

Ш. К. Кадиев¹, Р. Ш. Хабибулин¹, П. П. Годлевский², В. Л. Семиков¹

¹Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,

²Финансовый университет при Правительстве РФ; e-mail: kadiev_@inbox.ru)

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

РЕЗЮМЕ

Введение. Приводится обзор исследований в области классификации как метода машинного обучения. Отобраны статьи, содержащие математические модели и алгоритмы для проведения классификации. Актуальным является и применение классификации в интеллектуальных системах поддержки принятия управленческих решений в различных предметных областях.

Цель и задачи. Целью исследования является анализ работ, посвященных проблеме классификации как методу машинного обучения. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи: 1) выявить наиболее используемые методы классификации в машинном обучении; 2) выделить преимущества и недостатки каждого из выбранных методов; 3) проанализировать возможности применения методов классификации в интеллектуальных системах поддержки принятия управленческих решений для решения вопросов прогнозирования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Методы. Для получения результатов использовались общенаучные и специальные методы научного познания – анализ, синтез, обобщение, а также метод классификации.

Результаты и их обсуждение. По результатам анализа выявлены исследования с математической постановкой и наличием программных разработок. Рассмотрены вопросы классификации при осуществлении машинного обучения в ходе разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Заключение. В ходе анализа выявлено, что при сортировке полученных знаний внутри предметной области используется достаточно большое количество алгоритмов для проведения классификации. Осуществление точной классификации является одной из основополагающих проблем при разработке систем поддержки принятия управленческих решений, в том числе при предотвращении и ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций. Актуальным является и принятие своевременного и эффективного решения должностными лицами оперативно-дежурных смен для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, анализ, классификация, машинное обучение, алгоритм, математические модели.

Для цитирования: Кадиев Ш. К., Хабибулин Р. Ш., Годлевский П. П., Семиков В. Л. Обзор исследований в области классификации для машинного обучения при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений // Технологии техносферной безопасности. – 2020. – Вып. 3 (89). – С. 20-29. DOI: 10.25257/TTS.2020.3.89.20-29.

Проведение точной классификации является основополагающей проблемой машинного обучения. Методам её решения посвящено множество исследований, количество которых постоянно растёт. Классификация подразумевает под собой разделение объекта на классы по схожим признакам. Классификация устанавливает связи между объектами на основе определённых закономерностей. При этом под объектом понимается процесс или предмет (сущность) с заданным набором признаков. Рассмотрим ряд научных работ, посвящённых важным вопросам классификации.

Обзор публикаций

В публикации [1] предлагается рассмотреть подход к классификации, отличающийся от большего числа подходов тем, что вместо сравнения кортежа значений признаков вводного объекта с аналогичными признаками объектов обучающей выборки используется независимое сравнение каждой пары показателей признаков аналогичных объектов. При этом вместо использования понятия "ближайшая окрестность" для вводного объекта используется понятие "допустимая близость" для любого из показателей признаков в вводном объекте. В рамках подхода предлагается иной алгоритм классификации, который обладает рядом важных особенностей. Актуальность и значимость алгоритма проверялись на примере выборок, взятых из известного репозитория UCI¹ и присущих типам разного рода деятельности человека. Результаты работы показали особенности и преимущества предлагаемого алгоритма в сравнении с известными алгоритмами классификации.

В публикации [2] представлен обзор методов построения и реализации классификаций. Выявлены главные способы решения задач группировки. Автором предложены некоторые принципы непосредственности классификации. В связи с вопросами разработки общих показателей рассмотрены методы дискриминантного анализа.

В статье [3] рассмотрена проблема классификации с учётом результатов анализа главных компонент (PCA – Principal Component Analysis). Построение байесовского классификатора возможно при условии представления ковариаций через параметры вероятностной модели PCA. Выявлен случай сингулярных распределений данных, предлагается проводить оценивание параметров модели при ограничениях на собственные значения ковариационных матриц. Качество классификации рассматривается с учётом реальной размерности данных. Обосновано, что наименьший показатель ошибок классификатора определяется при её правильном задании.

Публикация [4] рассматривает возможные решения вопросов, связанных со слабоструктурированными данными, путём использования методов их интеллектуальной обработки. Предлагается использование метода построения ансамблей алгоритмов для решения задач. В статье представлен новый метод повышения пертинентности информации в научных информационных и аналити-

¹http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Репозиторий_UCI

ческих системах, научных рекомендательных системах, включающих информацию о наличии и показателях научных публикаций. Данные о публикациях в электронных ресурсах – elibrary.ru и cyberleninka.ru используются в качестве базы исследования. Полученные результаты особым образом обрабатываются для выявления ключевых терминов и слов. Предложенные алгоритмические ансамбли показали довольно высокую эффективность при достижении 88-90 % точности.

В работе [5] исследуется алгоритм AntMiner и реализуется новый метод, основанный на алгоритме умных капель решения задачи классификации, применение которых даёт возможность осуществлять обработку фотографий со спутника, выбор нужных показателей при освоении космоса или мониторинге и прогнозе возможных аварийных ситуаций. Авторами усовершенствован алгоритм умных капель решения задач оптимизации и разработан алгоритм IWDs Miner.

В публикации [6] рассматривается метод диагностики классификации, основанный на плотности распределения вероятностей. Использование показателей по выборке применяется в случае, когда плотности заранее неизвестны. Показатель качества возможной правильной классификации нашёл широкое применение – точность алгоритма прямо пропорциональна количественному показателю диагностики. Авторами обоснована нерентабельность всеобщего использования этого показателя, вместо него предложен другой – "прогностическая сила", полученный путём пересчёта на модель линейного дискриминантного анализа.

В статье [7] предлагается разработать методику получения современного классификатора предметной области, внешний вид которого даёт представление как о данной области в целом, так и о наукометрических показателях. По мнению авторов перспективным направлением является развитие системы научных коммуникаций через создание эффективных информационных систем, позволяющих осуществлять поиск информации научного характера из различных источников, проводить наукометрические расчёты разного уровня, способных удобным образом хранить информацию научно-технического характера, осуществлять ссылки на актуальные публикации.

В публикации [8] рассматривается проблема классификации математических моделей. Автором приведены основные виды моделей и их классификация по различным параметрам и признакам, представлена обобщённая систематизация существующих подходов к классификации математических моделей. Выделено 5 основных видов математических моделей по ряду признаков:

- по сложности объекта моделирования;
- в зависимости от оператора модели;
- в зависимости от множества области определения и значения переменных;
- по форме связей между выходными, внутренними и внешними параметрами;
- в зависимости от используемых параметров.

В статье [9] предлагается методика проведения оценки состояния объектов в условиях неопределённости путём построения нейронечёткой модели формирования нечётких правил. Используемые в настоящее время традиционные модели имитационного моделирования не дают объективных оценок в условиях неопределённости, поскольку подразумевают участие эксперта в формировании нечётких правил для использования в них функций принадлежности. Перспективным направлением повышения объективности оценок по мнению автора является использование технологии интеллектуального моделирования с применением методов нечёткой логики. Для решения вопроса автоматизации формирования нечётких правил на основе методов и алгоритмов машинного обучения разработан алгоритм логического выбора правил определённого вида, а также выбран вид нечётких правил с учётом особенностей обрабатываемых данных.

В публикации [10] рассматривается задача разработки информационной системы анализа и тематической классификации веб-страниц. Для её решения предлагается использование аппарата опорных векторов и нейронных сетей, что обусловлено потерей актуальности существующих систем интернет-каталогов, разработанных ещё в 90-е годы XX века для систематизации веб-сайтов. Поскольку современные сайты содержат гораздо больше различного рода тематической информации со временем вместо ручного рубрицирования, проводимого экспертами, стали разрабатываться методы автоматической классификации веб-страниц. Предложенный автором метод проведения предварительной сегментации веб-страниц на блоки позволит осуществлять классификацию не по всей веб-странице, а лишь по её содержательной части.

В работе [11] представлены результаты анализа подходов, необходимых для решения проблемы классификации при использовании методов машинного обучения. Автором выбраны варианты снижения размерности и ускорения работы алгоритмов, которые целесообразно использовать при наличии большого количества решаемых задач (распознавание образов, разграничение прав пользования между пользователями компьютерной системы и др.). По результатам работы сделан вывод, что при выборе метода классификации необходимо исходить из его требуемой точности, характеристик входных данных и скорости получения результатов.

В статье [12] анализируется возможность применения методов машинного обучения для классификации документов научно-образовательных организаций. С целью решения этой актуальной задачи авторами сформирован алгоритм классификации объектов научно-образовательной деятельности с использованием их целевой предметной области. Для повышения скорости получения данных классификации применён подход с предварительной обработкой текста. За счёт разбития исходной задачи на ряд более простых подзадач алгоритм позволяет ускорить процесс квалификация документов.

В публикации [13] представлена многоагентная система поддержки принятия управленческих решений в чрезвычайных ситуациях (ЧС), в качестве которых рассматриваются наводнение и паводок. Приложение, разработанное ав-

торами на случай ЧС, вызванных речными наводнениями, работает в режиме реального времени для получения данных, записанных датчиками (уровень осадков, уровень воды, потоки и т.д.), и применяет многоагентные методы для интерпретации данных, прогнозирования будущего уровня воды в реках и поддержки принятия решений.

Работа [14] рассматривает возможность применения алгоритма генетического программирования для решения задач классификации. Алгоритм используется в различных условиях классификации для выявления "слабых" и "сильных" сторон генетического программирования. На основе проведённого анализа автор приходит к выводу, что, несмотря на хорошую производительность, алгоритм имеет ряд недостатков.

В статье [15] представлена современная классификация математических моделей, разработанная по особенностям их построения. Центральной классификацией принято считать ту, в основе которой лежит способ построения модели. В соответствии с данной классификацией математические модели подразделяются на аналитические, статистические и комбинированные. Аналитические модели являются теоретическими, а статистические – эмпирическими, чем обуславливаются проблемы использования математических моделей. Автор предлагает получение оптимальных результатов за счёт применения комбинированных моделей, использующих корректирующие коэффициенты для уменьшения систематической погрешности исходной аналитической модели.

Результаты анализа проведённого обзора публикаций, посвященных проблеме классификации как методу машинного обучения, представлены в табл. 1 и на рис. 1, 2.

В табл. 1 приведены названия алгоритмов и количество их упоминаний в рассмотренных работах.

Таблица 1

Виды алгоритмов, представленных в публикациях

Названия алгоритмов	Количество упоминаний
Алгоритм умных капель	2
Алгоритм парного сравнения признаков	3
Алгоритм ансамблевого подхода	1
Алгоритм ближайших соседей	3
Алгоритм логической регрессии	2
Случайный лес	4
Деревья решений	4

На рис. 1 представлено распределение рассмотренных статей по предметным областям.

Результаты проведённого обзора публикаций обобщены с точки зрения наличия теоретического анализа классификации, использования математического моделирования, специального программного обеспечения и представлены на рис. 2.



Рис. 1. Распределение публикаций по предметным областям



Рис. 2. Наличие теоретического анализа, математических моделей и программных разработок в публикациях

Выводы

В статье представлены результаты анализа публикаций, посвящённых проблеме классификации в различных предметных областях. В ходе анализа выявлено, что при осуществлении сортировки полученных знаний внутри предметной области используется достаточно большое количество различных алгоритмов для проведения классификации. Проведение точной классификации является одной из основных проблем в системах поддержки принятия управленческих решений, в том числе при предотвращении и ликвидации пожаров и ЧС.

Математические методы классификации применяются и в повседневных органах управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Для оперативного решения задач прогнозирования, предупреждения, ликвидации ЧС органы антикризисного управления применяют системы поддержки принятия управленческих решений,

в том числе используя методы классификации в машинном обучении. На сегодняшний день теоретическая база систем поддержки принятия управленческих решений в антикризисном управлении недостаточно сформирована, в то же время, проблема своевременного принятия эффективного решения должностными лицами оперативно-дежурных смен для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций является весьма актуальной.

Представленные в статье результаты анализа использования классификации как метода машинного обучения являются начальным этапом детального исследования и разработки интеллектуальной системы поддержки принятия управленческих решений в антикризисном управлении.

Литература

1. Корноушенко Е. К. Алгоритм классификации путём парного сравнения признаков // Автоматика и телемеханика. 2017. № 11. С. 151-166.
2. Орлов А. И. Математические методы теории классификации // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2014. № 95 (01). С. 1-37. <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/23.pdf>
3. Кривенко М. П. Обучаемая классификация данных с учётом анализа главных компонент // Информатика и её применение. 2018. Т. 12. № 3. С. 56-61. <https://doi.org/10.14357/19922264180308>
4. Гусева А. И., Киреев В. С., Филиппов С. А. Повышение точности классификации научных данных при использовании ансамблевого подхода // Современные наукоёмкие технологии. 2016. № 12 (2). С. 243-252.
5. Семенкина О. Е., Попов Е. А. Алгоритм умных капель решения задач классификации // Решетневские чтения. 2015. Т. 2. С. 93, 94.
6. Орлов А. И. Базовые результаты математической теории классификации // Научный журнал КубГАУ. № 110 (06). 2015. С. 1-21. <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/14.pdf>.
7. Попова О. Б. Современный классификатор для предметной области // Научные труды КубГТУ. 2016. № 13. С. 100-110.
8. Комарова Ю. О. Классификация математических моделей и их особенности // Актуальные проблемы современного образования. 2018. № 1 (24). С. 19-26.
9. Катасёв А. С. Нейронечёткая модель формирования нечётких правил для оценки состояния объектов в условиях неопределённости // Компьютерные исследования и моделирование. 2019. Т. 11. № 3. С. 477-492. <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2019-11-3-477-492>
10. Паутов К. Г., Попов Ф. А. Информационная система анализа и тематической классификации веб-страниц на основе методов машинного обучения // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7680>.
11. Кравцова Н. Е., Преображенский А. П. О решении задач классификации в методах машинного обучения // Вестник воронежского института высоких технологий. 2018. № 3 (26). С. 116-118.
12. Краснянский М. Н., Обухов А. Д., Соломатина Е. Н., Воякина А. А. Сравнительный анализ методов машинного обучения для решения задачи классификации документов научно-образовательного учреждения // Вестник воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 3. С. 173-182.
13. Martin Molina, Gemma Blasco. A Multi-agent System for Emergency Decision Support // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2003. Pp. 43-51. https://doi.org/10.1007/978-3-540-45080-1_6
14. Hajira Jabeen, Abdul Rauf Baig. Review of Classification Using Genetic Programming // International Journal of Engineering Science and Technology. 2010. No. 2. Pp. 94-103.
15. Синчуков А. В. Современная классификация математических моделей // Инновационная наука. 2016. № 3. С. 215-216.

Материал поступил в редакцию 31 июля 2020 г.; принят к публикации 22 сентября 2020 г.

Sh. K. Kadiev¹, R. Sh. Khabibulin¹, P. P. Godlevskiy², V. L. Semikov¹
(¹Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, ²Financial University
under the Government of the Russian Federation; e-mail: kadiev_@inbox.ru)

REVIEW OF CLASSIFICATION STUDIES FOR MACHINE LEARNING IN THE DEVELOPMENT OF INTELLIGENT MANAGEMENT DECISION SUPPORT SYSTEMS

ABSTRACT

Introduction. An overview of research in the field of classification as a method of machine learning is given. Articles containing mathematical models and algorithms for classification were selected. The use of classification in intelligent management decision support systems in various subject areas is also relevant.

Goal and objectives. The purpose of the study is to analyze papers on the classification as a machine learning method. To achieve the objective, it is necessary to solve the following tasks: 1) to identify the most used classification methods in machine learning; 2) to highlight the advantages and disadvantages of each of the selected methods; 3) to analyze the possibility of using classification methods in intelligent systems to support management decisions to solve issues of forecasting, prevention and elimination of emergencies.

Methods. To obtain the results, general scientific and special methods of scientific knowledge were used - analysis, synthesis, generalization, as well as the classification method.

Results and discussion thereof. According to the results of the analysis, studies with a mathematical formulation and the availability of software developments were identified. The issues of classification in the implementation of machine learning in the development of intelligent decision support systems are considered.

Conclusion. The analysis revealed that enough algorithms were used to perform the classification while sorting the acquired knowledge within the subject area. The implementation of an accurate classification is one of the fundamental problems in the development of management decision support systems, including for fire and emergency prevention and response. Timely and effective decision by officials of operational shifts for the disaster management is also relevant.

Key words: decision support, analysis, classification, machine learning, algorithm, mathematical models.

For citation: Kadiev Sh. K., Khabibulin R. Sh., Godlevskiy P. P., Semikov V. L. Review of classification studies for machine learning in the development of intelligent management decision support systems. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2020, vol. 3 (89), pp. 20-29 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2020.3.89.20-29.

References

1. Kornushenko E. K. *Algoritm klassifikatsii putem parnogo sravneniya priznakov* [The classification Algorithm by pairwise comparison of features]. *Avtomatika i telemekhanika / Automation and remote control*, 2017, no. 11, pp. 151-166.
2. Orlov A. I. Mathematical methods of classification theory. *Nauchnyy zhurnal KubGAU / Scientific Journal of KubSAU*, 2014, no. 95 (01). C. 1-37 (in Russian). Available at: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/23.pdf>
3. Krivenko M. P. Supervised learning classification of data taking into account principal component analysis. *Informatika i ee primeneniye / Informatics and its application*, 2018, vol. 12, no. 3, pp. 56-61 (in Russian). <https://doi.org/10.14357/19922264180308>
4. Guseva A. I., Kireev V. S., Filippov S. A. *Povyshenie tochnosti klassifikatsii nauchnykh dannykh pri ispol'zovanii ansamblevogo podkhoda* [Improving the accuracy of classification of scientific data when using the ensemble approach]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii / Modern science-intensive technologies*, 2016, no. 12 (2), pp. 243-252.
5. Semenkina O. E., Popov E. A. Intelligent water drops algorithm for classification problems solving. *Reshetnevskie chteniya / Reshetnevskie chteniya*. 2015, vol. 2, pp. 93, 94 (in Russian).
6. Orlov A. I. Basic results of the mathematical theory of classification. *Nauchnyy zhurnal KubGAU / Scientific Journal of KubSAU*, no. 110 (06), 2015, pp. 1-21 (in Russian). Available at: <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/14.pdf>.
7. Popova O. B. Modern classifier for the subject area. *Nauchnye trudy KubGTU / Scientific works of the Kuban State Technological University*, 2016, no. 13, pp. 100-110 (in Russian).
8. Komarova Y. O. Classification of mathematical models and their features. *Aktual'nye problemy sovremennogo obrazovaniya / Actual problems of modern education*. 2018, no. 1 (24), pp. 19-26 (in Russian).
9. Katashev A. S. Neuro-fuzzy model of fuzzy rules formation for objects state evaluation in conditions of uncertainty. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie / Computer research and modeling*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 477-492 (in Russian). <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2019-11-3-477-492>
10. Pautov K. G., Popov F. A. An information system of web-page classification based on machine learning methods. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya / Modern problems of science and education*. 2012, no. 6 (in Russian). Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=7680>.
11. Kravtsova N. E., Preobrazhensky A. P. About the decision of problems of classification methods in machine learning. *Vestnik voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy / Bulletin of the Voronezh Institute of high technologies*, 2018, no. 3 (26), pp. 116-118 (in Russian).
12. Krasnyansky M. N., Obukhov A. D., Solomatina E. M., Voyakina A. A. Comparative analysis of machine learning methods to solve the problem of document classification of research and education institution. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sistemnyy analiz i informatsionnye tekhnologii / Bulletin of the Voronezh State University. Series: System analysis and information technology*, 2018, no. 3, pp. 173-182 (in Russian).
13. Martin Molina and Gemma Blasco. A Multi-agent System for Emergency Decision Support. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 2003, pp. 43-51. https://doi.org/10.1007/978-3-540-45080-1_6
14. Hajira Jabeen, Abdul Rauf Baig. Review of Classification Using Genetic Programming. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2010, no. 2, pp. 94-103.
15. Senchukov V. A. *Sovremennaya klassifikatsiya matematicheskikh modeley* [Modern classification of mathematical models]. *Innovatsionnaya nauka / Innovative science*, 2016, no. 3-1, pp. 215-216.

Received July 31, 2020; accepted September 22, 2020

Информация об авторе

КАДИЕВ Шамиль Кудрудинович
адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; Российская Федерация, 129366, г. Москва, улица Бориса Галушкина, 4; ORCID ID: 0000-0002-8009-2552; РИНЦ Author ID: 3720-8348; e-mail: kadiiev_s@inbox.ru

ХАБИБУЛИН Ренат Шамильевич
канд. техн. наук, доцент; начальник учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; Российская Федерация, 129366, г. Москва, улица Бориса Галушкина, 4; SCOPUS AUTHOR ID: 6506192400; RESEARCHER ID: A-4261-2016; ORCID ID: 0000-0003-1816-1665; РИНЦ Author ID: 637284; e-mail: kh-r@yandex.ru

ГОДЛЕВСКИЙ Пётр Петрович
канд. военных наук, доцент; доцент кафедры "Безопасность жизнедеятельности"; Финансовый университет при Правительстве РФ; Российская Федерация, 125993, г. Москва, Ленинградский проспект, 49; ORCID ID: 0000-0003-2965-2275; РИНЦ SPIN-код: 2513-8365; e-mail: ppgodlevskij@fa.ru

СЕМИКОВ Владимир Леонтьевич
д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ; профессор кафедры управления и экономики ГПС; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; Российская Федерация, 129366, г. Москва, улица Бориса Галушкина, 4; РИНЦ Author ID: 432977; e-mail: vlsemikov@km.ru

Information about the author

KADIEV Shamil' Kudrudinovich
Adjunct of Faculty for the Preparation of Scientific and Pedagogical Personnel; Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia; Russian Federation, 129366, Moscow, Borisa Galushkina St., 4; ORCID ID: 0000-0002-8009-2552; RSCI Author ID: 3720-8348; e-mail: kadiiev_s@inbox.ru

KHABIBULIN Renat Shamil'yevich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Head of the Educational and Scientific Complex of Automated Systems and Information Technologies; Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia; Russian Federation, 129366, Moscow, Borisa Galushkina St., 4; SCOPUS AUTHOR ID: 6506192400; RESEARCHER ID: A-4261-2016; ORCID ID: 0000-0003-1816-1665; RSCI Author ID: 637284; e-mail: kh-r@yandex.ru

GODLEVSKIY Petr Petrovich
Candidate of Military Sciences, Associate Professor; Associate Professor of the Department of Life Safety; Financial University under the Government of the Russian Federation; Russian Federation, 125993, Moscow, Leningradsky Prospekt, 49; ORCID ID: 0000-0003-2965-2275; RSCI SPIN code: 2513-8365; e-mail: ppgodlevskij@fa.ru

SEMIKOV Vladimir Leont'yevich
Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher School of the Russian Federation; Professor of Department of Management and Economics of the State Fire Service; Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia; Russian Federation, 129366, Moscow, Borisa Galushkina St., 4; RSCI Author ID: 432977; e-mail: vlsemikov@km.ru