

УДК 681.324

Е.В. Шубин

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПЕРАТОРА МУТАЦИИ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ СИНТЕЗА ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

*Данная работа посвящена определению значения вероятности применения оператора мутации в генетическом алгоритме синтеза топологической структуры телекоммуникационной сети, при котором обеспечивается минимальное время синтеза топологии. Определение значения вероятности, применения оператора мутации, основывается на статистическом анализе.*

**Ключевые слова:** генетический алгоритм, телекоммуникационная сеть, вероятность мутации.

### Введение

**Постановка проблемы.** Современное общество находится в значительной зависимости от надежности функционирования телекоммуникационных сетей (ТКС). Выход из строя элементов телекоммуникационной сети может привести к последствиям, среди которых преобладают последствия аварий энергосистемы, а в случае, если это системы силовых или транспортных ведомств, последствия могут иметь катастрофический характер. В связи с этим проблема создания надежных, экономически целесообразных ТКС носит актуальный характер. Стоимость и структурная надежность телекоммуникационных сетей в значительной степени определяется их топологической структурой. Поэтому перед разработчиками ТКС появляется задача синтеза рациональной топологической структуры сети.

**Анализ известных исследований и публикаций.** Существующие методы синтеза топологической структуры ТКС [1, 2] имеют ряд недостатков, а именно: схождение к локальным оптимумам, что обусловлено их градиентностью и эвристичностью; необходимость многократного применения методов к разным начальным топологическим структурам сети; отсутствие общих методов синтеза начальной топологии; использование коэффициента связности как показателя структурной надежности [3]. В связи с этим приобретает актуальность задача разработки эффективных методов синтеза топологической структуры ТКС. Одним из перспективных подходов к решению данной задачи есть применение генетического алгоритма (ГА) в качестве метода синтеза топологической структуры ТКС [3].

Разработка метода ГА синтеза топологической структуры ТКС нуждается в решении ряда задач, среди которых есть и задача определения вероятности оператора мутации.

Исследования [4, 5] показали, что эффективность поиска решения ГА в значительной степени зависит от вероятности применения оператора мутации.

**Целью данного исследования** является определение оптимального значения вероятности применения оператора мутации в генетическом алгоритме синтеза топологической структуры сети передачи данных.

### Основной материал

Метод генетического алгоритма обладает свойствами как градиентного, так и стохастического методов. Присущая методу генетического алгоритма стохастичность позволяет снизить вероятность преждевременной сходимости к локальному оптимуму в процессе поиска решения и тем самым повышает его точность. Определяющим фактором степени стохастичности в генетическом алгоритме является величина параметра вероятности мутации  $p_m$ . Очевидно, что с увеличением вероятности мутации возрастает точность получаемых решений, но вместе с тем увеличивается и время их поиска. А при достаточно больших значениях вероятности мутации процесс поиска решения станет бесконечным, так как градиентность, обеспечивающая сходимость, будет утрачена.

С целью выявления зависимости эффективности поиска решения генетическим алгоритмом синтеза топологической структуры ТКС от вероятности мутации  $p_m$ , были проведены серии запусков алгоритма при одинаковых исходных данных и различных значениях вероятности мутации.

Для сети из десяти узлов, с заданными расстояниями между ними, а также заданной матрицей интенсивностей информационного обмена, методом полного перебора вариантов была получена оптимальная, по критерию стоимости подсистемы каналов связи, топологическая структура те-

лекоммуникационной сети (ТКС) (найден глобальный оптимум). При тех же исходных данных для поиска оптимальной топологии был применен разработанный генетический алгоритм синтеза топологии ТКС [5]. Так как ГА присуща стохастичность в поиске решения, то при одинаковых исходных данных и фиксированных параметрах ГА получаемые решения в серии запусков могут быть различными. Частота нахождения глобального оптимума в серии запусков ГА будет зависеть от выбранных параметров генетического алгоритма, в том числе и от величины вероятности мутации. Поэтому были проведены серии из 20-ти запусков ГА, при фиксированной величине вероятности мутации в серии, для значений вероятности мутации на интервале от 0,01 до 0,09 с шагом 0,01. По результатам запусков ГА в каждой из серий определялась частота нахождения ГА глобального оптимума  $\omega_n$  ( $n$  – количество запусков в серии), путем сравнения найденного решения с результатом полученным методом полного перебора вариантов. В результате была получена зависимость частоты нахождения глобального оптимума в серии запусков алгоритма от вероятности мутации (рис. 1). Помимо частоты было также получено среднее время поиска решения в серии запусков для различных значений вероятности мутации (рис. 2).

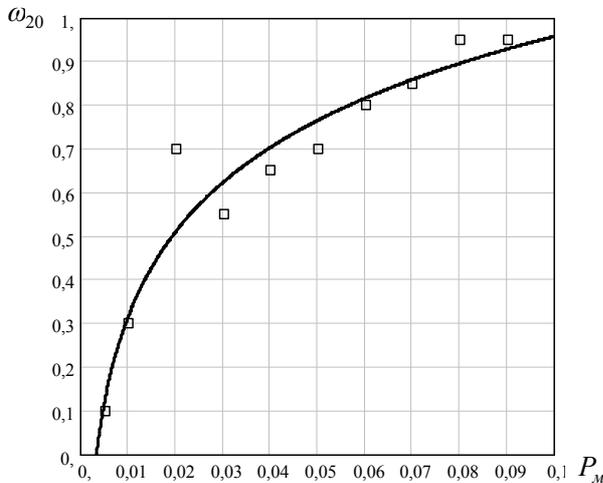


Рис. 1. Зависимость частоты нахождения глобального оптимума в серии из 20-ти запусков алгоритма ( $\omega_{20}$ ) от вероятности мутации  $p_M$

Анализ полученных зависимостей, характеризующих динамику процесса оптимизации при различных значениях вероятности мутации, показывает, что увеличение вероятности мутации ведет к экспоненциальному увеличению времени поиска решения (рис. 1) и логарифмическому росту (рис. 2) частоты нахождения глобального оптимума. Данное обстоятельство обусловлено тем, что

увеличение вероятности мутации ведет к усилению стохастичности в поиске решения, обеспечивая тем самым поиск по всему пространству возможных решений, вследствие чего снижается вероятность схождения к локальному оптимуму, которое обусловлено градиентностью операции скрещивания.

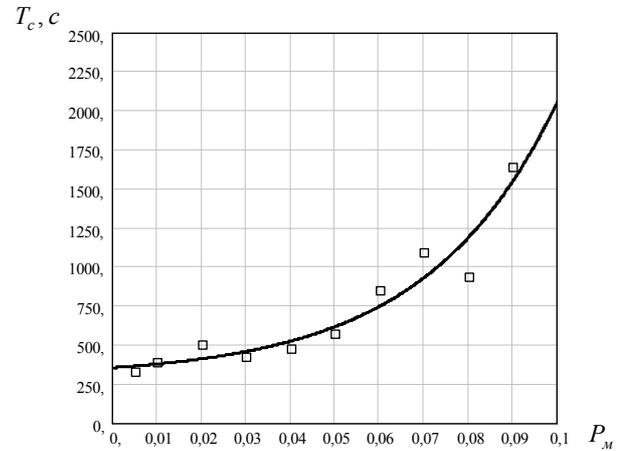


Рис. 2. Зависимость среднего времени поиска решения от вероятности мутации  $p_M$

Уменьшение вероятности мутации ведет к уменьшению времени поиска решения, а также к снижению частоты нахождения глобального оптимума. Это обусловлено преобладанием градиентности в процессе поиска решения, вследствие чего поиск сосредотачивается в районе одного или нескольких локальных оптимумов, повышая тем самым вероятность преждевременной сходимости.

Информация о частоте нахождения глобального оптимума  $\omega_n$  в серии из  $n$  запусков ГА позволяет получить зависимость необходимого количества запусков алгоритма  $N_3$  для нахождения глобального оптимума с заданной вероятностью  $P_\Gamma$ , так как

$$1 - P_\Gamma = (1 - \omega_n)^{N_3},$$

тогда

$$N_3 = \log_{1-\omega_n} (1 - P_{\Gamma.o}) = \frac{\ln(1 - P_{\Gamma.o})}{\ln(1 - \omega_n)}. \quad (1)$$

Применяя выражение (1), а также аппроксимируя зависимость  $\omega_{20}(p_M)$  (рис. 1) были получены зависимости количества запусков алгоритма для нахождения глобального оптимума с заданной вероятностью  $P_{\Gamma.o}$ , от вероятности мутации  $p_M$  (рис. 3).

### Выводы

Проведенные исследования позволили на основании зависимостей рис. 2 и 3 получить зависимость среднего времени поиска глобального оптимума с заданной вероятностью от вероятности мутации (рис. 4), исходя из которой было определено

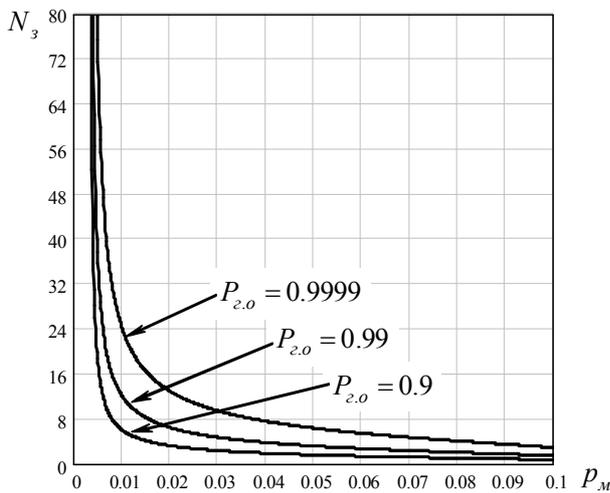


Рис. 3. Зависимость количества запусков алгоритма для получения глобального оптимума с заданной вероятностью от вероятности мутации

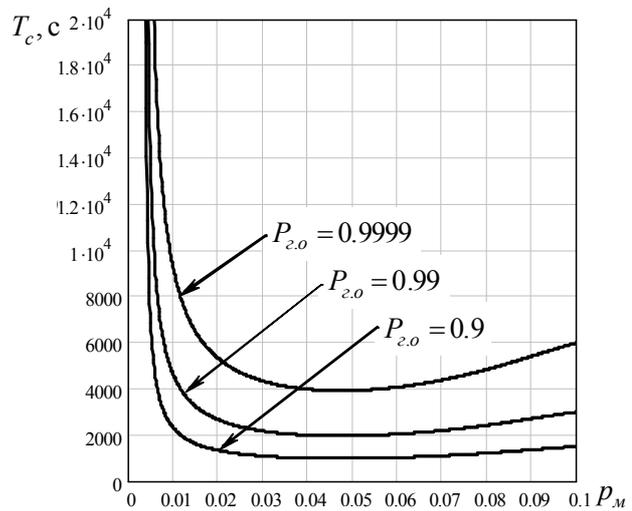


Рис. 4. Влияние вероятности мутации на среднее время поиска глобального оптимума с заданной вероятностью

оптимальное значение вероятности мутации ( $p_m = 0.047$ ), при котором обеспечивается минимальное время поиска глобального оптимума.

Полученное значение вероятности применения оператора мутации в ГА алгоритме синтеза топологической структуры телекоммуникационной сети позволяет снизить время синтеза топологии при заданной вероятности поиска глобального оптимума.

### Список литературы

1. Зайченко Ю.П. Структурная оптимизация сетей ЭВМ / Ю.П. Зайченко, Ю.В. Гонтулюк – К.: Техніка, 1986. – 168 с.
2. Мизин И.А. Сети коммутации пакетов; под ред. В.С. Семенихина / И.А. Мизин, В.А. Богатерев, А.П. Кулешов. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.

3. Шубин Е.В. Метод синтеза топологической структуры сети передачи данных по критерию минимальной стоимости с использованием генетического алгоритма: Дис. ... канд. техн. наук: 05.12.02 / Шубин Евгений Викторович. – Х., 2005. – 172 с.

4. De Jon K.A. A formal analysis of the role of multi-point crossover in genetic algorithms / K.A. De Jon, W.M. Spears // *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*. – 1992. – № 5. – P. 1-26.

5. Sastry K. Analysis of Mixing in Genetic Algorithms: A Survey / K. Sastry // *IlliGAL report № 2002012*. – University of Illinois, Urbana-Champaign, 2002.

Поступила в редколлегию 25.08.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.И. Лосев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ОПЕРАТОРА МУТАЦІЇ В ГЕНЕТИЧНОМУ АЛГОРИТМІ СИНТЕЗУ ТОПОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Є.В. Шубін

У даній роботі здійснено пошук оптимального значення імовірності застосування оператора мутації у генетичному алгоритмі синтезу топологічної структури телекомунікаційної мережі. Пошук ґрунтується на статистичних даних використання генетичного алгоритму. Отримані результати дозволили скоротити час синтезу топологічної структури телекомунікаційної мережі за критерієм мінімальної вартості.

**Ключові слова:** генетичний алгоритм, телекомунікаційна мережа, імовірність мутації.

### DETERMINATION OF PROBABILITY OF APPLICATION OF OPERATOR OF MUTATION IN THE GENETIC ALGORITHM OF SYNTHESIS OF TOPOLOGICAL TELECOMMUNICATION NETWORK STRUCTURE

E.V. Shubin

In this work the search of optimum value of probability of application of operator of mutation is carried out in the genetic algorithm of synthesis of topological telecommunication network structure. A search is based on statistical information of the use of genetic algorithm. The got results allowed to shorten time of synthesis of topological telecommunication network structure after the measure of minimum value.

**Keywords:** genetic algorithm, telecommunication network, probability of mutation.