

ISSN 2312-8267 (печатная версия)
ISSN 2413-5801 (электронная версия)

Наука, техника
и образование
2021. № 8 (83)

Москва
2021



Наука, техника и образование

2021. № 8 (83)

Российский импакт-фактор: 1,84

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: Вальцев С.В.

Зам.главного редактора: Кончакова И.В.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Издается с 2012
года

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«Проблемы науки»

Подписано в печать:
09.12.2021
Дата выхода в свет:
13.12.2021

Формат 70x100/16.
Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».
Печать офсетная.
Усл. печ. л.
Тираж 1 000 экз.
Заказ №

Журнал
зарегистрирован
Федеральной
службой по надзору
в сфере связи,
информационных
технологий и
массовых
коммуникаций
(Роскомнадзор)
Свидетельство
ПИ № ФС77-50836.

**Территория
распространения:
зарубежные
страны,
Российская
Федерация**

Абдуллаев К.Н. (д-р филос. по экон., Азербайджанская Республика), *Алиева В.Р.* (канд. филос. наук, Узбекистан), *Акбулаев Н.Н.* (д-р экон. наук, Азербайджанская Республика), *Аликулов С.Р.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Ананьева Е.П.* (д-р филос. наук, Украина), *Асатурова А.В.* (канд. мед. наук, Россия), *Аскарходжаев Н.А.* (канд. биол. наук, Узбекистан), *Байтасов Р.Р.* (канд. с.-х. наук, Белоруссия), *Бакико И.В.* (канд. наук по физ. воспитанию и спорту, Украина), *Бахор Т.А.* (канд. филол. наук, Россия), *Баулина М.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Блейх Н.О.* (д-р ист. наук, канд. пед. наук, Россия), *Боброва Н.А.* (д-р юрид. наук, Россия), *Богомолов А.В.* (канд. техн. наук, Россия), *Бородай В.А.* (д-р социол. наук, Россия), *Волков А.Ю.* (д-р экон. наук, Россия), *Гавриленкова И.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Гарагонич В.В.* (д-р ист. наук, Украина), *Глуценко А.Г.* (д-р физ.-мат. наук, Россия), *Гринченко В.А.* (канд. техн. наук, Россия), *Губарева Т.И.* (канд. юрид. наук, Россия), *Гутникова А.В.* (канд. филол. наук, Украина), *Датий А.В.* (д-р мед. наук, Россия), *Демчук Н.И.* (канд. экон. наук, Украина), *Дивненко О.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Дмитриева О.А.* (д-р филол. наук, Россия), *Доленко Г.Н.* (д-р хим. наук, Россия), *Есенова К.У.* (д-р филол. наук, Казахстан), *Жамулдинов В.Н.* (канд. юрид. наук, Казахстан), *Жолдошев С.Т.* (д-р мед. наук, Кыргызская Республика), *Зеленко М.Ю.* (д-р полит. наук, канд. воен. наук, Россия), *Ибадов Р.М.* (д-р физ.-мат. наук, Узбекистан), *Ильинских Н.Н.* (д-р биол. наук, Россия), *Кайрахаев А.К.* (канд. физ.-мат. наук, Казахстан), *Кафтаева М.В.* (д-р техн. наук, Россия), *Киквидзе И.Д.* (д-р филол. наук, Грузия), *Кликов Г.Т.* (PhD in Pedagogic Sc., Болгария), *Кобланов Ж.Т.* (канд. филол. наук, Казахстан), *Ковалёв М.Н.* (канд. экон. наук, Белоруссия), *Кравцова Т.М.* (канд. психол. наук, Казахстан), *Кузьмин С.Б.* (д-р геогр. наук, Россия), *Куликова Э.Г.* (д-р филол. наук, Россия), *Курманбаева М.С.* (д-р биол. наук, Казахстан), *Куртаянц К.И.* (канд. экон. наук, Узбекистан), *Линькова-Даниельс Н.А.* (канд. пед. наук, Австралия), *Лукиенко Л.В.* (д-р техн. наук, Россия), *Макаров А. Н.* (д-р филол. наук, Россия), *Мацаренко Т.Н.* (канд. пед. наук, Россия), *Мейманов Б.К.* (д-р экон. наук, Кыргызская Республика), *Мурадов Ш.О.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Мусаев Ф.А.* (д-р филос. наук, Узбекистан), *Набиев А.А.* (д-р наук по геоинформ., Азербайджанская Республика), *Назаров Р.Р.* (канд. филос. наук, Узбекистан), *Наумов В. А.* (д-р техн. наук, Россия), *Овчинников Ю.Д.* (канд. техн. наук, Россия), *Петров В.О.* (д-р искусствоведения, Россия), *Радкевич М.В.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Рахимбеков С.М.* (д-р техн. наук, Казахстан), *Розыходжаева Г.А.* (д-р мед. наук, Узбекистан), *Романенкова Ю.В.* (д-р искусствоведения, Украина), *Рубцова М.В.* (д-р социол. наук, Россия), *Румянцев Д.Е.* (д-р биол. наук, Россия), *Самков А. В.* (д-р техн. наук, Россия), *Саньков П.Н.* (канд. техн. наук, Украина), *Селитренникова Т.А.* (д-р пед. наук, Россия), *Сибирцев В.А.* (д-р экон. наук, Россия), *Скрипко Т.А.* (д-р экон. наук, Украина), *Сопов А.В.* (д-р ист. наук, Россия), *Стрекалов В.Н.* (д-р физ.-мат. наук, Россия), *Стукаленко Н.М.* (д-р пед. наук, Казахстан), *Субачев Ю.В.* (канд. техн. наук, Россия), *Сулейманов С.Ф.* (канд. мед. наук, Узбекистан), *Трегуб И.В.* (д-р экон. наук, канд. техн. наук, Россия), *Упоров И.В.* (канд. юрид. наук, д-р ист. наук, Россия), *Федоськина Л.А.* (канд. экон. наук, Россия), *Хилтухина Е.Г.* (д-р филос. наук, Россия), *Цуцулян С.В.* (канд. экон. наук, Республика Армения), *Чиладзе Г.Б.* (д-р юрид. наук, Грузия), *Шамишина И.Г.* (канд. пед. наук, Россия), *Шарипов М.С.* (канд. техн. наук, Узбекистан), *Шевко Д.Г.* (канд. техн. наук, Россия).

Свободная цена

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ	69
<i>Ashurova G.A., Mirjanov B.N., Zhamolova M.A., Avezov Sh.M. STUDYING THE EFFECT OF IRRIGATION REGIME ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF COTTON / Ашурова Г.А., Миржанов Б.Н., Жамолова М.А., Аvezов Ш.М. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ХЛОПКА.....</i>	69
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	72
<i>Фирагина А.В., Губернаторова Н.Н. ПОНЯТИЕ, ПРЕДМЕТ И ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАЛОГОВОГО МОНИТОРИНГА / Firagina A.V., Gubernatorova N.N. CONCEPT, SUBJECT AND LEGAL REGULATION OF TAX MONITORING</i>	72
<i>Фирагина А.В., Губернаторова Н.Н. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ НАЛОГОВОГО МОНИТОРИНГА / Firagina A.V., Gubernatorova N.N. THE CONCEPT, SUBJECT AND LEGAL REGULATION OF TAX MONITORING.....</i>	74
<i>Галимов Д.З. ВЫЗОВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ В НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ / Galimov D.Z. DIGITAL TRANSFORMATION CHALLENGES AND BUSINESS PROCESS MANAGEMENT IN THE OIL INDUSTRY</i>	76
<i>Фирагина А.В., Анохин М.В. ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ / Firagina A.V., Anokhin M.V. MANDATORY ELEMENTS OF TAXATION AND THEIR CHARACTERISTICS</i>	82
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ	86
<i>Тобиров О.К., Мадаминжонова Ш.А. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ТУРИСТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ / Tobirov O.K., Madaminjonova Sh.A. GEOGRAPHICAL TOURIST ZONING OF TERRITORIES</i>	86
ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	96
<i>Сергеев Б.Ю. НОВАЦИИ ДОСУДЕБНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РОССИЙСКОМ УГОЛОВНОМ ПРОЦЕССЕ / Sergeev B.Yu. INNOVATIONS IN PRE-TRIAL PROCEEDINGS IN THE RUSSIAN CRIMINAL PROCESS.....</i>	96
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ	101
<i>Ruziev R.R. FIRE SAFETY, INTERNET, PROBLEMS ... / Рузиев Р.Р. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ИНТЕРНЕТ, ПРОБЛЕМЫ.....</i>	101
АРХИТЕКТУРА	105
<i>Шуленбаева А.Р., Добровольская В.В., Тажбенова Ж.О. ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В КАЗАХСТАНЕ / Shulenbayeva A.R., Dobrovolskaya V.V., Tazhbenova Zh.O. PROSPECTS FOR CONSTRUCTION OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS IN KAZAKHSTAN</i>	105
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ	109
<i>Корецкая О.А. РАЗВИТИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ У ДОШКОЛЬНИКОВ СРЕДСТВАМИ ИНТЕГРАЦИИ КИНЕЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРАКТИК / Koretskaya O.A. DEVELOPMENT OF COGNITIVE ACTIVITY IN PRESCHOOLERS BY MEANS OF INTEGRATION OF KINESIOLOGICAL PRACTICES</i>	109

НАУКИ О ЗЕМЛЕ..... 112

Матвеев А.И., Ширман Г.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО
ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЛАБОРАТОРНОЙ
МОДЕЛИ ПРОМЫВОЧНОГО АППАРАТА В ВОДО-ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ
ПОСЛЕ ИХ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ / *Matveev A.I., Shirman G.V.*
EXPERIMENTAL STUDIES ON THE DISINTEGRATION OF CLAY MATERIALS
IN A LABORATORY MODEL OF A WASHING DEVICE IN A WATER-AIR
ENVIRONMENT AFTER THEIR CRYOGENIC TREATMENT 112

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Кулжанов У.Н.¹, Уралова О.Б.², Каримов И.Т.³

Email: Kulzhanov1183@scientifictext.ru

¹Кулжанов Уткир Неъматович – доцент, доктор философии по физико-математическим наукам, кафедра теории вероятностей и математической статистики, математический факультет,

Самаркандский государственный университет;

²Уралова Озода Бурибоевна – преподаватель, кафедра точных наук, академический лицей

Самаркандский ветеринарно-медицинский институт;

³Каримов Ислом Тоштемирович – магистрант,

кафедра теории вероятностей и математической статистики, математический факультет,

Самаркандский государственный университет,

г. Самарканд, Республика Узбекистан

Аннотация: в этой статье рассматривается характеристическая функция случайной величины и случайного вектора. Характеристическая функция случайной величины — один из способов задания распределения. Характеристические функции могут быть удобнее в тех случаях, когда, например, плотность или функция распределения имеют очень сложный вид. Также характеристические функции являются удобным инструментом для изучения вопросов слабой сходимости (сходимости по распределению). Приводятся три теоремы и их доказательства. Характеристические функции очень удобны для исследования свойства сумм случайных величин. Перечислены важнейшие свойства характеристических функций. Кроме того, приведен пример на нахождения характеристической функции дискретной случайной величины данным законом распределения.

Ключевые слова: дискретная случайная величина, характеристическая функция случайной величины и случайного вектора, комплекснозначная функция действительного аргумента.

CHARACTERISTIC FUNCTION OF RANDOM VALUE

Kulzhanov U.N.¹, Uralova O.B.², Karimov I.T.³

¹Kulzhanov Utkir Nematovich - Associate Professor, Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics, DEPARTMENT OF PROBABILITY AND MATHEMATICAL STATISTICS, FACULTY OF MATHEMATICS, SAMARKAND STATE UNIVERSITY;

²Uralova Ozoda Buriboevna - Lecturer, DEPARTMENT OF EXACT SCIENCES, ACADEMIC LYCEUM

SAMARKAND VETERINARY MEDICAL INSTITUTE;

³Karimov Islom Toshtemirovich - Master's Student, DEPARTMENT OF PROBABILITY AND MATHEMATICAL STATISTICS, FACULTY OF MATHEMATICS, SAMARKAND STATE UNIVERSITY, SAMARKAND, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Abstract: this article discusses the characteristic function of a random variable and a random vector. The characteristic function of a random variable is one of the ways to define a distribution. Characteristic functions can be more convenient in cases where, for example, the density or distribution function has a very complex form. Also, characteristic functions are a convenient tool for studying issues of weak convergence (convergence in distribution). Three theorems and their proofs are presented. Characteristic functions are very convenient for studying the properties of sums of random variables. The most important properties of the characteristic functions are listed.

In addition, an example is given of finding the characteristic function of a discrete random variable by a given distribution law.

Keywords: discrete random variable, characteristic function of a random variable and a random vector, complex-valued function of a real argument .

Характеристическая функция случайной величины — один из способов задания распределения. Характеристические функции могут быть удобнее в тех случаях, когда, например, плотность или функция распределения имеют очень сложный вид. Также характеристические функции являются удобным инструментом для изучения вопросов слабой сходимости (сходимости по распределению).

Определение. *Характеристической функцией вещественной случайной величины X называется комплекснозначная функция действительного аргумента $t \in \mathbb{R}$:*

$$\varphi(t) = M e^{itX} = \int_{\Omega} e^{itx} dP(x) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} dF_X(x),$$

где интеграл справа называется интегралом Стильбеса.

Замечание 1. Заметим, что характеристическая функция существует для любой случайной величины X , т.е.

$$\left| \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} dF_X(x) \right| \leq \int_{-\infty}^{\infty} |e^{itx}| F_X(x) = \int_{-\infty}^{\infty} dF_X(x) = 1.$$

Замечание 2. Если случайная величина X имеет дискретное распределение, то

$$\varphi_X(t) = \sum_k e^{itx_k} P(X = x_k) = \sum_k e^{itx_k} p_k, \quad (1)$$

где x_1, x_2, \dots — не более чем счётный набор значений, которые принимает случайная величина X .

Замечание 3. Если случайная величина X имеет абсолютно непрерывное распределение с плотностью $p(x)$, то

$$\varphi_X(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} p(x) dx, \quad (2)$$

то есть характеристическая функция есть (обратное) преобразование Фурье функция $p(x)$.

Из определения характеристической функции случайной величины видно, что она однозначно определяется функцией распределения случайной величины. Оказывается, верно и обратное.

Теорема 1. (Теорема единственности). *Характеристическая функция $p(x)$ случайной величины X однозначно определяет её функцию распределения $F_X(x)$. Кроме того, верна формула обращения: для любых точек непрерывности x и y функции $F_X(x)$ выполняется*

$$F_X(y) - F_X(x) = \frac{1}{2\pi} \lim_{a \rightarrow \infty} \int_{-a}^a \frac{e^{-itx} - e^{-ity}}{it} \varphi_X(t) dt.$$

Доказательство. Доказательство теоремы 1 приведено в [1].

Характеристические функции очень удобны для исследования свойства сумм случайных величин. Перечислим важнейшие свойства характеристических функций.

1. $\varphi(0) = 1$ и $|\varphi(t)| \leq 1$ для всех $t \in \mathbb{R}$.

2. $\varphi_{bX+a}(t) = e^{ita} \varphi_X(bt)$, где $a, b \in \mathbb{R}$.

3. Если X_1, X_2, \dots, X_n — независимые случайные величины, то характеристическая функция суммы $S_n = X_1 + \dots + X_n$ равна

$$\varphi_{S_n}(t) = \prod_{k=1}^n \varphi_{X_k}(t).$$

4. Характеристическая функция равномерно непрерывна на всей прямой.

5. $\overline{\varphi_X(t)} = \varphi_X(-t) = \varphi_{-X}(t)$.

Теорема 2 (Теорема Бохнера-Хинчина). Для того чтобы непрерывная функция $\varphi(t)$, обладающая свойством $\varphi(0) = 1$, была характеристической, необходимо и достаточно, чтобы она была неотрицательно определённой, т.е. чтобы для любого $n \in \mathbb{N}$ для любых действительных t_1, \dots, t_n и любых комплексных чисел $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ выполнялось

$$\sum_{k,j=1}^n \varphi(t_k - t_j) \lambda_k \bar{\lambda}_j \geq 0.$$

Доказательство. Необходимость этого условия доказывается быстро:

$$\sum_{k,j=1}^n \varphi(t_k - t_j) \lambda_k \bar{\lambda}_j = M \left\{ \sum_{k,j=1}^n e^{i(t_k - t_j)x} \lambda_k \bar{\lambda}_j \right\} = M \left| \sum_{k=1}^n e^{it_k x} \lambda_k \right|^2 \geq 0.$$

Доказательство достаточности можно прочитать в [2].

Теорема 3 (теорема непрерывности). Пусть $\varphi_n(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} dF_n(x)$ есть последовательность характеристических функций и $\varphi_n(t) \rightarrow \varphi(t)$ при $n \rightarrow \infty$ и при каждом t . Тогда следующие условия эквивалентны:

a) $\varphi(t)$ является характеристической функцией,

b) $\varphi(t)$ непрерывна в точке $t = 0$,

c) существует такая функция распределения $F(x)$, что во всех её точках непрерывности $F_n(x) \rightarrow F(x)$ при $n \rightarrow \infty$ причём $\varphi(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} dF(x)$.

Рассмотрим примеры. Следующие примеры даны для нахождения характеристической функции дискретной и непрерывной случайной величины

Пример 1. Дан закон распределения дискретной случайной величины X :

X	-4	0	4
P	0,25	0,5	0,25

Найти характеристическую функцию X .

Решение. При решении этого примера используем формулу (1):

$$\varphi(t) = M e^{itx} = 0,25e^{-4it} + 0,5e^{-4i0} + 0,25e^{4it} = \frac{1 + \cos 4t}{2}.$$

Пример 2. Дана плотная функция непрерывной случайной величины X :

$$p_X(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}, & x \in [-1, 1] \\ 0, & x \notin [-1, 1] \end{cases}.$$

Найти характеристическую функцию X .

Решение. При решении этого примера можно использовать формулу (2), так как данная случайная величина является непрерывной:

$$\varphi_X(t) = \int_{-1}^1 \frac{e^{itx}}{2} dx = \frac{1}{2it} e^{itx} \Big|_{-1}^1 = \frac{1}{2it} (e^{it} - e^{-it}) = \frac{\sin t}{t}.$$

Список литературы / References

1. Боровков А.А. Курс теории вероятностей. М.: «Наука». Главное издательство Физико-математической литературы, 1972. 288 с. 4-е изд. М., 1999.
2. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М.: «Наука». Главное издательство Физико-математической литературы, 1988. 6-е изд. М.
3. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник и практикум для академического бакалавриата / Н.Ш. Кремер. 5-е изд., перераб. и доп. Москва Издательство Юрайт, 2019. 538 с.

4. *Мятлев В.Д.* Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели: учебник для академического бакалавриата / В.Д. Мятлев, Л.А. Панченко, Г.Ю. Ризниченко, А.Т. Терехин. 2-е изд., испр. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2019. 321 с.
5. *Малугин В.А.* Теория вероятностей: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В.А. Малугин. Москва Издательство Юрайт, 2019. 266 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СХЕМ ППВМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Нгуен Минь Хонг¹, Нгуен Хью Шон²

Email: Nguyen1183@scientifictext.ru

¹Нгуен Минь Хонг - кандидат технических наук, старший преподаватель;

²Нгуен Хью Шон - кандидат технических наук, декан,
факультет технического управления,

Государственный технический университет им. Ле Куи Дона,
г. Ханой, Социалистическая Республика Вьетнам

Аннотация: в данной статье исследуется функция стоимости задачи размещения блоков при проектировании ППВМ. Результаты исследований показывают, что традиционная функция стоимости достигает минимального значения, но не обеспечивает минимальную задержку критического пути. Исходя из этого, в статье предлагается использовать алгоритм соединения в качестве функции стоимости для улучшения размещения с оптимальной задержкой критического пути. С использованием этой новой функции стоимости, генетический алгоритм (англ. Genetic Algorithm) дает лучшие результаты, чем с использованием алгоритма имитации отжига (англ. Simulated Annealing). В статье проведено исследование функции стоимости алгоритмов размещения схем и предлагается использовать алгоритм вайринга в качестве функции стоимости. Результаты моделирования показывают, что качество макета значительно улучшается за счет изменения функции стоимости.

Ключевые слова: критический путь, программируемая вентильная матрица, алгоритм имитации отжига, генетический алгоритм, проблема размещения, проблема маршрутизации.

SOLUTION OF PROBLEMS OF DESIGNING DIGITAL SCHEMES OF FPGA USING GENETIC ALGORITHM

Nguyen Minh Hong¹, Nguyen Huu Son²

¹Nguyen Minh Hong - PhD in Technical Sciences, Senior Lecturer;

²Nguyen Huu Son - PhD in Technical Sciences, Dean,
FACULTY OF TECHNICAL CONTROL,

LE QUY DON UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY,
HANOI, SOCIALIST REPUBLIC OF VIETNAM

Abstract: this article examines the cost function of the block placement problem in the design of FPGA. Research results show that the traditional cost function achieves a minimum value, but does not assure a minimum delay of critical path. Based on this, the article proposes to use the routing algorithm a cost function to improve placement problem with optimal critical path latency. Using this new cost function, the Genetic Algorithm gives better results than the Simulated Annealing algorithm. The article investigates the cost function of circuit placement algorithms and investigates the cost function of circuit placement algorithms. The article investigates the cost function of algorithms for placing circuits and proposes to use the wiring algorithm as a cost function. Simulation results show that the quality of the layout is significantly improved by changing the cost function.

Keywords: critical path, parametric method, field-programmable gate array, Simulated Annealing, genetic algorithm, placement problem, routing problem.

I. ВВЕДЕНИЕ

Программируемая вентиляционная матрица (ППВМ) является программируемым устройством, которым позволяет реализацию любых цифровых схем [1]. Обычно, ППВМ содержат микропроцессоры, которые связаны с большим количеством блоков памяти SRAM, систему управления синхронизацией и т.д. ППВМ применяется во многих различных областях, таких как обработка данных, хранение, измерения, сетевые коммуникации или обработка цифровых сигналов.

Процесс проектирования ППВМ обычно состоит из трех этапов: синтез схемы, реализация проектирования, загрузка битовую строку ППВМ [2]. В этой статье исследуется второй этап процесса проектирования, который включает четыре этапа: упаковка, размещение, маршрутизация и генерация битовой строки (генерация битового потока).

Из этих шагов, размещение является наиболее важным шагом, в котором определяется конкретное расположение программируемых логических блоков (ПЛБ) и блоков ввода/вывода (I/O) на ППВМ. В этой статье представляются задача размещения и ее метод решения, результаты опросов.

На рисунке 1 представлена структура ППВМ со сконфигурированной схемой.

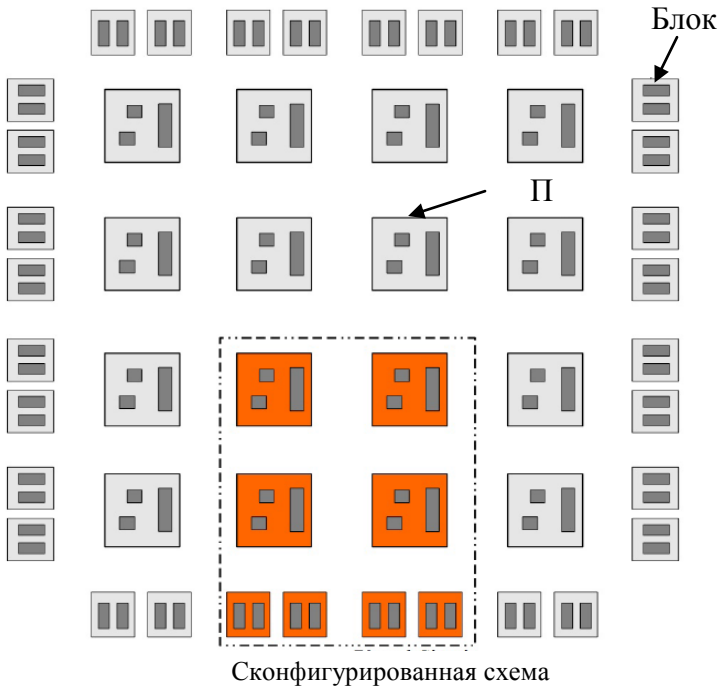


Рис. 1. Структура ППВМ с четырьмя установленными ПЛБ и блоками ввода/вывода

II. ЗАДАЧА РАЗМЕЩЕНИЯ ППВМ

При решении задачи размещения ППВМ необходимо обеспечить успешное соединение на следующем этапе маршрутизации. Поэтому оценка оптимальности размещения зависит от структуры маршрутизации и алгоритма размещения. Проблемы, связанные с задачей размещения, имеют следующие: большие вычислительные затраты алгоритма сортировки, полученная конфигурация не обеспечивается для маршрутизации, параметры задачи размещения (площадь, задержка критического пути, энергопотребление) не соответствуют установленным требованиям.

В алгоритме размещения имеется возможность оптимизировать параметры: задержка критического пути, площадь (оптимальный размер массива и ресурс маршрутизации), энергопотребление ППВМ. Критический путь является путем между входом и выходом с

наибольшей задержкой, а также является одним из важных параметров, который необходимо оптимизировать. В этой статье представляется метод оптимизации этого параметра.

В настоящее время существует множество различных методов для решения задачи размещения, такие как: алгоритм имитации отжига (АИО) [4-7], генетические алгоритмы [8-12] и аналитические методы [13-16]. В том числе, АИО является наиболее широким применением алгоритма для решения задачи размещения при проектировании ППВМ [17]. В результате исследования [12] показано, что АИО является более совершенным алгоритмом по сравнению с ГА при решении задач размещения в проекте ППВМ. В исследованиях [13, 18, 19] показано, что конфигурация структуры ППВМ, полученная методом АИО, имеет качественные связанные параметры, чем с использованием аналитического метода.

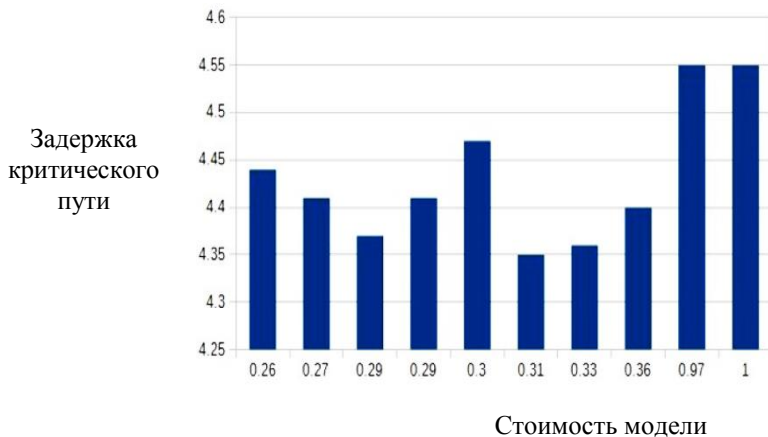
С другой стороны, функция стоимости алгоритма размещения зависит от структуры ППВМ и процесса требуемой оптимизации. Маршрутизация является одной из целей процесса размещения, и имеет важную роль для оценки возможности перегрузки (сколько линий находится в канале). Следовательно, функция стоимости имеет необходимость разделить на затраты, связанные с маршрутизацией [5]. В большинстве случаев, необходимо минимизировать задержку в задаче размещения. Данные задержки имеют возможность моделировать с точки зрения компонентов временных затрат [6]. При этом, функция стоимости, используемая для оптимизации критического пути, имеет следующий вид:

$$Cost_{wire,time} = \lambda \cdot time_cost + (1 - \lambda) \cdot wire_cost \quad (1)$$

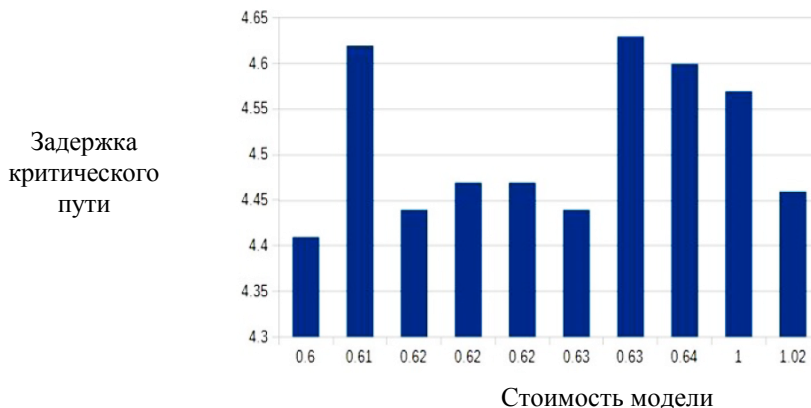
Где: $time_cost$ - нормированный коэффициент затрат времени; $wire_cost$ - нормированный коэффициент стоимости маршрутизации; λ - коэффициент гармонизации.

В работе [6] представлен пример с использованием традиционной функции стоимости: при $\lambda = 0,5$, имеется наилучшая гармонизация между перегрузкой и стоимостью пути.

В последнее время, традиционная функция стоимости широко использовалась, что подтверждается ее правильность и оптимальность. Однако, возникает вопрос о степени точности и возможности улучшения функции стоимости. В работе [21] представлен пример обследования затрат с использованием метода размещения VTR и инструмента соединения со схемой s1238 из стандартного эталонного набора данных MCNC. На рисунке 2 представлены критический путь и функция стоимости после соединения для схемы s1238 при $\lambda = 0,5$ и $\lambda = 1$.



а) $\lambda = 0,5$



б) $\lambda = 1$

Рис. 2. Критический путь, полученный для различных стоимостных моделей после соединения и с использованием инструмента VTR в схеме s1238

Из рисунка 2 видно, что значение функции стоимости уменьшается, не означает, что критический путь также уменьшается. То есть: функция стоимости имеет значение 0,26, соответствующее задержке критического пути со значением 4,44 (рисунок 2а). Однако, в другом примере, функция стоимости имеет значение 0,31, но задержка критического пути составляет 4,35 (меньше, чем задержка критического пути, когда функция стоимости имеет значение 0,26). Таким образом, алгоритм оптимального размещения функции стоимости не обеспечивает оптимальность критического пути. В тех же исследованиях были выполнены обзоры схем planet и mm30a на основе стандартного эталонного набора данных MCNC. Результаты исследований также показывают о том, что не имеется корреляция между функцией стоимости и задержкой критического пути.

III. НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ

Постоянное улучшение вычислительной мощности компьютера позволяет напрямую реализовать алгоритм маршрутизации. Используется алгоритм маршрутизации инструмента VTR в качестве функции стоимости в алгоритме размещения. Этот алгоритм называется VTR-R.

Основа этого алгоритма заключается в том, что каждый раз вызывается функция, загружается конфигурация размещения, связанная со структурой. После завершения маршрутизации, функция стоимости возвращает задержку критического пути, являющуюся значением стоимости. Данная новая функция стоимости более сложна, чем обычная функция стоимости, поэтому для ее вычисления потребуется больше времени.

При этом, используется ГА вместо АИО для уменьшения количества вычислений функции стоимости. Этот алгоритм размещения на основе ГА называется ГА-R. Для алгоритма АИО количество вычислений функции стоимости вычисляется по следующему выражению [22]:

$$Eval_{SA} = (num_gen + 1) \cdot num_blocks^{1.3333} \quad (2)$$

где: num_gen - количество поколений, зависящее от критерия останова алгоритма.

Критерий останова удовлетворяется, когда $T < 0,005 \cdot \frac{cost}{num_of_nets}$, где: T -

температура АИО, num_of_nets - количество сеток, присутствующих в цепи.

num_blocks - количество блоков, присутствующих в схеме (блоки ПЛБ и блоки ввода/вывода).

Температура обновляется в соответствии с выражением: $T_{new} = \alpha \cdot T_{old}$, где α - параметр, зависящий от новых конфигураций размещения блока ПЛБ в поколении, и делящийся на максимальное количество перемещений блока [5].

Из уравнения (2) видно, что количество оценок функции стоимости не является линейной функцией по количеству блоков, присутствующих в схеме. С другой стороны, для ГА количество оценок функции стоимости зависит от количества поколений (num_gen) и размера популяции (pop_size). То есть, количество оценок функции стоимости не зависит от количества блоков, присутствующих в схеме, и определяется по формуле:

$$Eval_{GA} = num_gen \cdot pop_size \quad (3)$$

Кроме того, алгоритм АИО, используемый в работе [5], может выполняться только на одном вычислительном потоке и новое решение зависит от результата предыдущего решения. Однако, процесс вычисления с использованием алгоритма ГА может выполняться параллельно [23, 24], и каждый элемент вычисляется независимо в отдельном потоке. Например, если имеются 100 элементов, то все элементы вычисляются одновременно в 100 потоках. При этом, время выполнения алгоритма зависит только от количества поколений.

IV. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Основная цель исследования в статье является изучением алгоритма размещения (не алгоритма маршрутизации). При этом, ширина канала устанавливается как фиксированное значение [25], остальные параметры также устанавливаются как фиксированные значения с помощью инструмента VTR, адаптированного из Altera Stratix IV [26]. Используется блок переключения типа Уилтона [27]. Исследуемые параметры ППВМ приведены в таблице 1 [22].

Таблица 1. Исследуемые параметры ППВМ

Параметр	Описание	Значение
W	Ширина канала	200
N	Количество BLE/CLB	10
K	Входное значение BLE	6
L	Длина 1 трека	4
F_{cin}	Отношение треков, подключенных к одному входу	0,15
F_{cout}	Отношение треков, подключенных к одному выходу	0,1
F_s	Блок коммутатора	3 (Wilton)

Характеристики исследуемых схем алгоритма размещения приведены в таблице 2. Данные исследуемые схемы представлены в формате BLIF и отображены в блоки ПЛБ с помощью инструмента VPack [28, 29].

Таблица 2. Характеристики и размеры схем для исследования алгоритма размещения

Схема	LUT	FF	LB	I/O	Net	Размер
styr	238	5	15	20	105	4x4
planet	266	6	17	27	127	5x5
s1238	292	18	18	29	148	5x5
vda	253	0	19	56	176	5x5
daio-rec	311	81	19	62	230	5x5
mm30a	294	90	21	64	230	5x5
ecc	291	109	22	26	178	5x5
ex4p	148	0	22	112	206	5x5
C2670	214	0	15	221	305	7x7
rot	242	0	17	242	293	8x8
x3	255	0	20	234	281	8x8

i7	103	0	11	266	266	9x9
frg2	347	0	26	282	342	9x9

Алгоритм размещения может быть реализован одновременно для блоков ПЛБ и блоков ввода/вывода. Кроме того, имеется возможность фиксировать заданные блоки ПЛБ или блоки ввода-вывода, а затем реализовать задачу размещения для оставшихся блоков. Для уменьшения сложности задачи, в данной статье фиксируются блоки ввода-вывода и решается только задача размещения блоков ПЛБ.

Конфигурация о положении блоков ввода/вывода устанавливается в соответствии с результатами работы алгоритма ПЛБ со следующими параметрами: начальная температура $init_temperature = 20$; среднеквадратичное отклонение std_dev ; рассчитанное на основе вариации функции стоимости случайно движущихся блоков.

После изменения λ от 0 до 1, результат показывает, что при $\lambda = 0,5$ получено наилучшее значение задержки критического пути.

Таким образом, для алгоритма АИО с традиционной функцией стоимости выбирается $\lambda = 0,5$. Алгоритм 1 описывает этапы реализации алгоритма ГА-R. В алгоритме используются популяция из 2 элемента, одноточечный замкнутый гибридный оператор и оператор мутации, основанный на перестановке ПЛБ. В алгоритме ГА требуется установить количество поколений, вероятность гибридизации (P_c), вероятность мутации (P_m). Количество поколений было выбрано для получения лучшего количества оценок функции стоимости по сравнению с алгоритмом АИО. Вероятность гибридизации и вероятность мутаций выбираются методом локальной одночленной выборки (LUS): $P_m = 0,04$ и $P_c = 0,5$ [30].

Алгоритм 1: Алгоритм ГА-R

Вход: Файл «netlist» для схемы, параметры ППВМ, параметр ГА.

Выход: Размещение схемы;

1: Ввод структур ППВМ и схемы;

2: Размещение произвольной схемы;

3: Определение функции стоимости;

4: Сохранение лучшего элемента;

5: **while** «алгоритм не закончен» **do**

6: **for** «популяция» **do**

7: выбор двух случайных элементов из популяции;

8: установка parent1 из лучшего из двух выбранных элементов;

9: выбор двух случайных элементов из популяции;

10: установка parent2 из лучшего из двух выбранных элементов;

11: **if** функция нормального распределения $(0,1) < P_c$ **then**

12: гибридизация parent 1 и parent2;

13: сохранение двух потомков в новой популяции;

14: **else**

15: копирование parent1 и parent2 в новой популяции;

16: **else if**

17: **end for**

18: **for** «новая популяция» **do**

19: **for each** «каждый ген в хромосоме» **do**

20: **if** равномерная случайная вероятность $(0,1) < P_m$ **then**

21: геновая мутация;

22: **end if**

23: **end for**

24: **end for**

25: исправление конфликтов местоположения;

26: определение функции стоимости;

```

27:      if лучший элемент в новой популяции >
           лучший элемент в старой популяции then
28:      сохранение лучшего элемента в новой популяции;
29:      else
30:      замена худшего элемента в новой популяции лучшим элементом
           из старой популяции;
31:      end if
32: end while
33: Сохранение лучшей конфигурации;

```

Исследование проведено на компьютере с процессом Intel i7-4810MQ и памятью RAM 32 Гб. Каждый алгоритм выполняется 30 раз для каждой схемы.

V. РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проводится исследование задержки критического пути и времени выполнения схемы при использовании алгоритмов VTR, VTR-R и ГА-R с входными данными, указанными выше.

Результаты исследования задержки критического пути и времени выполнения схемы приведены в таблице 3.

Таблица 3. Задержка критического пути и времени выполнения схемы и использованием разных алгоритмов размещения

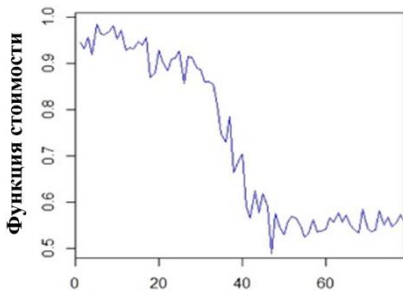
Сх ема	Задержка критического пути (ns)					Время выполнения (s)				
	VTR±S D	VTR- R±SD	Δ_{c1} %	GA- R±SD	Δ_{c2} %	VTR±S D	VTR- R±SD	Δ_{t1} %	GA- R±SD	Δ_{t2} %
styr	3,08±0,1 6	2,17±0,0 2	- 11,7 1	2,72±0, 02	- 11,6 2	0,37±0, 05	1853±3 77	4,98E 5	1365±1 10	3,67 E5
pla net	2,85±0,0 8	2,59±0,0 2	- 9,26	2,60±0, 02	- 8,83	0,65±0, 05	5031±1 127	7,78E 5	3592±3 28	5,55 E5
s12 38	4,44±00 9	4,11±0,0 2	- 7,46	4,11±0, 03	- 7,45	1,71±0, 62	5906±1 510	3,43E 5	3969±3 10	2,31 E5
vda	3,24±0,0 6	2,96±0,0 3	- 8,65	2,97±0, 03	- 8,56	1,85±0, 78	8977±1 720	4,84E 5	6318±9 68	3,41 E5
dai o- rec	3,97±0,0 8	3,47±0,0 2	- 12,6 2	3,49±0, 03	- 12,2 3	0,95±0, 04	11960± 750	1,26E 6	3161±1 34	3,34 E5
mm 30a	13,16±0, 13	12,47±0, 03	- 5,25	12,50± 0,04	- 5,02	0,98±0, 05	11802± 1390	1,20E 6	3395±1 21	3,46 E5
ecc	3,01±0,0 7	2,75±0,0 3	- 8,79	2,75±0, 03	- 8,81	0,78±0, 03	8617±2 051	1,10E 6	5902±8 97	7,55 E5
ex4 p	2,74±0,0 4	2,60±0,0 2	- 5,03	2,64±0, 03	- 3,67	3,35±08 5	25236± 7181	7,54E 5	6536±1 713	1,95 E5
C2 670	3,74±0,0 8	3,41±0,0 3	- 8,79	3,53±0, 07	- 5,70	12,12±8, 74	90184±2 0692	7,44E 5	9199±2 173	7,58 E4
rot	3,78±0,0 3	3,57±0,0 4	- 5,86	3,59±0, 06	- 4,77	15,42±10 ,06	137549± 23390	8,92E 5	11470± 3230	7,43 E4

x3	2,56±0,0 0	2,23±0,0 3	- 13,0 1	2,20±0, 02	- 14,0 1	11,52±3, 13	170177± 10699	1,48E 6	12311± 2171	3,14 E5
i7	1,93±0,0 0	1,67±0,0 1	- 13,3 9	1,66±0, 01	- 13,7 9	19,81±4, 38	241126± 15327	1,22E 6	11180± 2942	5,63 E4
frg 2	3,31±0,0 1	3,00±0,0 3	- 9,28	3,14±0, 05	- 4,94	14,68±2, 17	258359± 18465	1,76E 6	12229± 4328	8,32 E4

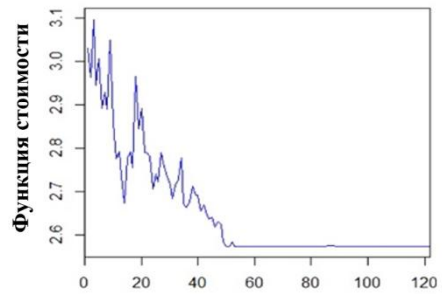
Из таблицы 3 видно, что при использовании новой функции стоимости с алгоритмами VTR-R и ГА-R, задержка критического пути значительно улучшается по сравнению с задержкой критического пути, полученной с алгоритмом VTR и с традиционной функцией стоимости. Однако, время выполнения для алгоритмов VTR-R и ГА-R увеличивается 10^6 раз больше, чем для алгоритмов VTR.

Из таблицы 3 также видно, что задержки критического пути для алгоритмов VTR-R и ГА-R не значительно отличаются друг от друга. Однако, время выполнения алгоритма ГА-R значительно больше, чем время выполнения алгоритма VTR-R.

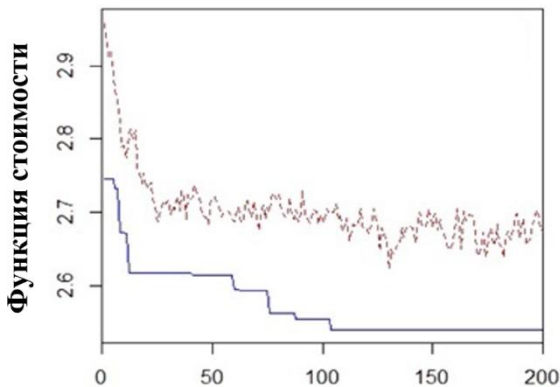
Описание сходимости алгоритмов размещения со схемами planet и s1238 и статистика количества вычислений функции стоимости и стандартного отклонения после 30 итераций трех алгоритмов представлены на рисунке 3 и в таблице 4.



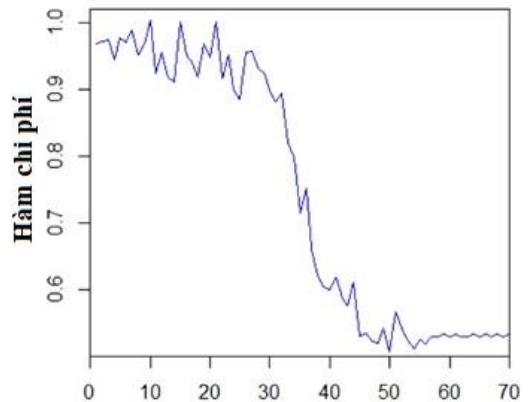
а. Алгоритм VTR со схемой planet



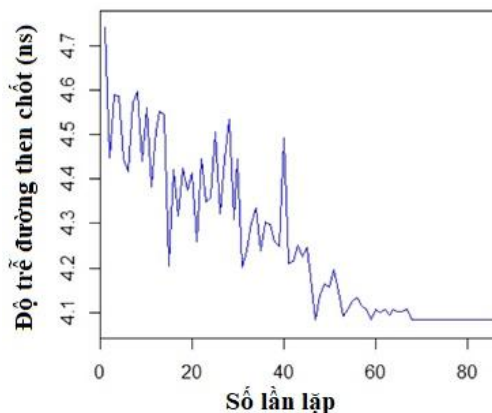
б. Алгоритм VTR-R со схемой planet



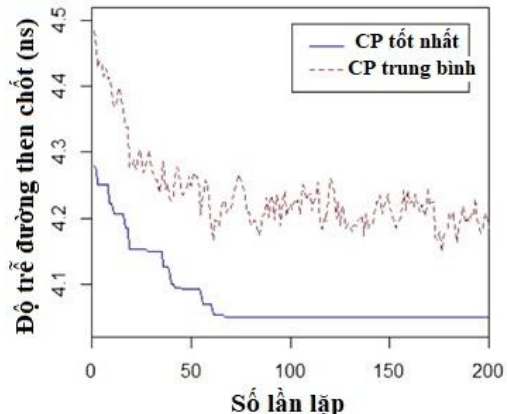
в. Алгоритм GA-R со схемой planet



д. Алгоритм VTR со схемой s1238



а. Алгоритм VTR-R со схемой s1238



б. Алгоритм GA-R со схемой s1238

Рис. 3. Вариация функции стоимости и задержки критического пути, полученные алгоритмами размещения на схемах planet и s1238

На рисунках 3а и 3б представлены вариации традиционной функции стоимости при использовании алгоритма АИО (VTR), изменение задержки критического пути при выполнении алгоритма VTR с предложенной функцией стоимости (VTR-R). На рисунках 3в и 3г представлены средняя задержка и наилучшая задержка критического пути при использовании алгоритма размещения ГА-R.

Таблица 4. Время оценки функции стоимости и стандартное отклонение после 30 итераций алгоритмов

Схема	Количество оценок		
	VTR±SD	VTR-R±SD	GA-R±SD
styr	7969±434	12510±2408	8400±0
planet	11754±447	19207±2737	14000±0
s1238	12603±402	21470±4077	14000±0
vda	25250±903	23680±898	14000±0
daio-rec	28279±1154	52662±815	14000±0
mm30a	30024±902	47319±3939	14000±0
ecc	14002±582	24466±510	14000±0
ex4p	58678±1513	75667±14270	14000±0
C2670	127713±2805	172182±35844	14000±0
rot	153654±2791	188909±38129	14000±0
x3	146850±2571	247564±4556	14000±0
i7	170669±4067	276803±25262	14000±0
frg2	192546±2660	318533±20008	14000±0

Из таблицы 4 видно, что алгоритму VTR-R требуется больше времени для оценки, так как алгоритм VTR остановится, когда он не сможет найти лучше размещение схемы. Между тем, функция стоимости алгоритма VTR-R всегда улучшается после каждого поколения.

Кроме того, количество оценок функции стоимости алгоритма ГА-R не изменяется с уравнением (3) и меньше, чем у алгоритмов VTR и VTR-R.

VI. ВЫВОДЫ

В статье исследована функция стоимости алгоритмов размещения схем. Результаты исследования показывают, что, когда традиционная функция стоимости, используемая в алгоритме АИО, минимизирована, не обеспечивает минимальную задержку критического пути.

Для исправления этих недостатков, в статье предлагается использовать алгоритм соединения в качестве функции стоимости. Результаты показывают, что качество размещения значительно улучшается за счет изменения функции стоимости (VTR-R).

Однако, недостатком при выборе этой новой функции стоимости является более длительное время выполнения алгоритма. Время решения задачи размещения схемы сокращается при использовании алгоритма ГА. А также, при этом сохраняется оптимальность полученной задержки критического пути.

В данной статье доказана эффективность алгоритма ГА. Однако, в нем по-прежнему возникают связанные проблемы, которые требуют дальнейшего изучения и решения:

- Улучшение времени выполнения алгоритма ГА при использовании метода параллельных вычислений;

- Вместо использования условия остановки, основанного на фиксированном количестве поколений (итераций), как в статье, дальнейшие исследования могут основываться на сходимости алгоритма ГА-R для завершения итерационного процесса;

- Использование алгоритма подключения вместо алгоритма соединения;

- Исследование влияния параметров алгоритма соединения, таких как работы соединения, количество линий и т. д. на качество алгоритма соединения.

Список литературы / References

1. *Brown S.D., Francis R.J., Rose J. and Vranesic Z.G.* Field- Programmable Gate Arrays. Springer Science & Business Media, 1992. Vol. 180.
2. *Chen D., Cong J.* FPGA design automation: A survey. Foundations and Trends R in Electronic Design Automation. Vol. 1. № 3. Pp. 195–330, 2006.
3. *Sherwani N.A.* Algorithms for VLSI physical design automation. Springer Science & Business Media, 2012.
4. *Ebeling C., McMurchie L., Hauck S.A. and Burns S.* Placement and routing tools for the Triptych FPGA. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems. Vol. 3. № 4. Pp. 473–482, 1995.
5. *Betz V. and Rose J.* VPR: A new packing, placement and routing tool for FPGA research. in Field-Programmable Logic and Applications. Springer, 1997. Pp. 213–222.
6. *Marquardt A., Betz V. and Rose J.* Timing-driven placement for FPGAs. In Proceedings of the 2000 ACM/SIGDA eighth international symposium on Field programmable gate arrays. ACM, 2000, Pp. 203– 213.
7. *Vorwerk K., Kennings A. and Greene J. W.* Improving simulated annealing-based FPGA placement with directed moves. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. Vol. 28. № 2. Pp. 179–192, 2009.
8. *Z. Baruch, O. Cret., and H. Giurgiu,* “Genetic algorithm for FPGA placement,” in Proceedings of the 12th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS12). Vol. 2, 1999. Pp. 121–126.
9. *Venkatraman R. and Patnaik L. M.* An evolutionary approach to timing driven FPGA placement. In Proceedings of the 10th Great Lakes symposium on VLSI. ACM, 2000. Pp. 81–85.
10. *Del Solar M.R., Pulido J.A.G., Perez J.M.S. and Rodriguez M.AV.* Genetic algorithms for solving the placement and routing problem of an FPGA with area constraints. Proc. IEEE ISDA. Pp. 31–35, 2004.
11. *Borra S.N.R., Muthukaruppan A., Suresh S. and Kamakoti V.* A novel approach to the placement and routing problems for field programmable gate arrays. Applied Soft Computing. Vol. 7. № 1. Pp. 455–470, 2007.
12. *Jamieson P.* Revisiting genetic algorithms for the FPGA placement problem. In GEM. Citeseer, 2010. Pp. 16–22.
13. *Xu Y. and Khalid M.A.* QPF: efficient quadratic placement for FPGAs. In Field Programmable Logic and Applications, 2005. International Conference on. IEEE, 2005. Pp. 555–558.
14. *Gopalakrishnan P., Pileggi L.* Architecture-aware FPGA placement using metric embedding. In Design Automation Conference, 2006 43rd ACM/IEEE. IEEE, 2006. Pp. 460–465.

15. *Areibi S.* Starplace: A new analytic method for FPGA placement. INTEGRATION, the VLSI journal. Vol. 44. № 3. Pp. 192–204, 2011.
16. *Lin T.-H., Banerjee P. and Chang Y.-W.* An efficient and effective analytical placer for FPGAs. In Proceedings of the 50th Annual Design Automation Conference. ACM, 2013. P. 10.
17. *Ludwin A. and Betz V.* Efficient and deterministic parallel placement for FPGAs. ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems (TODAES). Vol. 16. № 3. P. 22, 2011.
18. *Riess B.M., Doll K. and Johannes F.M.* Partitioning very large circuits using analytical placement techniques. In Design Automation, 1994. 31st Conference on. IEEE, 1994. Pp. 646–651.
19. *Gort M. and Anderson J. H.* Analytical placement for heterogeneous FPGAs. In Field Programmable Logic and Applications (FPL), 2012 22nd International Conference on. IEEE, 2012. Pp. 143–150.
20. *Luu J., Goeders J., Wainberg M., Somerville A.* VTR 7.0: Next generation architecture and CAD system for FPGAs. ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems (TRETs). Vol. 7. № 2. P. 6, 2014.
21. *LGSynth93 M.* Benchmarks. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.eecg.toronto.edu/~lemieux/sega/ccts.blif.tar.
22. *Betz V., Rose J. and Marquardt A.* Architecture and CAD for deepsubmicron FPGAs. Springer Science & Business Media, 2012. Vol. 497.
23. *Cant' u-Paz E.* A survey of parallel genetic algorithms. In Calculateurs paralleles. Citeseer, 1998.
24. *Alba E. and Tomassini M.* Parallelism and evolutionary algorithms. IEEE Transactions on Evolutionary Computation. Vol. 6. № 5. Pp. 443–462, 2002.
25. *Jamieson P.* Exploring inevitable convergence for a genetic algorithm persistent FPGA placer. 2011.
26. *Lewis D., Ahmed E., Cashman D.* Architectural enhancements in Stratix-III and Stratix-IV. in Proceedings of the ACM/SIGDA international symposium on Field programmable gate arrays. ACM, 2009. Pp. 33-42.
27. *Masud M.I. and Wilton S.J.* A new switch block for segmented FPGAs. In Field programmable logic and applications. Springer, 1999. Pp. 274–281.
28. Berkeley logic interchange format (BLIF). Oct Tools Distribution 2, 1992.
29. VTR tool, University of Toronto. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://https://github.com/verilog-to-routing/vtr-verilog-to-routing/> (дата обращения: 04.09.2018).
30. *Pedersen M.E.H. and Chipperfield A.J.* Local unimodal sampling. HL0801 Hvass Laboratories, 2008.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМ

Сергеев Д.А.

Email: Sergeev1183@scientifictext.ru

*Сергеев Дмитрий Анатольевич – кандидат технических наук, доцент,
кафедра информационных и измерительных систем и технологий,*

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова.
г. Новочеркасск*

Аннотация: в статье обосновывается процедура проектирования распределения ресурсов по структуре системы. Процедура использует систему относительных показателей, определенную на структуре IDEF0 – модели объекта.

Ключевые слова: модель, структурный конфигуратор, относительный показатель.

RESOURCE SUPPORT DESIGN IN FUNCTIONAL MODELING OF SYSTEMS

Sergeev D.A.

*Sergeev Dmitry Anatolievich - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
DEPARTMENT OF INFORMATION AND MEASURING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES,
SOUTH-RUSSIAN STATE POLYTECHNIC UNIVERSITY (NPI) NAMED AFTER M.I. PLATOV,
NOVOCHERKASSK*

Abstract: the article substantiates the procedure for designing the distribution of resources over the structure of the system. The procedure uses a system of relative indicators defined on the IDEFO structure - object model.

Keywords: model, structural configurator, relative indicator.

УДК 65.11.46

В проектировании систем актуальной задачей является отыскание закономерности распределения ресурсов между её элементами. В статье приводится обоснование системы относительных показателей, позволяющих оценить особенности распределения ресурсов по структуре функциональной модели системы.

В [1-3] обосновывается использование в качестве инструмента исследования свойств функциональной модели иерархии структурных конфигураторов: $\Sigma_{КВ}$, $\Sigma_{ПВ}$ – структурные конфигураторы сред косвенного и прямого взаимодействия, блоком $\Sigma_{Д}$ последнего является блок «деятельности», который декомпозируется на конфигураторы уровней процессов Σ_{PS} , операций Σ_{OP} и действий Σ_{AC} . При этом уровень состоит из диаграмм. Структурно-функциональные свойства диаграммы описываются структурным конфигуратором, отражающим связи выходов блоков диаграммы с контактами блоков: $\Sigma_{Д} = [\alpha_{ijl}]$, где α_{ijl} параметр связи (предмета), соединяющей выход i – го блока диаграммы с l –ым контактом (стороной) j – го блока; $B_i = (bi_1; bi_2; bi_3; bi_4)$, вектор, характеризующий связность контактов i –го блока с внешними контактами диаграммы. Содержание параметров α_{ijl} и bi раскрывается спецификациями, в которых приводятся предполагаемые значения используемых ресурсов.

состава уровней. Однако следует отметить, что при нисходящем проектировании системы связи между элементами модели верхних уровней характеризуется существенной неопределенностью, которая определяется нечеткими спецификациями, недостаточной формализацией выбора параметров элементного состава уровней.

Улучшение принимаемых проектных решений можно получить, используя эвристику горизонтально-вертикального отображения структуры структурного конфигуратора. Связь параметров блока верхнего уровня(f), содержание которого раскрывается диаграммой нижнего уровня, с её параметрами описывается выражением

$$W_H = c_f^B + b_f^B, \quad (1)$$

где $W_H = S_H + B_H = \sum_i w_i^H$ - «стоимость» ресурсов, затраченных на реализацию целей диаграммы нижнего уровня; $S_H = \sum_i \sum_j \sum_l \alpha_{ijl}^H$; $c_i^H = \sum_j \sum_l \alpha_{ijl}^H$; $B_H = \sum_i \sum_l b_{il}^H$; $b_f^B = \sum_l b_{fl}^B$; $c_f^B = \sum_j \sum_l \alpha_{jfl}^B$; $w_i^H = c_i^H + b_i^H$

Используя горизонтально-вертикальное отображение структуры модели системы, выпишем:

$$W_H = W_{\Gamma}^H + W_B^H, \quad (2)$$

где $W_{\Gamma}^H = S_H + B_{\Gamma}^H$, $W_B^H = B_B^H$, $B_{\Gamma}^H = \sum_i (b_{i1}^H + b_{i3}^H)$, $B_B^H = \sum_i (b_{i2}^H + b_{i4}^H)$.

При распределения затрат по горизонтальному W_{Γ}^H и вертикальному W_B^H направлениям удобно использовать относительные затраты на «административно-управленческие процессы» (АУП) R^A и «технологические процессы» (ТП) Z^T :

$$R_H^A = \frac{W_B^H}{W_H}; \quad Z_H^T = \frac{W_{\Gamma}^H}{W_H}$$

В этом случае (2) принимает вид:

$$1 = R_H^A + Z_H^T. \quad (2a)$$

При этом: $R_H^A = \sum_i r_i^H$, $r_i^H = \frac{w_{Bi}^H}{W_H} = \frac{b_{i2}^H + b_{i4}^H}{W_H} = b_{i2n}^H + b_{i4n}^H$; $Z_H^T = \sum_i z_i^H$,

$$\dot{w}_i = \frac{w_i}{W} = r_i + z_i; \quad z_i^H = \frac{w_{\Gamma i}^H}{W_H} = \frac{c_{i1}^H + b_{i1n}^H + b_{i3n}^H}{W_H} = c_{in}^H + b_{i1n}^H + b_{i3n}^H.$$

Введем для принятия проектных решений базовые оценочные параметры:

$k_1^H = \frac{Z_H^T}{R_H^A}$ - характеризует соотношение затрат на технологию и управление в диаграмме

нижнего уровня;

$M = \frac{W_B}{W_H}$ - характеризует отношение затрат на верхнем уровне, к затратам на нижнем уровне;

$k_1^f = \frac{z_f^B}{r_f^B}$ - характеризует соотношение затрат на технологию и управление в блоке

верхнего уровня.

Тогда уравнение (1) выпишем в форме

$$1 = R_H + Z_H = M(r_f^B + z_f^B); \quad M = \frac{1}{r_f^B + z_f^B}; \quad R_H = M r_f^B \quad Z_H = M z_f^B. \quad (3)$$

Для установления связи относительных величин с параметрами структурных конфигураторов введем локальные показатели:

$$p_i^H = \frac{b_{i2}^H}{b_{i4}^H}; \quad p_f^B = \frac{b_{f2}^B}{b_{f4}^B}; \quad \frac{b_{i1}^H}{b_{i3}^H} = t_{i1}^H; \quad \frac{c_{i1}^H}{b_{i3}^H} = t_{i2}^H.$$

Тогда:

$$b_{i3n}^H = \frac{z_i^H}{t_{i1} + t_{i2} + 1}; \quad b_{i1n}^H = \frac{z_i^H t_{i1}^H}{t_{i1} + t_{i2} + 1}; \quad c_{in}^H = \frac{z_i^H t_{i2}^H}{t_{i1} + t_{i2} + 1}; \quad b_{i2n}^H = \frac{r_i^H p_i^H}{1 + p_i^H}; \quad b_{i4n}^H = \frac{r_i^H}{1 + p_i^H}. \quad (4)$$

Параметры представлены в приведенных значениях, например, $b_{i3n}^H = \frac{b_{i3}^H}{W_H}$. Полученные значения величин, помеченные индексом Н, справедливы для любой диаграммы модели, раскрывающей содержание соответствующей ей блока.

С помощью локальных показателей получаем возможность проводить анализ влияния изменения выделенных ресурсов на значения параметров модели системы:

$$\Delta b_{i2n}^H = \frac{p_i^H}{1 + p_i^H} \Delta r_i^H; \quad \Delta b_{i4n}^H = \frac{1}{1 + p_i^H} \Delta r_i^H; \quad \Delta b_{i1n}^H = \frac{t_{i1}^H}{t_{i1} + t_{i2} + 1} \Delta z_i^H; \quad \Delta b_{i3n}^H = \frac{1}{t_{i1} + t_{i2} + 1} \Delta z_i^H;$$

$$\Delta c_{in}^H = \frac{t_{i2}^H}{t_{i1} + t_{i2} + 1} \Delta z_i^H.$$

При моделировании величин r_i (z_i) учитывалось условие методологии моделирования, предполагающее, что на первом месте следует размещать доминирующий в технологии элемент. Исходя из этого, исследовалось три характера изменения величины r_i^H (z_i^H):

распределение гармонизированное $k_1 = 1,62$;

распределение согласно геометрической прогрессии;

распределение согласно арифметической прогрессии.

В качестве опорного принципа распределения воспользуемся принципом гармонизации структуры системы [5-7]. В соответствии с принципом «золотого сечения» при преобладании управленческих процессов в системе: $R_{p_s}^A \approx 0,62$, $Z_{p_s}^A \approx 0,38$, при технологических процессах: $Z_{p_s}^T = 0,62$, $R_{p_s}^T = 0,38$.

Характер распределения величины r_i^H в случае использования геометрической прогрессии определяется значением знаменателя q . Значение q получаем из решения уравнения $q^{n-1} + q^{n-2} + \dots + q + e = 0$, где $e = 1 - \frac{S^H}{a_1^H}$, n - число блоков в диаграмме.

При этом коэффициент $\varphi_\Gamma = \frac{a_1^H}{S}$ выражает степень доминантности первого блока диаграммы нижнего уровня.

Используя выражение для суммы геометрической прогрессии, и учитывая (2а), запишем:

$$S = 1 = \sum_i \dot{w}_i, \quad \dot{w}_i = a_1 q^{i-1}; \quad a_1 = \frac{1}{1-e}, \quad \dot{w}_i = \frac{1}{1-e} q^{i-1},$$

$$a_1 = a_{11} + a_{12} = \frac{R}{1-e} + \frac{Z}{1-e}; \quad k_1 = \frac{Z}{R} = \frac{a_{12}}{a_{11}}; \quad a_{12} = \frac{a_1}{1+k_1}; \quad a_{11} = \frac{k_1 a_1}{1+k_1}.$$

Следовательно:

$$r_i = \frac{k_1 a_1}{1+k_1} q^{i-1}; \quad z_i = \frac{a_1}{1+k_1} q^{i-1} \quad (5).$$

В случае применения арифметической прогрессии выпишем:

$$\dot{w}_i = \dot{w}_1 + d(i-1) = r_i + z_i; \quad \varphi_a = \frac{w_1}{S}; \quad \varphi_a = \dot{w}_1;$$

$$\dot{w}_i = r_1 + z_1 + (d_1 + d_2)(i-1); \quad k_{1a} = \frac{z_1}{r_1}; \quad d_1 = \frac{d}{1+k_{1a}}; \quad d_2 = \frac{k_{1a}d}{1+k_{1a}}$$

Используя формулу для суммы арифметической прогрессии, выпишем выражение для знаменателя d и величин r_i и z_i :

$$d = \frac{2}{n-1} \left(\frac{1}{n} - \varphi_a \right); \quad r_i = r_1 + d_1(i-1); \quad z_i = z_1 + d_2(i-1) \quad (5a)$$

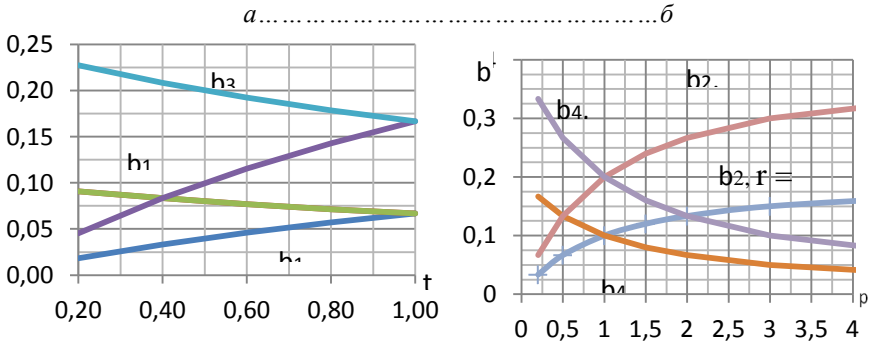
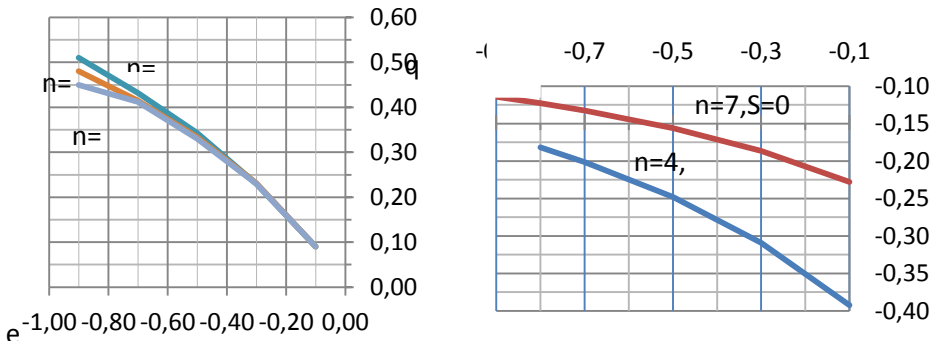
С учетом (3) выпишем соотношение между параметрами верхнего и нижнего уровней:

$$R_H = M \frac{k_1^B a_1^B}{1+k_1^B} q_B^{f-1}; \quad Z_H = M \frac{a_1^B}{1+k_1^B} q_B^{f-1} \quad (6)$$

$$R_H = M r_f^B = M(r_1^B + d_1^B(f-1)); \quad Z_H = M z_f^B = M(z_1^B + d_2^B(f-1)) \quad (6a)$$

Значение q определяется из графика на рис. 1а по значению e .

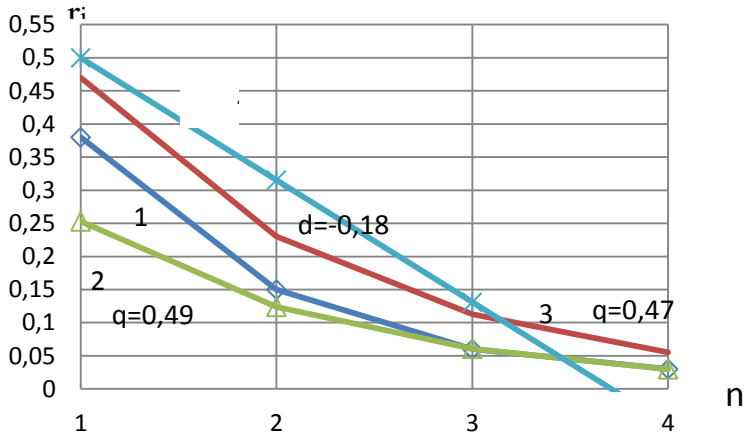
На рисунках 1а – 1г отражены зависимости параметров модели от локальных показателей (e, p, t_1).



a и b – зависимости знаменателей прогрессий от числа блоков (n) диаграммы и величины коэффициента e ; v и z – зависимости приведенных значений коэффициентов модели системы от локальных показателей

Рис. 1. Взаимосвязь между параметрами модели при различных моделях распределения относительно ресурса по её структуре:

Визуальное представление об эффективности распределений ресурсов при использовании рассматриваемых моделей отражается рисунком 2.



1- Гармонизированное распределение; 2 и 3 – модели с применением геометрических прогрессий; 4 – модель с арифметической прогрессией

Рис. 2. Взаимосвязь между моделями распределения ресурсов

Рекомендуется следующая процедура проектирования распределения ресурса по структуре модели:

а) строят структурные конфигураторы Σ_{KB} , $\Sigma_{ПВ}$ диаграмм процессов Σ_{PS} , операций Σ_{Op} и действий Σ_{Ac} .

б) для структурного конфигуратора $\Sigma_{ПВ}$, отражающего влияние внешней среды на функционирование системы, задают величину ресурса $W_{ПВ}$, значение коэффициента $k_1^{ПВ}$, выбирают модель изменения ресурса и обосновывают значения $M^{ПВ}$; $q_{ПВ}$; φ_e (φ_a). Для блока (f), отражающего деятельность, рассчитывают значения $r_f^{ПВ}$; $z_f^{ПВ}$ по формулам (5), (5а);

в) для блоков диаграммы процессного уровня обосновывают значения: q_{PS} ; φ_e (φ_a) и определяют значения R_{PS} ; Z_{PS} ; r_i^{PS} ; z_i^{PS} ; $W_{PS} = \frac{W_{ПВ}}{M^{ПВ}}$; $w_i^{PS} = w_i^{PS} W_{PS}$; $M^{PS} = \frac{W_{PS}}{W_{Op}}$;

г) для выбранной модели распределения ресурсов и значений r_i , t_{i1} , t_{i2} рассчитывают значения для процессного уровня:

$$b_{i3n}^{PS} = \frac{z_i^{PS}}{t_{i1} + t_{i2} + 1}; \quad b_{i1n}^{PS} = \frac{z_i^{PS} t_{i1}^{PS}}{t_{i1} + t_{i2} + 1}; \quad c_{i1n}^{PS} = \frac{z_i^{PS} t_{i2}^{PS}}{t_{i1} + t_{i2} + 1}; \quad b_{i2n}^{PS} = \frac{r_i^{PS} p_i^{PS}}{1 + p_i^{PS}}; \quad b_{i4n}^{PS} = \frac{r_i^{PS}}{1 + p_i^{PS}};$$

д) для определения параметров операционного уровня модели используются параметры процессного уровня, рассматриваемого в качестве верхнего уровня. Процедура их нахождения реализуется по пунктам б), в), г) с использованием соответствующей индексацией;

е) параметры уровня действий определяются по операционному уровню аналогично пункту «д».

Таким образом, приведенная в статье процедура проектирования ресурсного обеспечения может применяться как инструмент обеспечения эффективности системы.

Список литературы / References

1. Р 50.1.028-2001. Методология функционального моделирования.
2. *Сергеев Д.А.* Энтропийные параметры структурных параметров систем. Наука, техника и образование, 2016. № 3. С. 102-105.
3. *Сергеев Д.А.* Параметризация Структурно-функциональных моделей деятельности. Наука, техника и образование, 2018. № 8. С. 32-37.
4. *Сергеев Д.А.* Количественные показатели в моделях медицинского диагноза. Наука, техника и образование, 2019. № 6. С. 16-23.
5. *Сергеев Д.А.* Информационные параметры внешней среды проекта. Наука, техника и образование, 2020. № 8. С. 22-26.
6. *Stakhov A.P.* The Mathematics of Harmony. From Euclid to Contemporary Mathematics and Computer, Science”, World Scientific”, 2009.
7. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rusnauka.com/27_NNM_2011/Economics/14_93460.doc.htm / (дата обращения: 22.11.2021).
8. *Демидов Я.П.* Принципы и критерий гармонизации для объектов институциональной экономики. Международный экономический форум, 2011.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИИ НА ОБЪЕКТАХ НАЗЕМНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Барышников А.А.¹, Казаков Р.Р.², Шаповалов Д.В.³

Email: Baryshnikov1183@scientifictext.ru

¹*Барышников Андрей Андреевич – старший преподаватель;*

²*Казаков Рустем Рифатьевич – кандидат технических наук, преподаватель, кафедра организации эксплуатации и технического обеспечения вооружения, военной и специальной техники;*

³*Шаповалов Дмитрий Викторович – заместитель начальника академии по военно-политической работе,*

*Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского,
г. Санкт-Петербург*

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы проведения количественной оценки риска аварии на объектах наземной космической инфраструктуры на основе методик расчета показателей риска и ущерба аварии на опасных производственных объектах. Предложена методика оценки основных количественных показателей для оценки риска аварии на объектах наземной космической инфраструктуры.

Ключевые слова: объекты наземной космической инфраструктуры, эксплуатация, оценка риска аварии, показатели риска аварии.

QUANTITATIVE INDICATORS OF ACCIDENT RISK ASSESSMENT AT GROUND SPACE INFRASTRUCTURE FACILITIES

Baryshnikov A.A.¹, Kazakov R.R.², Shapovalov D.V.³

¹*Baryshnikov Andrey Andreevich - Senior Teacher;*

²*Kazakov Rustem Rifatievich - Candidate of Technical Sciences, Teacher,*

³*Shapovalov Dmitriy Victorovich – deputy Head of the academy for military-political work.*
*DEPARTMENT OF ORGANIZATION OF OPERATION AND TECHNICAL SUPPORT OF WEAPONS,
MILITARY AND SPECIAL EQUIPMENT,
MILITARY SPACE ACADEMY NAMED AFTER A.F. MOZHAISKY,
SAINT-PETERSBURG*

Abstract: the article discusses the issues of quantitative assessment of the risk of an accident at ground-based space infrastructure based on methods for calculating the risk and damage indicators of an accident at hazardous production facilities. A methodology for assessing the main quantitative indicators for assessing the risk of an accident at objects of ground-based space infrastructure is proposed.

Keywords: ground space infrastructure facilities, operation, accident risk assessment, accident risk indicators.

УДК 004.413.4

Одной из важнейших составляющих эксплуатационно-технических свойств любого ракетно-космического комплекса (РКК) является безопасность. При этом под безопасностью понимается свойство элементов РКК не причинять вреда здоровью человека и не создавать угрозу жизни в процессе функционирования. Основными объектами наземной космической инфраструктуры любого РКК являются стартовый комплекс и технический комплекс.

Технические и стартовые комплексы, в соответствии с критериями, изложенными в федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в большинстве своем представляют собой опасные производственные объекты, на которых:

1) используются, хранятся и транспортируются воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные и высокотоксичные вещества в таких количествах;

2) используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля;

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы.

Для оценки риска аварии на ОНКИ необходима методика, которая бы отвечала следующим требованиям:

методика должна представлять данные оценки рисков в количественном виде (при этом можно применять различные количественные шкалы: интервальные, ранговые, отношения и др.);

методика должна быть простой и наглядной, т.е. обеспечивать возможность ее применения теми руководителями, которые фактически управляют рисками;

методика должна удовлетворять требованию воспроизводимости полученных оценок с заданной точностью при оценке результативности проведенных мероприятий по снижению рисков.

В нашем случае, риск аварии на ОНКИ – это мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на ОНКИ и соответствующую ей тяжесть последствий.

Риск аварий, учитывает вероятностный характер превращения аварийной опасности на ОНКИ в непосредственную угрозу возникновения аварий с последующим возможным причинением вреда жизни, здоровью людей, вреда животным, растениям, окружающей среде, безопасности государства, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу. Количественной мерой вреда является ущерб от аварий (в натуральных или стоимостных единицах).

При анализе опасностей предлагается оценивать риск аварий определением качественных признаков угроз аварий и количественных параметров случайной величины ущерба от аварий. В качестве основных и дополнительных показателей риска необходимо использовать числовые характеристики случайной величины ущерба от аварий.

Перечень оцениваемых основных и дополнительных показателей риска определяется задачами анализа опасностей и оценки риска аварий на ОНКИ. Показатели риска рекомендуется представлять в виде значений, рассчитанных для отдельных составляющих ОНКИ, рабочих зон, единиц оборудования, а также значений для всего анализируемого объекта.

Для оценки риска аварий могут быть использованы следующие показатели риска:
индивидуальный риск $R_{инд}$,
потенциальный риск $R_{пот}$,

коллективный риск $R_{\text{колл}}$,
социальный риск $F(x)$,
частота реализации аварии с гибелью не менее одного человека $R1$.

Индивидуальный риск – ожидаемая частота (частота) поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых опасных и вредных производственных (поражающих) факторов аварии.

Потенциальный территориальный риск (или потенциальный риск) – частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке на площадке объекта наземной космической инфраструктуры и прилегающей территории.

Коллективный риск (или ожидаемые людские потери) – ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени.

Социальный риск (или риск поражения группы людей) – зависимость частоты возникновения сценариев аварий F , в которых пострадало на определенном уровне не менее x человек, от этого числа N . Характеризует социальную тяжесть последствий (катастрофичность) реализации совокупности сценариев аварии и представляется в виде соответствующей F/N -кривой.

Показатели индивидуального риска $R_{\text{инд}}$ и коллективного риска $R_{\text{колл}}$, представляются в виде значений вероятности гибели человека и ожидаемого количества погибших из числа выбранной группы лиц в течение одного года.

Распределение потенциального риска $R_{\text{пот}}$ может быть представлено на ситуационном плане в виде изолиний, кратных отрицательной степени числа 10, показывающих распределение значений риска гибели людей от поражающих факторов аварий по территории ОНКИ и прилегающей местности в течение 1 года.

Показатель социального риска $F(x)$ может быть представлен в виде графика ступенчатой функции, описывающей зависимость ожидаемой частоты аварий, в которых может погибнуть не менее x человек, от числа погибших X .

В соответствии с задачами анализа риска аварий на ОНКИ, помимо основных, могут применяться и дополнительные показатели риска, такие как:

- количества пострадавших;
- среднее количество пострадавших;
- количество погибших;
- среднее количество погибших.

Величину потенциального риска $R_{\text{пот}}(x, y)$, ГОД⁻¹, в определенной точке (x, y) на территории объекта определенной площади и в зонах, граничащих с этой территорией, представляется возможным определять по формуле:

$$R_{\text{пот}} = \sum_{i=1}^I Q_i \cdot \min \left(1, 1 - \prod_{j=1}^{\Phi(x,y)} \left(1 - v_{\text{уязв}}^{ij}(x, y) \cdot P_{\text{гиб}}^{ij}(x, y) \right) \right), \quad (1)$$

где: I – число сценариев развития аварий;

Q_i – частота реализации в течение года i -го сценария развития аварии, год⁻¹.

$v_{\text{уязв}}^{ij}(x, y)$ – коэффициент уязвимости человека, находящегося в точке территории с координатами (x, y) от j -го поражающего фактора, который может реализоваться в ходе i -го сценария аварии, и зависит от защитных свойств помещения, укрытия, в котором может находиться эксплуатирующий персонал в момент аварии, и изменяющийся от 0 (человек неуязвим) до 1 (человек не защищен из-за незначительных защитных свойств укрытия), или превышать 1 в случае гибели людей при обрушении зданий;

$\Phi_i(x,y)$ – количество поражающих факторов, которые могут действовать одновременно при реализации i -го сценария в точке с координатами (x,y) ;

$P_{гиб}^{ij}(x,y)$ – условная вероятность гибели незащищенного человека на открытом пространстве в точке территории с координатами (x,y) от j -го поражающего фактора при реализации i -го сценария аварии;

Индивидуальный риск оценивается частотой поражения определенного человека (группы людей) в результате аварий в течение года. Величина индивидуального риска $R_{инд}^i$, год⁻¹ для i -го индивида может быть определена по формуле:

$$R_{инд}^i = \sum_{k=1}^G q_{ki} \cdot R_{пот}(x,y), \quad (2)$$

где: q_{ki} – вероятность присутствия i -го индивида в k -ой области территории с учетом продолжительности действия поражающего фактора;

G – число областей, на которые условно можно разбить территорию, при условии, что величину потенциального риска на всей площади каждой из таких областей можно принять одинаковой.

Вероятность q_{ji} определяется исходя из доли времени нахождения рассматриваемого человека в определенной области территории.

Для эксплуатирующего персонала долю времени, при которой член расчета подвергается опасности, можно оценить величиной 0,22 – для ОНКИ с постоянным пребыванием персонала (41 час в неделю) и 0,08 – для ОНКИ без постоянного пребывания персонала (менее 2 часов в смену).

Индивидуальный риск для людей, находящихся в зданиях, рекомендуется определять с учетом потенциального риска разрушения здания при взрыве согласно Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности таким образом, что коэффициент уязвимости при реализации сценариев с взрывом равен 0, если здание не попадает в зону разрушений при взрыве, и равен 1, если попадает. При этом условная вероятность гибели людей в здании принимается в зависимости от степени разрушения зданий. Коэффициент уязвимости при реализации поражающих факторов, связанных с термическим и токсическим поражением, может быть определен исходя из способности укрытия. При отсутствии сведений о защитных свойствах укрытия следует принимать коэффициент уязвимости равным единице.

В случае использования людьми, находящимися в зоне действия поражающих факторов S_j^i средств индивидуальной защиты при наличии сведений об их защитных свойствах в точках территории S_j^i коэффициент уязвимости допускается принимать равным минимальной из величин коэффициента уязвимости, определяемого для средств индивидуальной защиты, и коэффициента уязвимости, определяемого для укрытия.

В целях сравнения оценок риска с критериями допустимого индивидуального риска необходимо рассчитывать максимальное значение индивидуального риска для определенной группы лиц (рисующих).

Величина коллективного риска может быть определена по формуле:

$$R_{\text{КОЛЛ}} = \sum_{j=1}^j N_{\Gamma}^j \cdot Q_j, \quad (3)$$

где Q_j – частота j -го сценария, при котором ожидаемое количество погибших лиц равно N_{Γ}^j .

Социальный риск может представляться в виде графика ступенчатой функции $F(x)$, задаваемой уравнением:

$$F(x) = \sum_{i=1}^{I(x)} Q_i^x, \quad (4)$$

где Q_i^x – ожидаемые частоты реализаций аварийных ситуаций C_i , при которых гибнет не менее x человек;

При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, систем обнаружения утечек, автоматизированных систем управления технологическим процессом, систем противоаварийной защиты, необходимо анализировать технический риск, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности. Методы расчета надежности технических систем рекомендуется сочетать с методами моделирования аварий и количественной оценки риска аварий.

В качестве приоритетного специального метода анализа риска аварий при идентификации опасностей технологических процессов может быть использован метод «Анализ опасности и работоспособности».

Известно, что количественная мера риска может выражаться не только вероятностной величиной, но и как математическое ожидание ущерба, возникающего при реализации опасностей.

Ожидаемый ущерб – математическое ожидание величины ущерба от возможной аварии за определенный период времени.

При определении математического ожидания величины ущерба представляется целесообразным принимать во внимание все возможные виды опасных происшествий для данного объекта и оценку риска производить по сумме произведений вероятностей указанных событий на соответствующие ущербы. В этом случае справедлива следующая зависимость:

$$R_{\text{МО}} = \sum_{i=1}^n P_i \times Y_i, \quad (5)$$

где $R_{\text{МО}}$ – уровень риска, выраженный через математическое ожидание ущерба;

P_i – вероятность возникновения опасного события i -го класса;

Y_i – величина ущерба при i -ом событии.

Ущерб от аварии – потери (убытки) в производственной и непроизводственной сферах жизнедеятельности человека, а также при негативном изменении окружающей среды, причиненные в результате аварии на ОНКИ и исчисляемые в натуральной (денежной) форме.

В общем виде структурная модель полного ущерба от аварии на ОНКИ может быть представлена формулой:

$$Y_a = Y_{п.п} + Y_{л.а} + Y_{с.э} + Y_{н.в} + Y_{экол} + Y_{в.т.р}, \quad (6)$$

где Y_a – полный ущерб от аварии, руб.;

$Y_{п.п}$ – прямые потери эксплуатирующей организации, руб.;

$Y_{л.а}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$Y_{с.э}$ – социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей), руб.;

$Y_{н.в}$ – косвенный ущерб, руб.;

$Y_{экол}$ – экологический ущерб (урон, нанесенный объектам окружающей природной среды), руб.;

$Y_{в.т.р}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности.

Снижение и полное исключение риска, при эксплуатации ОНКИ является важнейшей задачей в обеспечении безопасности эксплуатирующего персонала ракетно-космической отрасли.

Список литературы / References

1. Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 апреля 2016 г. № 144 «Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».
3. РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах.
4. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство».
5. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах: учебное пособие / А.Д. Галеев, С.И. Поникаров; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. 152 с

ВОЗМОЖНА ЛИ МИГРАЦИЯ К ПАРАДИГМЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ?

Атрощенко Н.А.

Email: Atroshchenko1183@scientifictext.ru

*Атрощенко Натэлла Александровна – старший преподаватель,
кафедра экономической информатики, инженерно-экономический факультет,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация: в статье анализируются вопросы целесообразности перехода от императивного подхода к вычислениям, характерным для объектно-ориентированного программирования, к парадигме функционального программирования и декларативному принципу вычислений.

Ключевые слова: функциональное программирование, императивное программирование, декларативный подход, объектно-ориентированное программирование.


```

1  package main
2
3  import (
4      "database/sql"
5      "fmt"
6      "log"
7      "net/http"
8
9      _ "github.com/lib/pq"
10 )
11
12 var db *sql.DB
13
14 func slowQuery() error {
15     _, err := db.Exec(query: "SELECT pg_sleep(10)")
16     return err
17 }
18
19 func main() {
20     var err error
21     db, err = sql.Open(driverName: "postgres", dataSourceName: "postgres://user:pa$$word@localhost/example_db")
22     if err != nil {
23         log.Fatal(err)
24     }
25     if err = db.Ping(); err != nil {
26         log.Fatal(err)
27     }
28     mux := http.NewServeMux()
29     mux.HandleFunc(pattern: "/", exampleHandler)
30     log.Println(v...: "Listening...")
31     err = http.ListenAndServe(addr: ":5000", mux)
32     if err != nil {
33         log.Fatal(err)
34     }
35 }
36
37 func exampleHandler(w http.ResponseWriter, r *http.Request) {
38     err := slowQuery()
39     if err != nil {
40         serverError(w, err)
41         return
42     }
43     fmt.Fprintln(w, a...: "OK")
44 }
45
46 func serverError(w http.ResponseWriter, err error) {
47     log.Printf(format: "ERROR: %s", err.Error())
48     http.Error(w, error: "Sorry, something went wrong", http.StatusInternalServerError)
49 }

```

Рис. 1. Листинг веб-приложения с обработчиком

При запуске этого кода, а затем выполнении GET запроса к приложению запрос зависает на 10 секунд, прежде чем отправить ответ «OK»:

```

$ curl -i localhost:5000/
HTTP/1.1 200 OK
Date: Fri, 17 Apr 2020 07:46:40 GMT
Content-Length: 3
Content-Type: text/plain; charset=utf-8

```

OK

Добавление тайм-аута контекста

На рисунке 1 представлен код, имитирующий длительный запрос. Далее необходимо установить тайм-аут для запроса, чтобы он автоматически отменялся, если он не завершается в течение 5 секунд.

Для этого необходимо:

Использовать функцию `context.WithTimeout()`, чтобы создать экземпляр `context.Context` с 5-секундной длительностью тайм-аута.

Выполнить SQL-запрос, используя метод `ExecContext()`, передав экземпляр `context.Context` в качестве параметра.

Листинг установки тайм-аута представлен на рисунке 2.

```
1 package main
2
3 import (
4     "context" // Новый импорт
5     "database/sql"
6     "fmt"
7     "net/http"
8     "time" // Новый импорт
9     _ "github.com/lib/pq"
10 )
11
12 var db *sql.DB
13
14 func slowQuery(ctx context.Context) error {
15     // Создаётся новый дочерний контекст с 5-секундным таймаутом,
16     // используя предоставленный параметр ctx в качестве родительского.
17     ctx, cancel := context.WithTimeout(ctx, 5*time.Second)
18     defer cancel()
19
20     // Передаётся дочерний контекст (с таймаутом) в качестве первого
21     // параметра в ExecContext().
22     _, err := db.ExecContext(ctx, query: "SELECT pg_sleep(10)")
23     return err
24 }
25
26 func exampleHandler(w http.ResponseWriter, r *http.Request) {
27     // Передаем контекст запроса в slowQuery(),
28     // чтобы его можно было использовать в качестве родительского контекста.
29     err := slowQuery(r.Context())
30     if err != nil {
31         serverError(w, err)
32         return
33     }
34     fmt.Fprintln(w, a... "OK")
35 }
```

Рис. 2. Листинг установки тайм-аута

Есть несколько моментов по этому поводу, которые надо учитывать:

Стоит обратить внимание, что передаётся `r.Context()` (контекст запроса) в `slowQuery()` для использования в качестве родительского контекста. Это важно, потому что это означает, что любой сигнал отмены в контексте запроса сможет «всплыть» в контекст, который используется в `ExecContext()`.

Строка `defer cancel()` важна, потому что она гарантирует, что ресурсы, связанные с дочерним контекстом (с тайм-аутом), будут освобождены до возврата из функции

slowQuery(). Если не вызывать cancel(), это может вызвать утечку памяти: ресурсы не будут освобождены до тех пор, пока либо родительский г.Context () не будет отменен, либо не истечет 5-секундный тайм-аут (в зависимости от того, что произойдет раньше).

Отсчет времени ожидания начинается с момента создания дочернего контекста с помощью context.WithTimeout(). Если нужен больший контроль над этим, можно использовать альтернативную функцию context.WithDeadline(), которая позволяет установить явное значение time.Time, когда контекст должен вместо этого тайм-аут.

Если снова запустить приложение и сделаете GET запрос, после 5-секундной задержки должен прийти такой ответ:

```
$ curl -i localhost:5000/  
HTTP/1.1 500 Internal Server Error  
Content-Type: text/plain; charset=utf-8  
X-Content-Type-Options: nosniff  
Date: Fri, 17 Apr 2020 08:21:14 GMT  
Content-Length: 28
```

Sorry, something went wrong

В терминале, в котором запущено приложение, будет выведено сообщение журнала, подобное этому:

```
$ go run .  
2020/04/17 10:21:07 Listening...  
2020/04/17 10:21:14 ERROR: pq: canceling statement due to user request
```

Это сообщение сообщение об ошибке исходит от PostgreSQL. В этом свете это имеет смысл: веб-приложение является пользователем, и клиент отменяет запрос через 5 секунд.

Через 5 секунд истекает время ожидания контекста, и драйвер pq отправляет сигнал отмены в PostgreSQL. После этого PostgreSQL завершает выполнение текущего запроса (тем самым освобождая ресурсы). Клиенту отправляется ответ 500 Internal Server Error, и сообщение об ошибке регистрируется.

Точнее, у дочернего контекста (с таймаутом 5 секунд) есть канал Done, и по истечении этого времени он закрывает канал Done. Пока выполняется запрос SQL, драйвер базы данных pq также запускает фоновую горутину, которая прослушивает этот канал Done. Если канал закрыт, он отправляет сигнал отмены в PostgreSQL. PostgreSQL завершает запрос, а затем отправляет сообщение об ошибке, которое показано выше, как ответ на исходную горутину pq. Это сообщение об ошибке затем возвращается в функцию slowQuery().

Работа с закрытыми соединениями

Следующий пример показывает симуляцию закрытия соединения. Используя curl, выполняется GET запрос, а затем очень быстро (в течение 5 секунд) необходимо отменить запрос нажатием Ctrl + C. В этом случае в журнале приложения добавляется другая строка журнала с точно таким же сообщением об ошибке, которое было ранее ранее.

```
$ go run .  
2020/04/17 10:21:07 Listening...  
2020/04/17 10:21:14 ERROR: pq: canceling statement due to user request  
2020/04/17 10:41:18 ERROR: pq: canceling statement due to user request
```

В этом случае контекст запроса, который мы используется как родительский в коде выше, отменяется, потому что клиент закрыл соединение. В документации Golang пакета net / http сказано: “Для входящих запросов к серверу контекст [request] отменяется, когда соединение клиента закрывается, запрос отменяется (с HTTP / 2) или когда возвращается метод ServeHTTP”.

Этот сигнал отмены переходит в дочерний контекст, его канал Done закрыт, и драйвер pq завершает выполнение запроса точно так же, как и раньше.

Имея это в виду, получаем то же сообщение об ошибке. С точки зрения PostgreSQL происходит точно то же самое, что и при достижении тайм-аута.

Но с точки зрения веб-приложения сценарий совсем другой. Закрытие клиентского соединения может произойти по разным безобидным причинам. На самом деле это не ошибка с точки зрения приложения, хотя, вероятно, имеет смысл регистрировать ее как предупреждение.

Эти два сценария можно разделить, вызвав метод `ctx.Err()` в дочернем контексте. Если контекст был отменен (из-за того, что клиент закрыл соединение), то `ctx.Err()` вернет `context.Canceled`. Если время ожидания истекло, он вернет `context.DeadlineExceeded`. Если и крайний срок достигнут, и контекст отменен, то `ctx.Err()` появится в зависимости от того, что произошло раньше.

Здесь следует отметить еще одну важную вещь: возможно, что тайм-аут или отмена произойдет до того, как запрос PostgreSQL даже начнется. Например, при установке `MaxOpenConns()` в пуле соединений `sql.DB`, и если этот предел открытого соединения достигнут и все соединения используются, то запрос будет помещен в очередь `sql.DB` до тех пор, пока соединение не станет доступным. В этом сценарии - или в любом другом, вызывающем задержку - вполне возможно, что тайм-аут или отмена произойдет еще до того, как открытое соединение с базой данных станет доступным. В этом случае `ExecContext()` будет напрямую возвращать значение `ctx.Err()` в качестве ответа об ошибке (вместо ошибки «pq: cancelling statement due to user request», которая рассмотрена выше).

При использовании метода `QueryContext()` также возможно, что тайм-аут или отмена произойдет при обработке данных с помощью `Scan()`. Если это произойдет, `Scan()` напрямую вернет значение `ctx.Err()` как ошибку. Это поведение не упоминается в документации по базе данных `sql`, но это так с Go 1.14.

Собирая все это вместе, разумный подход состоит в том, чтобы проверить наличие ошибки «pq: cancelling statement due to user request», а затем обернуть это ошибкой из `ctx.Err()` перед возвратом из нашей функции `slowQuery()`. Затем в обработчике можно использовать функцию `errors.Is()`, чтобы проверить, совпадает ли ошибка из `slowQuery()` с `context.Canceled`, и управлять ею соответствующим образом. Листинг программы представлен на рисунке 3.

```

1  package main
2
3  import (
4      "context"
5      "database/sql"
6      "errors" // New import
7      "fmt"
8      "log"
9      "net/http"
10     "time"
11     _ "github.com/lib/pq"
12 )
13
14 var db *sql.DB
15
16 func slowQuery(ctx context.Context) error {
17     ctx, cancel := context.WithTimeout(ctx, 5*time.Second)
18     defer cancel()
19
20     _, err := db.ExecContext(ctx, "SELECT pg_sleep(10)")
21     if err != nil && err.Error() == "pq: canceling statement due to user request" {
22         return fmt.Errorf("%w: %v", ctx.Err(), err)
23     }
24     return err
25 }
26
27 func exampleHandler(w http.ResponseWriter, r *http.Request) {
28     err := slowQuery(r.Context())
29     if err != nil {
30         switch {
31         case errors.Is(err, context.Canceled):
32             serverWarning(err)
33         default:
34             serverError(w, err)
35         }
36         return
37     }
38
39     fmt.Fprintln(w, "OK")
40 }
41
42 func serverWarning(err error) {
43     log.Printf("WARNING: %s", err.Error())
44 }
45

```

Рис. 3. Листинг обработки закрытия соединения

Если снова запустить это приложение и сделать два разных GET запроса - один, который отменяется по тайм-ауту, а другой отменяется пользователем, должны вернуться четко разные сообщения в журнале приложения, например:

```
$ go run .
```

2020/04/17 13:09:25 Listening...

2020/04/17 13:09:45 ERROR: context deadline exceeded: pq: canceling statement due to user request

2020/04/17 13:09:47 WARNING: context canceled: pq: canceling statement due to user request

Другие контекстно-зависимые методы

Пакет `database/sql` предоставляет варианты с учетом контекста для большинства действий в `sql.DB`, включая `PingContext()`, `QueryContext()` и `QueryRowContext()`. Необходимо обновить функцию `main()` в приведенном на рисунке 3 коде, чтобы использовать `PingContext()` вместо `Ping()`.

В этом случае нет контекста запроса для использования в качестве родительского, поэтому нужно вместо этого создать пустой родительский контекст с помощью `context.Background()`.

```
1 func main() {
2     var err error
3
4     db, err = sql.Open("postgres", "postgres://user:pa$$word@localhost/example_db")
5     if err != nil {
6         log.Fatal(err)
7     }
8
9     ctx, cancel := context.WithTimeout(context.Background(), 10*time.Second)
10    defer cancel()
11
12    if err = db.PingContext(ctx); err != nil {
13        log.Fatal(err)
14    }
15
16    mux := http.NewServeMux()
17    mux.HandleFunc("/", exampleHandler)
18
19    log.Println("Listening...")
20    err = http.ListenAndServe(":5000", mux)
21    if err != nil {
22        log.Fatal(err)
23    }
24 }
```

Рис. 4. Листинг использования метода `PingContext()`

Чтобы установить глобальный тайм-аут для всех запросов, необходимо создать и использовать промежуточное ПО на маршрутах, которое добавляет тайм-аут к текущему контексту запроса.

```

26     func setTimeout(next http.Handler) http.Handler {
27         return http.HandlerFunc(func(w http.ResponseWriter, r *http.Request) {
28             ctx, cancel := context.WithTimeout(r.Context(), 5*time.Second)
29             defer cancel()
30
31             r = r.WithContext(ctx)
32             next.ServeHTTP(w, r)
33         })
34     }

```

Рис. 5. Листинг добавления тайм-аут к текущему контексту запроса

При использовании данного подхода следует помнить о нескольких вещах:

Тайм-аут начинается с момента создания контекста, поэтому любой код, запущенный в обработчиках до запроса к базе данных, засчитывается в тайм-аут.

Если в обработчике выполняется несколько запросов, все они должны быть выполнены за один раз.

Тайм-аут будет продолжать применяться, даже если получен дочерний контекст с другой продолжительностью тайм-аута. Таким образом, хотя можно применить более ранний тайм-аут в дочернем контексте, невозможно его увеличить.

Метод `http.TimeoutHandler`

GoLang предоставляет функцию промежуточного программного обеспечения `http.TimeoutHandler()`, которую можно использовать для обертывания обработчиков или `router/servemux`. Это работает аналогично вышеприведенному промежуточному программному обеспечению в том смысле, что оно устанавливает тайм-аут для контекста запроса, поэтому приведенные выше предупреждения также применимы при его использовании.

Однако `http.TimeoutHandler()` также отправляет клиенту ответ 503 Service Unavailable и сообщение об ошибке HTML. При использовании этого в своем приложении, не следует отправлять клиенту ответ об ошибке самостоятельно при обнаружении ошибки `context.DeadlineExceeded`.

Пакет `database/sql` предоставляет метод `BeginTx()`, который можно использовать для инициирования транзакции с учетом контекста. Важно понимать, что контекст, который предоставляется для `BeginTx()`, применяется ко всей транзакции. В случае тайм-аута или отмены в контексте запросы в транзакции автоматически откатываются.

Совершенно нормально передать один и тот же контекст в качестве параметра для всех запросов в транзакции, и в этом случае он гарантирует, что все они (в целом) будут выполнены до любого тайм-аута или отмены. В качестве альтернативы, если нужны тайм-ауты для каждого запроса, надо создать разные дочерние контексты с разными тайм-аутами для каждого в запросах в транзакции. Но необходимо получить эти дочерние контексты из контекста, который был передан в `BeginTX()`. В противном случае существует риск того, что произойдет тайм-аут или отмена контекста `BeginTX()` и произойдет автоматический откат, но код все равно может попытаться выполнить запрос с все еще живым контекстом. Если это произойдет, выводится сообщение об ошибке «`sql: transaction has already been committed or rolled back`».

Фоновая обработка

При выполнении фоновой обработки в другой горутине надо иметь в виду, что если родительский контекст отменяется, сигнал отмены «переходит» к его дочерним элементам. Также, как рассматривалось выше, для входящих запросов к серверу контекст отменяется, когда возвращается метод `ServeHTTP`.

