры алгоритма для вычислительного эксперимента:

Количество устройств ( $N$ ) – 2, 3, 4;

Количество задач ( $M$ ) – 23, 113, 523;

Время выполнения каждой операции генерируется случайным образом в интервале от 10 до 30;

Размерность популяции – 50 особей;

Вероятность кроссовера – 100%;

Условие завершения работы алгоритма – неизменное лучшее значение целевой функции ( $T_{max}$ ) на протяжении 10 поколений;

---

100 повторений опыта для одной исходной матрицы;  
100 повторений опыта при 100 разных исходных матрицах.

В таблицах 1, 2 представлены результаты эксперимента.

Таблица 1. Средние Tmax на 100 одинаковых матриц

M	N	Элита – лучшая особь поколения		Элита – лучшая особь по результатам СРМ	
		Tmaxm	t, с	Tmaxm	t, с
23	2	236,24	0,027	238,25	0,019
	3	157,50	0,029	157,13	0,023
	4	120,18	0,041	120,06	0,031
113	2	1163,65	0,091	1163,48	0,11
	3	766,25	0,146	766,11	0,139
	4	587,15	0,215	587,65	0,215
523	2	5367,20	0,342	5366,10	0,339
	3	3591,10	0,97	3591,29	0,544
	4	2687,85	1,221	2684,15	0,718

Таблица 2. Средние Tmax на 100 разных матриц

M	N	Элита – лучшая особь поколения		Элита – лучшая особь по результатам СРМ	
		Tmaxm	t, с	Tmaxm	t, с
23	2	233,11	0,02	234,28	0,018
	3	158,38	0,038	155,25	0,029
	4	118,84	0,035	116,91	0,035
113	2	1161,02	0,142	1160,58	0,113
	3	767,15	0,149	766,89	0,118
	4	585,48	0,216	584,12	0,171
523	2	5367,51	0,465	5365,65	0,404
	3	3590,95	1,216	3589,72	0,511
	4	2683,07	1,319	2681,89	0,498

**Заключение.** Исходя из результатов эксперимента, можно заключить, что средние значения целевой функции не имеют существенных различий при текущих исходных данных, однако среднее время решения задачи с увеличением количества заданий сильно уменьшается у алгоритма с формированием элиты методом критического пути по сравнению с алгоритмом, где элитой полагается изначально наиболее приспособленная особь. Этот факт даёт основание для дальнейшего изучения, разработки и использования подобных модификаций генетического алгоритма.

#### Список литературы

1. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. М.: Физматлит, 2010. 368 с.

2. Кобак В. Г., Жуковский А. Г., Швидченко С. А., Кривошей Н. С. Исследование модифицированной модели Холланда с различными методами формирования элитных особей // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 6-1. С. 34-37.

3. Кобак В. Г., Титов Д. В., Кобак В. В. Методический подход к улучшению работы генетического алгоритма в однородной минимаксной задаче // Вестник Донского государственного технического университета. 2010. №10(4). С. 474-479.

4. Кривошей Н.С., Кобак В.Г. Исследование модифицированной модели Уитли с различным количеством и различными методами формирования элитных особей // Вестник Донского государственного технического университета. 2018. №18(2). С. 223-229.

5. Shaffer J. D., Eshelman L. J. Combinatorial Optimization by Genetic Algorithms: The Value of the Genotype/Phenotype Distinction. — First International Conference on Evolutionary Computation and Its Applications. 1996. P. 110–120.

---