

## Современные технологии оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2022.19.2.72

© Технологии гражданской безопасности, 2022

**А.Б. Ичмелян, Д.А. Вечтомов, Л.В. Краснова**

Рассмотрена возможность применения технологий искусственного интеллекта — нейронных сетей — для оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности. Сформулированы условия для «обучения» нейронной сети.

**Ключевые слова:** пожарный риск; оценка соответствия; требования пожарной безопасности; техническое регулирование; искусственный интеллект.

## Modern Technologies for Assessing the Compliance of Protection Facilities with the Fire Safety Requirements

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2022.19.2.72

© Civil Security Technology, 2022

**A. Ichmelyan, D. Vechtomov, L. Krasnova**

### **Abstract**

The possibility of using artificial intelligence technologies — neural networks — to assess the compliance of protection objects with the fire safety requirements is considered. Conditions for “training” the neural network are formulated.

**Key words:** fire risk; conformity assessment; fire safety requirements; technical regulation; artificial intelligence.

12.04.2022

Развитие современных информационных технологий позволяет автоматизировать различные процессы, в том числе процессы принятия решений по оценке соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности. Концепция цифровизации отраслей экономики показывает актуальность данного направления. Процесс цифровизации актуален и на площадке Евразийского экономического союза. Коллегией Евразийской экономической комиссии одобрен проект решения о реализации проекта «Цифровое техническое регулирование Евразийского экономического союза» [1].

В научной литературе также обосновывается необходимость активного применения IT-технологий в области пожарного надзора. Например, в работе [2] отмечается, что «...обязательные требования норм безопасности недостаточно четко определены, а выводы органов надзора могут иметь субъективный характер». Переход на строго определенные машинные алгоритмы позволит повысить объективность принятия решений.

Для перехода на «машинный язык» необходим набор критериев и методов их определения, который удобен для представления в цифровой форме. Перспективным направлением является оценка состояния систем безопасности на основе интегральных показателей. Например, в работе [3] предлагается авторский подход к оценке состояния защитных мероприятий на основе комбинации оценок показателей с учетом коэффициента значимости мероприятия.

Одной из функций системы обеспечения пожарной безопасности является организация и осуществление профилактики пожаров. И на данном направлении деятельности отмечена необходимость внедрения методов проведения профилактических мероприятий с использованием IT-технологий [4].

При рассмотрении динамики опасных факторов пожаров и их влияния на функционирование систем противопожарной защиты объектов необходимым является внедрение систем искусственного интеллекта,

которые позволяют учесть большее число параметров [5]. Количество параметров, участвующих в оценке соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности, в разработке мероприятий по обеспечению противопожарной защиты на современном уровне, достаточно велико. Например, исследованиями пожарной безопасности сельских поселений выявлено 5 факторов, в каждый из которых также входит большое число показателей [6]:

- 1) показатели пожарной опасности (количество пожаров, гибель, уничтоженные строения и др.);
- 2) уровень социального обеспечения (количество и торговая площадь магазинов, количество объектов бытового обслуживания и общественного питания и др.);
- 3) развитие инфраструктуры в сельских поселениях (протяженность водопроводной сети, уровень газификации, обеспеченность телефонной и почтовой связью и др.);
- 4) показатели пожарной опасности кроме показателей функционального и ресурсного состояния пожарной охраны;
- 5) показатели функционирования пожарной охраны (среднее расстояние от пожарной части до места пожара).

Для решения задачи оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности с учетом большого числа факторов в работе [7] было предложено применить технологию нейронных сетей. Структура предложенной нейросети приведена на рис. 1. Такой подход позволяет учесть все влияющие факторы и определить коэффициент их влияния на конечный результат.

Практическая реализация такой сети показала, что она требует корректировки. Измененная структура сети представлена на рис. 2. Модель расчета весов, приведенная на рис. 2, не применялась, поскольку данный параметр необходим для «обучения» сети на типовых известных ситуациях и весовые коэффициенты, полученное в процессе «обучения», представляют собой отдельный практический интерес.

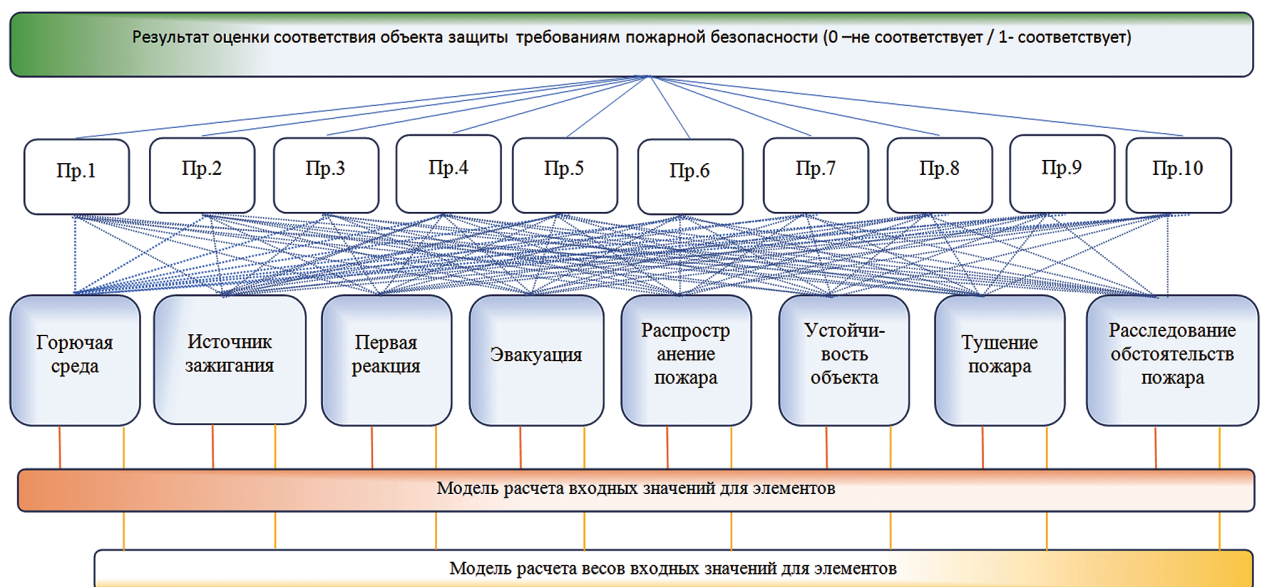


Рис. 1. Структура нейронной сети для оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности: Пр.1–Пр.10 элементы промежуточного слоя сети

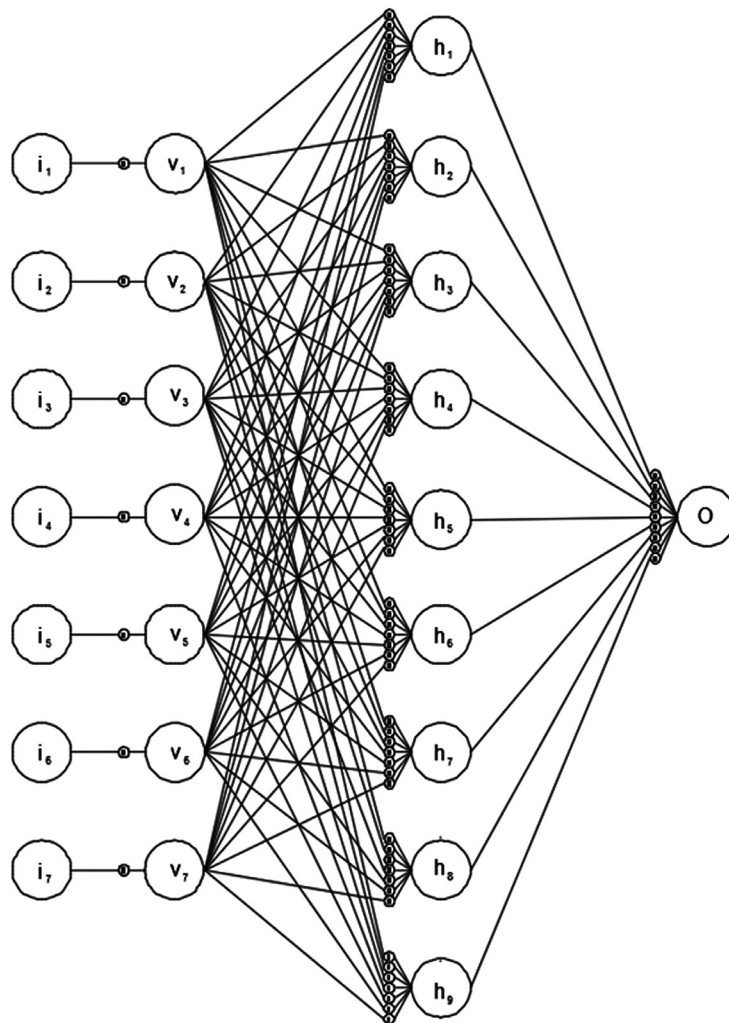


Рис. 2. Структура измененной нейронной сети для оценки соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности: *i* – входной слой, состояние которого зависит от динамики опасных факторов пожара; *v* – промежуточный слой, состояние которого зависит от количества горючей нагрузки на объекте; *h* – промежуточный слой сети, состояние которого определяется по зависимости (1); *o* – выходной слой сети

Однако применение модели оценки угрозы возможного пожара на объекте защиты от вида и массы горючей нагрузки, находящейся на нем, представляется целесообразным. Внедрение «системы гибкого нормирования» [8] предполагает зависимость противопожарных мероприятий на объекте защиты от степени риска причинения вреда. Степень риска причинения вреда определяется видом и массой горючей нагрузки, находящейся на объекте защиты [9, 10]. Для одних и тех же помещений различные значения горючей нагрузки приведут к различным сценариям развития пожара: при одних значениях необходимы будут лишь мероприятия, направленные на обеспечение безопасности людей, поскольку горючей нагрузки недостаточно для обрушения строительных конструкций; при других — необходим весь комплекс мероприятий, включая мероприятия по обеспечению устойчивости строительных конструкций. Для учета различных сценариев развития пожара, которые определяются видом и количеством горючей нагрузки, в новую сеть включен промежуточный слой *v* («вентиль»). Задачей этого слоя является регулирование влияния значения входного слоя на результаты

работы. Состояние элементов данного слоя зависит от продолжительности возможного пожара. Исходя из этого, уравнение расчета значения промежуточного слоя *h* дополнено параметром и определяется по зависимости:

$$h_j = v_j \cdot f_a \left( \sum_{i=0}^n x_i \cdot w_{i,j} \right), \quad (1)$$

где:

- $h_j$  — значение элемента («нейрона») промежуточного слоя;
- $f_a$  — функция активации;
- $x_i$  — значение элемента входного слоя;
- $w_{i,j}$  — «вес» связи между элементом входного слоя и элементом промежуточного слоя;
- $n$  — количество элементов промежуточного слоя.

В качестве функции активации применена функция на основе экспоненты:

$$f_a(h_j) = \frac{1}{1 + e^{h_j}}. \quad (2)$$

Для «обучения» («тренировки») сети сформированы набор из пяти исходных значений для входных слоев и соответствующие им результаты расчета, которые позволяют однозначно сделать вывод о соответствии объектов защиты требованиям пожарной безопасности (табл. 1 и 2).

Значения, приведенные в табл. 1 описывают состояние объекта защиты, при котором он будет соответствовать требованиям пожарной безопасности. Значения табл. 2 описывают, до какой стадии позволяет развиваться пожару количество горючей нагрузки, которое находится на объекте защиты.

Описание состояния набора условий приведено ниже.

Набор 1 табл. 1 характеризуется невозможностью возникновения пожара в силу недостаточности мощности источника зажигания или его отсутствием. Независимо от применяемых систем противопожарной защиты, угрозы охраняемым законом интересам на объекте защиты нет.

Набор условий 2 табл. 1 характерен тем, что возникновение пожара возможно и есть угроза всем охраняемым законом интересам. Такой объект однозначно

является не соответствующим требованиям пожарной безопасности.

Для набора условий 3 табл. 1 характерна возможность возникновения пожара, но при этом обеспечивается эффективная работа систем противопожарной защиты: пожар вовремя обнаруживается, может быть ликвидирован первичными средствами пожаротушения; обеспечивается возможность безопасной эвакуации людей, а также нераспространение пожара за установленные пределы, устойчивость объекта и возможность своевременного тушения пожара. К такому состоянию объекта защиты стремится типовая модель обеспечения пожарной безопасности [10].

Набор 4 табл. 1 характеризуется следующими параметрами. Возникновение пожара возможно, но при этом обеспечиваются его своевременное обнаружение и эвакуация людей. Такая модель обеспечения пожарной безопасности предлагалась в приложении 2 ГОСТ 12.1.004-91 [11].

Для набора 5 табл. 1 характерно такое состояние противопожарной защиты, при котором системы обеспечения пожарной безопасности справляются

Таблица 1

Набор параметров входного слоя  $i$ , необходимый для «обучения» сети

Номер элемента входного слоя $i$ Параметр: возможность...	Номер набора условий и значение параметра для набора (0 — нет; 1 — есть)				
	1	2	3	4	5
1) возникновения пожара	0	1	1	1	1
2) обнаружения пожара	1	1	0	1	1
3) ликвидации пожара первичными средствами	1	1	0	0	1
4) эвакуации	1	1	0	1	0
5) распространения пожара	1	1	0	0	1
6) устойчивости объекта защиты	1	1	0	0	1
7) тушения пожара реагирующими подразделениями	1	1	0	0	1
Вывод о соответствии*	+	–	–	+	–

**Примечание:** «+» означает, что при проведении «обучения» набор соответствующих параметров характеризует объект как соответствующий требованиям пожарной безопасности, «–» — не соответствующий требованиям пожарной безопасности.

Таблица 2

Набор параметров промежуточного слоя  $v$ , необходимый для «обучения» сети

Номер элемента промежуточного слоя $v$ Параметр: необходимость...	Номер сценария развития пожара и значение параметра для сценария (0 – горючей нагрузки недостаточно; 1 – горючей нагрузки достаточно.)				
	1	2	3	4	5
1 ...мероприятий по предотвращению возникновения пожара	1	1	1	1	1
2 ...мероприятий по обнаружению пожара	0	1	1	1	1
3 ...мероприятий по ликвидации пожара первичными мерами	0	1	1	1	1
4 ...мероприятий по эвакуации людей	0	0	1	1	1
5 ...мероприятий по ограничению распространения пожара	0	0	0	1	1
6 ...мероприятий по повышению устойчивости строительных конструкций	0	0	0	0	1
7 ...мероприятий по обеспечению действий пожарных подразделений	0	0	0	0	1

с поставленной задачей, однако эвакуация людей из объекта невозможна. Такая ситуация применима для помещений категории «А» по взрывопожарной опасности, в которых характерно воздействие на людей опасных факторов взрыва (ударной волны).

Сценарии, приведенные в табл. 2, характеризуют количество и вид горючей нагрузки, находящейся в помещении:

сценарий 1 табл. 2 характеризуется отсутствием горючей среды. Примером таких объектов являются складские помещения, относящиеся к категории «Д» по пожарной опасности: помещения, в которых хранятся негорючие материалы в негорючей упаковке;

для сценария 2 характерно возникновение пожара, но количество горючей нагрузки недостаточно для создания угрозы людям;

сценарий 3 характеризуется наличием на объекте такой массы горючей нагрузки, при которой возникновение пожара может привести к угрозе людям, однако ее массы недостаточно для распространения пожара по объекту защиты;

набор значений элементов слоя «v» сценария 4 описывает такое состояние объекта, при котором количество горючей нагрузки достаточно для распространения пожара, но его недостаточно для обрушения строительных конструкций.

Дальнейшее увеличение горючей нагрузки на объекте защиты приводит к возникновению угрозы для устойчивости строительных конструкций — возможно обрушение. Такое состояние характеризует набор значений промежуточного слоя v для сценария 5.

Сформулированные условия, конечно, являются идеализированными и существенно упрощены по

отношению к состоянию реальных объектов защиты, однако позволяют провести «обучение» сети.

Оценка состояния входного слоя  $i$  осуществляется по моделям расчета времени наступления опасных факторов пожара, приведенным, например, в работах [12, 13]. Расчет состояния промежуточного слоя  $v$  может проводиться по методике, изложенной в работе [14].

Приведенная модель оценки позволяет учесть множество факторов, влияющих на состояние объекта защиты и автоматизировать процесс оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности. Реализация такого подхода возможна при использовании прикладных программ [15].

Предложенная сеть позволяет объединить в единую модель оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности отдельные расчетные модели, такие как: определение расчетного и необходимого безопасного времени эвакуации; определение динамики температуры возможного пожара; расчет пределов огнестойкости строительных конструкций, и др. Каждая из таких моделей в настоящее время может быть реализована для расчетов с применением вычислительной техники. Это открывает возможности по автоматизации как процессов разработки мер пожарной безопасности для объектов защиты, так и процессов оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности.

Отдельным приложением разработанной модели является возможность поддержки принятия решений о соответствии объекта защиты установленным требованиям пожарной безопасности. В этом случае сеть «обучается» на тех данных и процессах, которые должен знать (уметь) человек после окончания соответствующего курса подготовки.

## Литература

1. ЕАЭС запускает проект «Цифровое техническое регулирование» [Электронный ресурс] // Портал «ЕЭК». URL: <https://eaeunion.org/news/eaes-zapuskayet-proekt-tsfirovoe-technicheskoe-regulirovanie/> (дата обращения: 16.03.2022).
2. Шахманов Ф. Ф. Риск-ориентированный метод осуществления пожарного надзора автомобильных газозаправочных станций: Автореферат дисс. к. т. н. СПб., 2018 [Электронный ресурс] // Сайт Диссертационного совета Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. URL: <https://dsovet.igps.ru/wp-content/uploads/2018/11/Diss.pdf> (дата обращения: 16.03.2022).
3. Олтян И. Ю., Коровин А. И. Оценка состояния защиты населения субъектов Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. С. 35–41.
4. Порошин А. А., Харин В. В., Бобринев Е. В., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю. Анализ основных причин пожаров в сельской местности в Российской Федерации [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-osnovnyh-prichin-pozharov-v-selskoy-mestnosti-v-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 16.03.2022).
5. Лобаев И. А., Бузузов С. Ю., Плешаков В. В., Джуган В. Р., Блезникова А. А. Применение расчетного моделирования опасных факторов пожара для повышения эффективности комплекса систем противопожарной защиты // Технологии техносферной безопасности 2020. № 2 (88). С. 22–37. [Электронный ресурс] // Сайт АГПС МЧС России. Архив публикаций конференций «Системы безопасности». URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2020-2/03-02-20.ttb.pdf> (дата обращения: 16.03.2022).
6. Порошин А. А., Харин В. В., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А. Изучение факторов, влияющих на формирование обстановки с пожарами в сельских поселениях субъектов Российской Федерации, с использованием факторного анализа // Безопасность техногенных и природных систем. 2018. № 1-2. С. 69–85. [Электронный ресурс] // Сайт журнала «Безопасность техногенных и природных систем». URL: <https://btps.elpub.ru/jour/article/view/111/207> (дата обращения: 16.03.2022).
7. Ичмелян А. Б., Григорьев Д. Ю., Вечтомов Д. А. Применение современных технологий при оценке соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 1 (67). С. 73–76.
8. Сальков О. А. Комментарий к Федеральному закону от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». М.: Деловой двор, 2017.
9. Свод правил СП 12.13130.2009 «Определение категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» // Пожарная безопасность. 2011. № 1.
10. Козлачков В. И. Техническое регулирование в области пожарной безопасности. М.: Академия ГПС МЧС России, 2011.
11. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования».
12. Вечтомов Д. А., Краснова Л. В., Пикуш Д. С. Реализация принципов «регуляторной гильотины» при оценке соответствия путей эвакуации объектов защиты требованиям пожарной безопасности // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 4 (70). С. 73–76.
13. Андреев А. О. Разработка метода оперативной обработки информации при использовании первичных средств пожаротушения: Дисс. к.т.н. М., 2005.
14. Вечтомов Д. А. Информационно-аналитическая система поддержки принятия управленческих решений в процессе мониторинга требований пожарной безопасности / Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук, М.: Академия ГПС МЧС России, 2014.
15. Джонс М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. М.: ДМК Пресс, 2015.

**Сведения об авторах**

**Ичмелян Артур Борисович:** МЧС Республики Абхазия, зам. нач. Управления гос. пож. надзора Республики Абхазия, подполковник.  
г. Сухум, Республика Абхазия.

**Вечтомов Денис Анатольевич:** к. т. н., Департамент образовательной и научно-технической деятельности МЧС России, ст. инсп., полковник внутренней службы.  
Москва, Россия.  
SPIN-код: 4999-6183.

**Краснова Любовь Викторовна:** к. э. н., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), с. н. с. науч.-исслед. отдела.  
Москва, Россия.  
SPIN-код: 6524-6195.

**Information about the authors**

**Ichmelyan Artur B.:** Ministry of Emergency Situations of the Republic of Abkhazia, Deputy Head of the Department of State Fire Supervision of the Republic of Abkhazia, Lieutenant Colonel.  
Sukhum, Republic of Abkhazia.

**Vechtomov Denis A.:** PhD (Technical Sc.), Department of Educational, Scientific and Technical Activities of the Russian Emergencies Ministry, Senior Inspector, Colonel of Internal Service.  
Moscow, Russia.  
SPIN-scientific: 4999-6183.

**Krasnova Lyubov V.:** PhD (Economic Sc.), All-Russian Research Institute for Civil Defense And Emergencies, Senior Researcher, Research Department.  
Moscow, Russia.  
SPIN-scientific: 6524-6195.

**Издания ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)**

<b>Авторы, название</b>	<b>URL</b>
<i>Прищепов Д.З. и др.</i> Сборник результатов интеллектуальной деятельности МЧС России	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=26516650">http://elibrary.ru/item.asp?id=26516650</a>
<i>Баньщикова З.Е. и др.</i> Справочное пособие по организации выполнения мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и проведению аварийно-спасательных работ силами и средствами органов государственной власти, органов местного самоуправления в мирное и военное время	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=26212676">http://elibrary.ru/item.asp?id=26212676</a>
<i>Дурнев Р.А. и др.</i> Технологии подготовки диссертационных работ в области защиты от чрезвычайных ситуаций. Научно-методическое издание	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=26340114">http://elibrary.ru/item.asp?id=26340114</a>
<i>Пучков В.А. и др.</i> Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации. Материалы Всероссийского совещания с руководителями федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации по проблемам гражданской обороны и защиты населения и XII Научно-практической конференции	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=26496461">http://elibrary.ru/item.asp?id=26496461</a>
<i>Фалеев М.И. и др.</i> Основы стратегического планирования в области гражданской обороны и защиты населения. Научно-методический труд	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=26571679">http://elibrary.ru/item.asp?id=26571679</a>
<i>Акимов В.А. и др.</i> Наземно-космический мониторинг чрезвычайных ситуаций	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27268186">http://elibrary.ru/item.asp?id=27268186</a>
<i>Качанов С.А. и др.</i> Стратегия развития системы-112 в Российской Федерации. Монография. 2-е изд., перераб. и доп.	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27408544">http://elibrary.ru/item.asp?id=27408544</a>
<i>Акимов В.А. и др.</i> Глобальные и национальные приоритеты снижения риска бедствий и катастроф. Монография	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27562706">http://elibrary.ru/item.asp?id=27562706</a>
Историческое и культурное наследие в системе МЧС России. Памятники архитектуры и мемориальные ценности	<a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=29103188">https://elibrary.ru/item.asp?id=29103188</a>
<i>Аюбов Э.Н. и др.</i> МЧС России в борьбе с чрезвычайными ситуациями	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27613062">http://elibrary.ru/item.asp?id=27613062</a>
<i>Аюбов Э.Н. и др.</i> Природные угрозы	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27613013">http://elibrary.ru/item.asp?id=27613013</a>
<i>Аюбов Э.Н. и др.</i> Техногенные угрозы. Гидродинамические и транспортные аварии	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27612998">http://elibrary.ru/item.asp?id=27612998</a>
<i>Аюбов Э.Н. и др.</i> Техногенные угрозы. Радиационные и химические аварии	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=27612987">http://elibrary.ru/item.asp?id=27612987</a>
<i>Качанов С.А. и др.</i> Стратегия развития системы-112 в Российской Федерации	<a href="http://elibrary.ru/item.asp?id=18797565">http://elibrary.ru/item.asp?id=18797565</a>