

Научная статья

УДК 621.3

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

✉ **Лабинский Александр Юрьевич.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ *labynsci@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрены направления использования компьютерной симуляции эволюционных процессов, часто называемых генетическими алгоритмами, для снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций.

Приведены описания генетических алгоритмов оптимизации функций путем комбинаторного перебора вариантов методами эволюции живых организмов, что позволяет существенно сократить время поиска оптимального решения.

Рассмотрены особенности настройки нейронных сетей с помощью генетического алгоритма при решении задач, в которых использование градиентных методов для корректировки весовых коэффициентов нейронной сети, таких как метод обратного распространения ошибки, невозможно либо эффективность которых сравнительно невелика.

Приведен пример использования генетического алгоритма составления расписаний занятий путем минимизации штрафных показателей целевой функции.

Рассмотрены особенности компоновки оборудования с помощью генетического алгоритма при решении задачи оптимального расположения множества предметов прямоугольной формы на ограниченной площади.

Рассмотрен генетический алгоритм фрактального сжатия графической информации с целью повышения эффективности и обеспечения защиты передачи графической информации по каналам связи.

Ключевые слова: генетический алгоритм, аппроксимация, оптимизация, настройка, составление расписаний, компоновка, сжатие информации

Для цитирования: Лабинский А.Ю. Перспективные направления использования генетических алгоритмов // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 2 (46). С. 81–88.

Scientific article

THE PERSPECTIVE TREND OF USE THE GENETIC ALGORITHM

✉ **Labinskiy Alexander Yu.**

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ *labynsci@yandex.ru*

Abstract. The article considers perspective directions of using computer simulation of evolutionary processes, often called genetic algorithms.

The descriptions of genetic algorithms of optimization of functions by combinatorial selection of variants by methods of evolution of living organisms are resulted, which allows to significantly reduce the time of search of optimal solution.

Features of tuning neural networks with the help of genetic algorithm when solving problems in which the use of gradient methods for correction of weights of neural network, such as method of inverse propagation of error, are considered It is not possible or relatively ineffective.

An example of the use of a genetic algorithm for scheduling activities by minimizing the penalty indicators of the target function is given.

Peculiarities of arrangement of equipment with the help of genetic algorithm when solving the problem of optimal location of set of rectangular objects on limited area are considered.

The genetic algorithm of fractal compression of graphical information with the purpose of increase of efficiency and provision of protection of graphic information transmission through communication channels is considered.

Keywords: genetic algorithm, approximation, optimization, adjustment, scheduling, arrangement, compression of information

For citation: Labinskiy A.Yu. The perspective trend of use the genetic algorithm // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2023. № 2 (46). P. 81–88.

Введение

Генетические алгоритмы могут быть использованы для аппроксимации и оптимизации функций, включая многопараметрическую, условную и многокритериальную оптимизацию, настройки искусственных нейронных сетей и сжатия информации [1–5].

Системный анализ причин возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) предполагает использование методов оптимизации как составной части системного анализа.

В целях снижения техногенных рисков большое значение имеет создание моделей системы прогнозирования возникновения ЧС, которые могут быть созданы с помощью искусственных нейронных сетей.

Современный подход к решению вопросов защиты информации заключается в создании защищенных систем связи, в основе которых лежат методы сжатия информации.

Генетические алгоритмы (ГА) в качестве методов комбинаторного перебора вариантов решения задач оптимизации используют методы эволюции живых организмов, что позволяет производить эффективный поиск решений на множестве альтернатив [1, 2]. Одним из преимуществ ГА является то, что он не предъявляет особых требований к виду ограничений и целевых функций.

Рассмотрим последовательность работы простого ГА, состоящую из двух этапов. На первом этапе работы простого ГА случайным образом задается начальная популяция в виде набора исходных данных. На втором этапе простого ГА запускается итерационный процесс, продолжающийся до тех пор, пока не будет выполнен некоторый критерий останова или получено заданное число поколений данных.

Для каждого поколения исходных данных в ГА реализуется вероятностная мутация, рекомбинация и пропорциональный отбор приспособленности.

Путем назначения каждому элементу данных вероятности P_i реализуется пропорциональный отбор приспособленности. Вероятность P_i равна отношению приспособленности особи к суммарной приспособленности популяции. Далее, согласно убыванию величины вероятности P_i происходит отбор с замещением всех элементов данных.

Блок-схема ГА представлена на рис. 1:

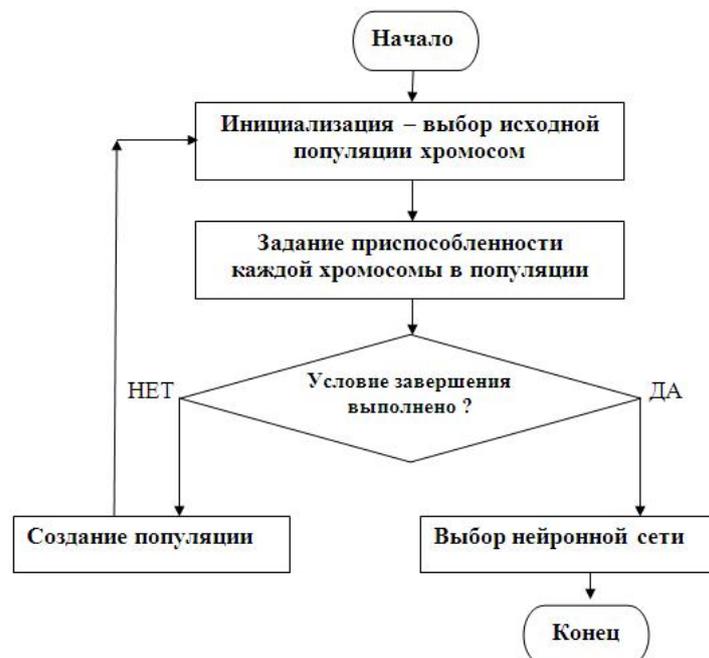


Рис. 1. Блок-схема генетического алгоритма

На следующих этапах расчета после отбора выбранных N элементов данные подвергаются рекомбинации с заданной вероятностью P_3 . Затем следует этап мутации, который выполняется после стадии рекомбинации.

Сформулируем постановку задачи, результаты решения которой представлены в данной статье. Нужно произвести обзор направлений использования ГА в целях снижения рисков возникновения ЧС, которые могут привести к большим материальным потерям и гибели людей.

Новизна исследования, отражающая личный вклад автора, заключается в разработке компьютерных моделей, использующих ГА, который реализован в виде программ для ЭВМ, предназначенных для фрактального сжатия изображений, многопараметрической и многокритериальной оптимизации функций, а также аппроксимации функций.

Классификация ГА

Схема классификации ГА по различным признакам дана на рис. 2:



Рис. 2. Схема классификации ГА

Классификация генетических алгоритмов может быть выполнена по различным признакам:

1. Структура ГА: простые (ГА) и параллельные (ПГА).
2. Количество популяций:
 - глобальные однопопуляционные ПГА;
 - однопопуляционные ПГА;
 - многопопуляционные ПГА.
3. Кодирование информации в ГА:
 - целочисленное кодирование;
 - вещественное кодирование;
 - логарифмическое кодирование.
4. Область применения ГА:
 - аппроксимация и оптимизация функций;
 - многопараметрическая оптимизация функций;
 - многокритериальная оптимизация функций;
 - настройка параметров нейронных сетей и ПИД-регуляторов;
 - задачи сжатия информации, в том числе изображений;

- составление расписаний;
- задачи на графах (коммивояжера, раскраски и др.);
- задачи компоновки.

Рассмотрим перспективные направления использования ГА.

Аппроксимация и оптимизация функций

Интерфейс программы для ЭВМ [6] аппроксимации функции одной переменной представлен на рис. 3:

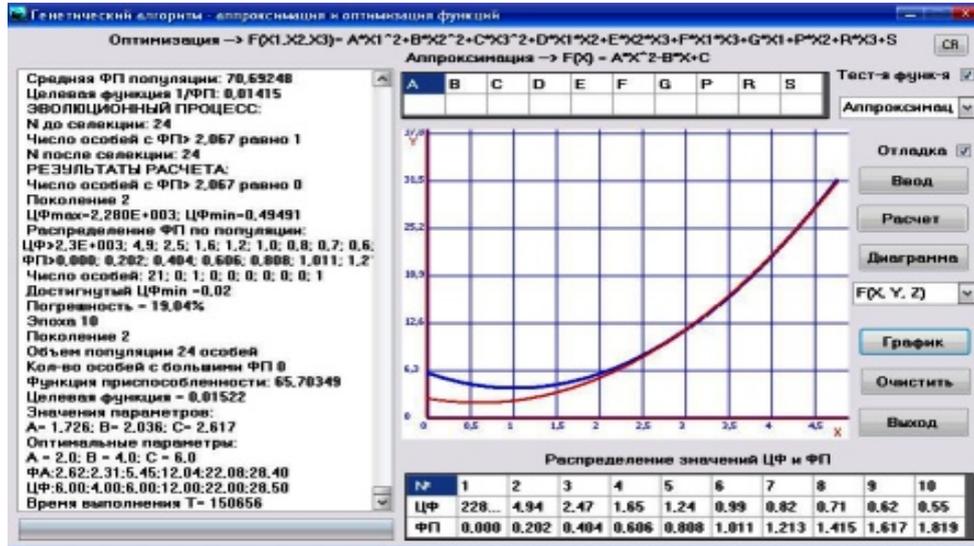


Рис. 3. Интерфейс программы аппроксимации функции одной переменной

Компьютерные модели ГА в виде программ для ЭВМ способны обеспечивать аппроксимацию и безусловную оптимизацию однопараметрических [6] и многопараметрических функций [7], а также условную и многокритериальную [8] оптимизацию.

Задача многопараметрической (многомерной) оптимизации формулируется следующим образом [7]: требуется найти точку локального минимума $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ целевой функции $f(X) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на множестве допустимых значений аргумента.

Обычно для поиска лучшего решения используется направленный, случайный и комбинированный переборы всевозможных значений параметров задачи. Однако такой подход затруднял получение качественных результатов за приемлемое время. Использование ГА позволило существенно сократить время поиска.

«Многокритериальная оптимизация отличается от задачи обычной оптимизации наличием нескольких критериев (целевых функций) и может быть формализована следующим образом: найти значения $\max/\min\{F_1(X) = K_1\}, \max/\min\{F_2(X) = K_2\}, \dots, \max/\min\{F_m(X) = K_m\}$ при $X \in H$, где H – множество допустимых решений; $K = [K_1, K_2, \dots, K_m]$ – вектор критериев (целевых функций); m – число критериев. Для решения нелинейных оптимизационных задач с ограничениями разработаны классические методы, например, метод штрафных функций» [8].

Настройка нейронной сети

ГА можно использовать для настройки ПИД-регуляторов в составе систем автоматического управления [9] и искусственных нейронных сетей [10].

Использование ГА для настройки нейронной сети целесообразно применять для решения задач, в которых невозможно использовать метод обратного распространения ошибки для корректировки параметров нейронной сети.

Блок-схема ГА настройки нейронной сети представлена на рис. 4:



Рис. 4. Блок-схема генетического алгоритма настройки нейронной сети

Составление расписаний

Информационные технологии позволяют автоматизировать такой трудоемкий процесс организации учебной работы, как составление расписаний занятий. На основании сформулированных требований к расписанию занятий строится целевая функция (ЦФ) путем минимизации штрафных показателей. Каждое нарушение ограничений и требований к расписанию увеличивает значение целевой функции с учетом коэффициента значимости ограничения или требования. Блок-схема ГА, реализующего процесс составления расписания занятий [11], представлена на рис. 5:

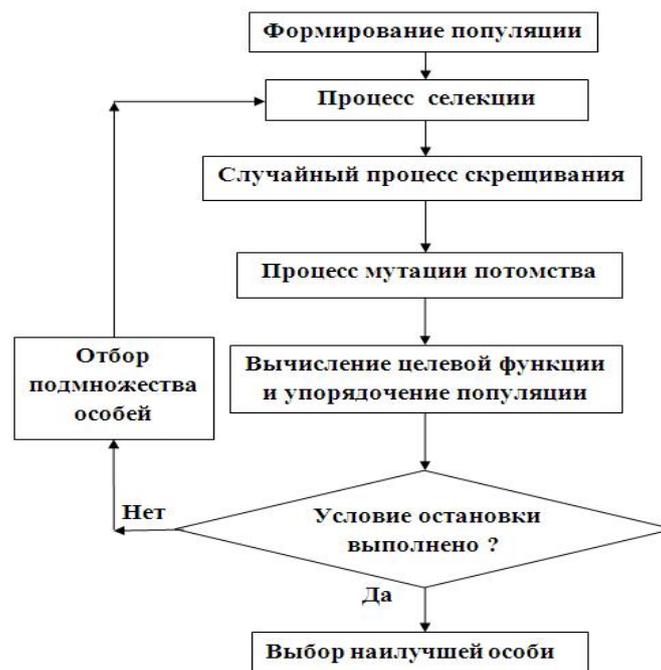


Рис. 5. Блок-схема ГА, реализующего процесс составления расписания

Задачи компоновки оборудования

Рассмотрим задачу об оптимальном расположении оборудования: необходимо на ограниченной площади расположить множество предметов прямоугольной формы таким образом, чтобы значение некоторой целевой функции достигало минимума. Для решения такой задачи целесообразно использование ГА. В качестве целевой функции можно рассмотреть площадь занимаемого производственного помещения, стоимость монтажа и обслуживания и другие показатели.

Формализация задачи компоновки предполагает, что каждая особь популяции имеет хромосому $MP_i = (P_0, \dots, P_n)$, где P_i – параметры, содержащие информацию о варианте расположения оборудования. Блок-схема ГА, реализующего процесс компоновки оборудования, представлена на рис. 6:

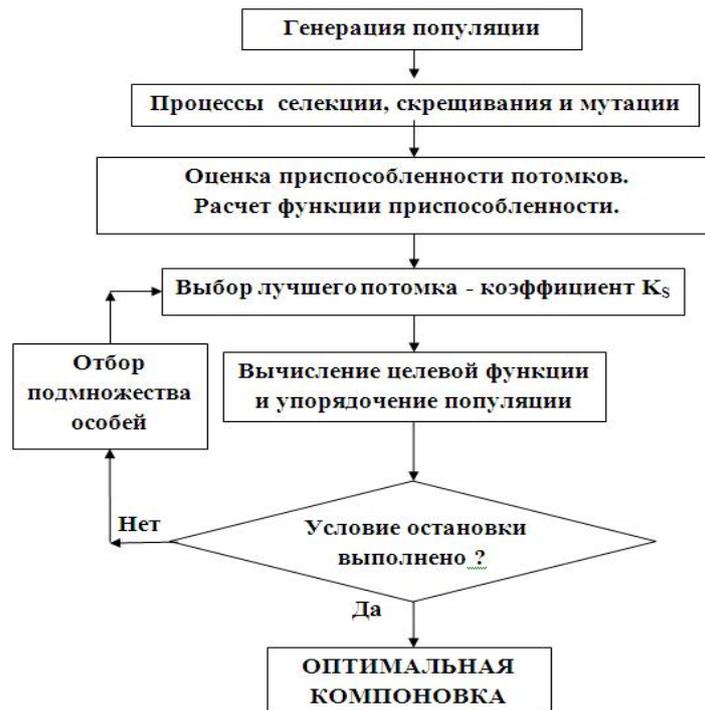


Рис. 6. Блок-схема алгоритма компоновки оборудования

Сжатие графической информации

«Для повышения эффективности и обеспечения защиты передачи графической информации по каналам связи используется сжатие передаваемой информации. Фрактальное сжатие информации позволяет передавать по каналам связи не исходное изображение (килобайты информации), а аффинные коэффициенты (байты), по которым в пункте приема информации производится восстановление изображения» [12].

«Алгоритм фрактального сжатия изображений, связанный с поиском самоподобных фрагментов исходного изображения, заключается в следующем. Исходное изображение делится с помощью равномерной сетки на регионы, уменьшается в четыре раза по площади и делится на домены, площадь которых равна площади регионов, причем соседние домены могут перекрывать друг друга. Далее, процесс фрактального сжатия изображения осуществляется путем поиска самоподобных областей с запоминанием коэффициентов соответствующего аффинного преобразования» [13]. В процессе поиска самоподобных фрагментов изображения производится минимизация целевой функции, зависящей от координат верхнего левого угла доменов. Минимизация целевой функции производится с помощью ГА.

Интерфейс программы для ЭВМ [12] поиска аффинных коэффициентов представлен на рис. 7:

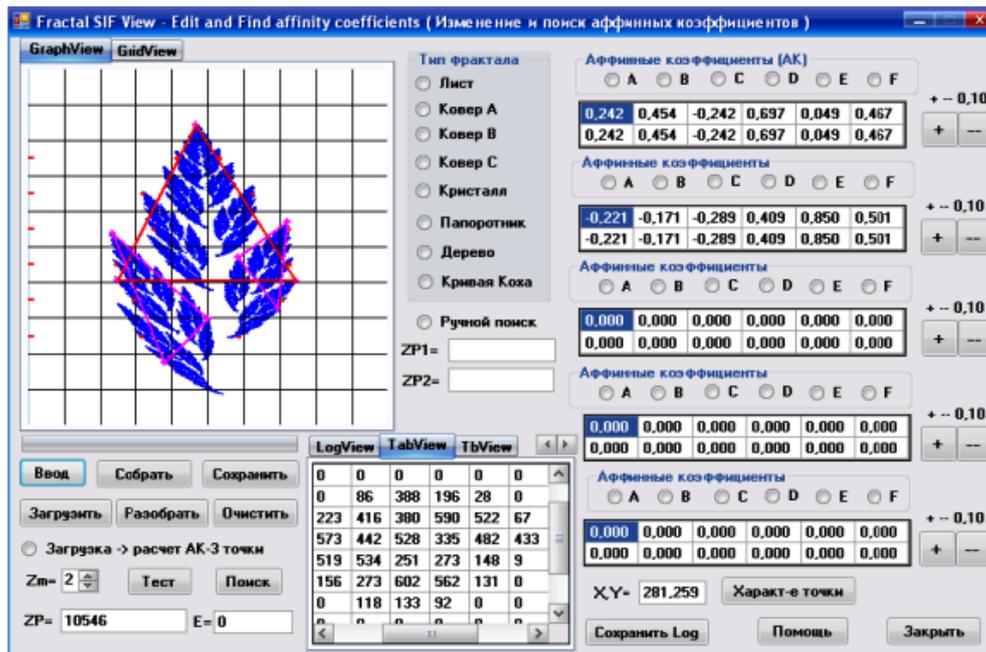


Рис. 7. Интерфейс программы поиска аффинных коэффициентов изображения

Вывод

Представленные генетические алгоритмы, реализованные в виде компьютерных программ, позволяют производить аппроксимацию и оптимизацию функций, включая многопараметрическую, условную и многокритериальную оптимизацию, настройку нейронных сетей, сжатие графической информации, составление расписаний учебных занятий и компоновку оборудования.

Визуальный анализ приведенных блок-схем генетических алгоритмов (рис. 1, 4–6) показывает, что во всех алгоритмах присутствуют стандартные генетические операторы отбора, рекомбинации и мутации, а специфика решаемой задачи выражается в представлении исходных данных и в виде целевой функции.

Тема статьи актуальна, так как использование ГА снижает риски возникновения ЧС, которые могут привести к большим материальным потерям и даже к гибели людей.

Список источников

1. Gelatt C.D. Optimization by simulated annealing // Journal of the ACM. 2015. № 5.
2. Davis L. Handbook of Genetic Algorithms. NY.: Van Nostrand Reinhold, 2019.
3. Baum E., Smith W. On genetic algorithms. NY.: ACM Press, 2015.
5. Michalewicz Z. Genetic Algorithms. Springer-Verlag, 2017.
4. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия-Телеком, 2018.
5. Baluja S. Genetic algorithms and search statistics. MA.: MIT Press, 2014.
6. Щербаков О.В., Лабинский А.Ю. Особенности использования компьютерной симуляции эволюционных процессов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 4. С. 82–89.
7. Лабинский А.Ю. Многопараметрическая оптимизация с помощью генетического алгоритма // Природные и техногенные риски. 2020. № 2 (34). С. 4–11.
8. Лабинский А.Ю. Использование генетического алгоритма для многокритериальной оптимизации // Природные и техногенные риски. 2018. № 4 (28). С. 5–8.

9. Денисенко В.А. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Современные технологии автоматизации. 2007. № 1. С. 78–88.
10. Паклин Н.В. Обучение нейронной сети генетическим алгоритмом. Томск: ТПУ, 2018.
11. Астахова И.Ф., Фирас А.М. Составление расписаний учебных занятий на основе генетического алгоритма // Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер.: Системный анализ и информационные технологии. 2013. № 2. С. 93–99.
12. Лабинский А.Ю. Особенности фрактального сжатия изображений // Природные и техногенные риски. 2018. № 2 (26). С. 5–12.
13. Перегуда С. Алгоритмы фрактального сжатия изображений. М.: LAMBERT, 2017.

References

1. Gelatt C.D. Optimization by simulated annealing // Journal of the ACM. 2015. № 5.
2. Davis L. Handbook of Genetic Algorithms. NY.: Van Nostrand Reinhold, 2019.
3. Baum E., Smith W. On genetic algorithms. NY.: ACM Press, 2015.
5. Michalewicz Z. Genetic Algorithms. Springer-Verlag, 2017.
4. Rutkovskaya D., Pilin'skij M., Rutkovskij L. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy. M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2018.
5. Baluja S. Genetic algorithms and search statistics. MA.: MIT Press, 2014.
6. Shcherbakov O.V., Labinskij A.Yu. Osobennosti ispol'zovaniya komp'yuternoj simulyacii evolyucionnyh processov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2017. № 4. S. 82–89.
7. Labinskij A.Yu. Mnogoparametricheskaya optimizaciya s pomoshch'yu geneticheskogo algoritma // Prirodnye i tekhnogennye riski. 2020. № 2 (34). S. 4–11.
8. Labinskij A.Yu. Ispol'zovanie geneticheskogo algoritma dlya mnogokriterial'noj optimizacii // Prirodnye i tekhnogennye riski. 2018. № 4 (28). S. 5–8.
9. Denisenko V.A. PID-regulatory: principy postroeniya i modifikacii // Sovremennye tekhnologii avtomatizacii. 2007. № 1. S. 78–88.
10. Paklin N.V. Obuchenie nejronnoj seti geneticheskim algoritmom. Tomsk: TPU, 2018.
11. Astahova I.F., Firas A.M. Sostavlenie raspisanij uchebnyh zanyatij na osnove geneticheskogo algoritma // Vestnik Voronezhskogo gos. un-ta. Ser.: Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii. 2013. № 2. S. 93–99.
12. Labinskij A.Yu. Osobennosti fraktal'nogo szhatiya izobrazhenij // Prirodnye i tekhnogennye riski. 2018. № 2 (26). S. 5–12.
13. Pereguda S. Algoritmy fraktal'nogo szhatiya izobrazhenij. M.: LAMBERT, 2017.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 19.04.2023

Принята к публикации: 13.05.2023

The information about article:

Article was received by the editorial office: 19.04.2023

Accepted for publication: 13.05.2023

Информация об авторах:

Лабинский Александр Юрьевич, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: labynscy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2735-4189>

Information about the authors:

Labinsky Alexander Yu., associate professor of the department of applied mathematics and information technologies of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: labynscy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2735-4189>