

УДК 351.861

Параметрический метод определения комплексного показателя защищенности от техногенной чрезвычайной ситуации на территории ЗАТО

А.А. Назаров¹; А.В. Рыбаков², д.т.н., профессор; Н.В. Мартинович¹

¹ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

Аннотация:

Статья посвящена общему описанию метода определения комплексного показателя защищенности территории ЗАТО от возможных техногенных чрезвычайных ситуаций. Определение показателя предлагается проводить на основе исследования системы защиты населения и территории от техногенных рисков, основанного на количественном выражении исследуемых свойств системы и установлении взаимосвязей между параметрами элементов подсистем. Данный подход позволяет на базе фактических данных определить форму зависимостей взаимосвязанных параметров, а так же их количественное выражение. Описание состояния системы предлагается проводить с использованием методов теории нечетких множеств и реализации теоретико-возможностного подхода описываемого логической функцией, а так же представления значения показателя веса элемента, как вектор в пятимерном евклидовом пространстве с ортонормированным базисом.

Ключевые слова: мониторинг, комплексная безопасность, риск, теория нечетких множеств, логические функции.

Parametric method for determining an integrated indicator of protection from anthropogenic emergency in ZATO territory

A.A.Nazarov¹; A.V.Rybakov², Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Engineering Sciences, Full Professor; N.V. Martinovich¹

¹FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia

²FSBMEE HE Civil Defence Academy EMERCOM of Russia

Abstract:

The article is devoted to a general description of the method for determining a comprehensive indicator of the protection of the territory of ZATO from possible technological emergencies. It is proposed to determine the indicator based on a study of the system of protecting the population and territory from technological risks, based on a quantitative expression of the studied properties of the system and the establishment of relationships between the parameters of the elements of the subsystems. This approach allows based on actual data to determine the form of dependencies of interrelated parameters, their quantitative expression. The description of the state of the system is proposed to be carried out using the methods of the theory of fuzzy sets and the implementation of the feasibility theory of the described logical function, as well as representing the value of the weight indicator of the element as a vector in five-dimensional Euclidean space with an orthonormal basis.

Key words: Monitoring, complex security, risk, fuzzy set theory, logical functions.

Для решения задач прогнозирования в области защиты населения и территорий от угроз природного и техногенного характера необходимо опираться на существующую нормативную базу. Стратегический прогноз рисков ЧС в Российской Федерации должен соответствовать требованиям Федерального закона от 28 июня 2017 года № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»; Федеральному закону от 21 декабря 1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера»; Федеральному закону от 21 декабря 1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»; Федеральному закону от 21 июля 1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; Федеральному закону от 10 января 2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»; Федеральному закону от 30 марта 1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и другим нормативным правовым актам, регулирующим безопасность жизнедеятельности населения [1].

Существующие на данный момент подходы к оценке состояния объектов и систем, обеспечивающих безопасность, схожи между собой тем, что рассматривают объект отдельно по каждому дестабилизирующему фактору. По этой причине, нет возможности в короткие сроки получать полную картину о состоянии объекта в каждый отдельный момент времени, а также иметь прогноз возможных последствий и аварийных ситуаций и выработкой управляющих воздействий. Кроме того, реализованные и применяемые в настоящий момент подходы и системы мониторинга в основном унифицированы для применения на территории Российской Федерации общего применения, и как правило не учитывают функционирования закрытых административно-территориальных образований [2].

Исходя из принятых в Российской Федерации нормативными документами терминов, возможно выделить основные элементы системы защиты населения от чрезвычайных ситуаций техногенного характера, параметры и состояния которых могут являться показателем состояния защищенности жизни и здоровья людей, их имущества и среды обитания человека от опасностей при чрезвычайной ситуации техногенного характера согласно определению приведённому в [3].

Взаимосвязь и влияние поражающих факторов техногенной чрезвычайной ситуации, а так же элементы системы предупреждения ситуации возможно представить, как систему где возможно выделить следующие элементы: воздействия (факторы влияющие на объект), объект воздействия и барьеры нивелирующие воздействующие факторы (Рисунок 1).

По нашему мнению системный подход при оценке и анализе техногенных рисков, является неотъемлемым этапом для последующей детерминистической оценки показателя защищенности рассматриваемой территории. Оценка показателя защиты населения от техногенной чрезвычайной ситуации предлагается на основе детального анализа характерных рисков рассматриваемой территории, как системы и определение детерминистического значения элементов этой системы методами теории нечетких множеств.

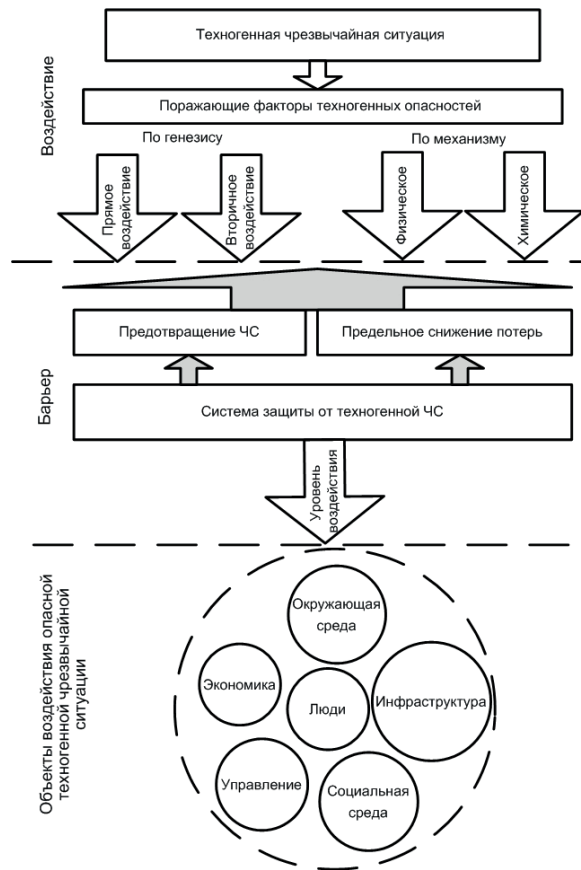


Рис. 1. Воздействие техногенной ЧС на объект

В общем виде функциональную модель процесса оценки искомого показателя возможно представить в нотации IDEF0 (программное обеспечение - VPwin). Использование данной нотации позволяет отобразить структуру и функции процесса определения показателя системы, а также проанализировать потоки информации и материальных объектов, связывающие эти функции (Рисунок 2).

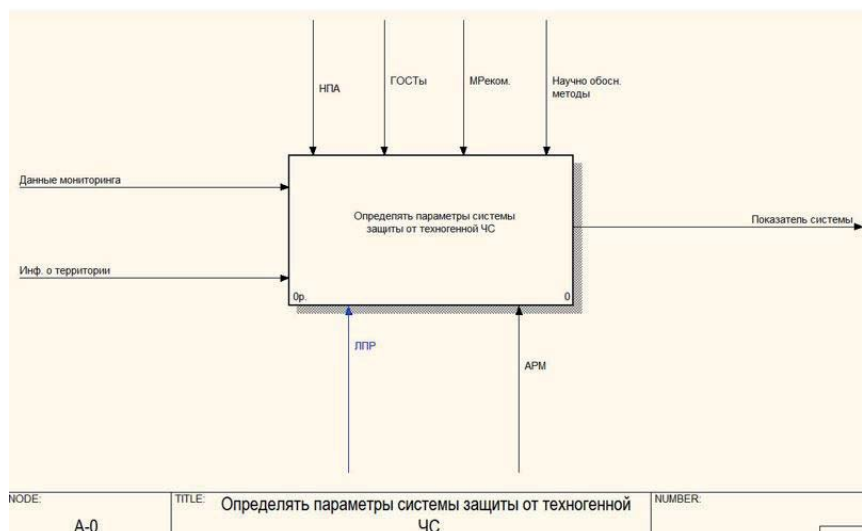


Рис. 2. Диаграмма A-0 описывающая функцию верхнего уровня

Декомпозиция диаграммы верхнего уровня представлена на рисунке 3. Для определения показателя защищенности населения от ЧС техногенного характера необходимо в первую очередь проведения анализа источников угроз характерных для исследуемой территории (IDEF Блок A1). На первоначальном этапе предлагается проведение анализа рисков рассматриваемой территории, по алгоритму приведенному в [4,5].

Применение описанных в ГОСТах методик позволяет определить перечень техногенных чрезвычайных ситуаций характерных для исследуемой территории и создать реестр рисков характерных для территории ЗАТО что позволяет выполнить их базовую (качественную) скрининговую оценку.

Проведённый предварительный анализ опасностей РНА (Preliminary Hazard Analysis) территории ЗАТО г. Железнодорожск позволил составить общую схему взаимодействия элементов в системе и выявить связи как возможных источников техногенных рисков, так и элементов влияющих на систему защиты населения от чрезвычайной ситуации.

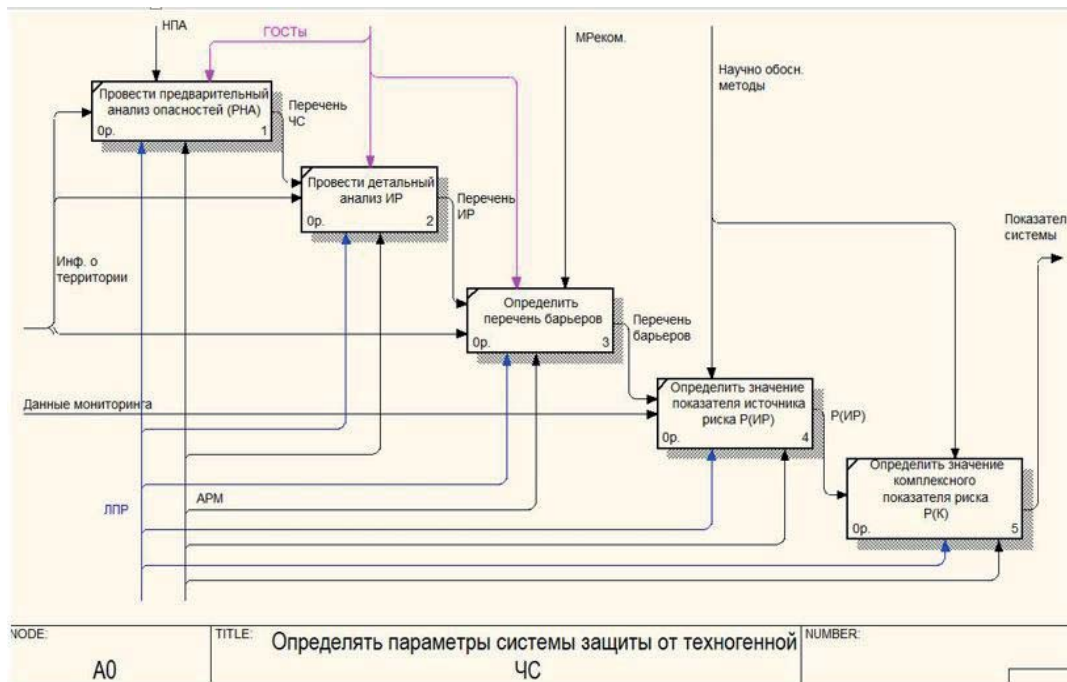


Рис. 3. Декомпозиция диаграммы А-0, дочерняя диаграмма описывающая основные элементы процесса

Анализ угроз и специфики функционирования предприятий и объектов инфраструктуры ЗАТО по вышеуказанному алгоритму позволило выделить 6 основных видов техногенных чрезвычайных ситуаций характерных для исследуемой территории (Рисунок 4).



Рис. 4. Виды техногенных ЧС характерных для ЗАТО Железнодорожск

Составленный реестр рисков, на основе анализа позволил выделить из 6 основных групп техногенных чрезвычайных ситуаций, 19 источников риска. (IDEF Блок А2).

Для более детального анализа предлагается применение метода «галстук-бабочка». Анализ «галстук-бабочка» представляет собой схематический способ описания и анализа развития опасного события от его причин до последствий (Рисунок 5).

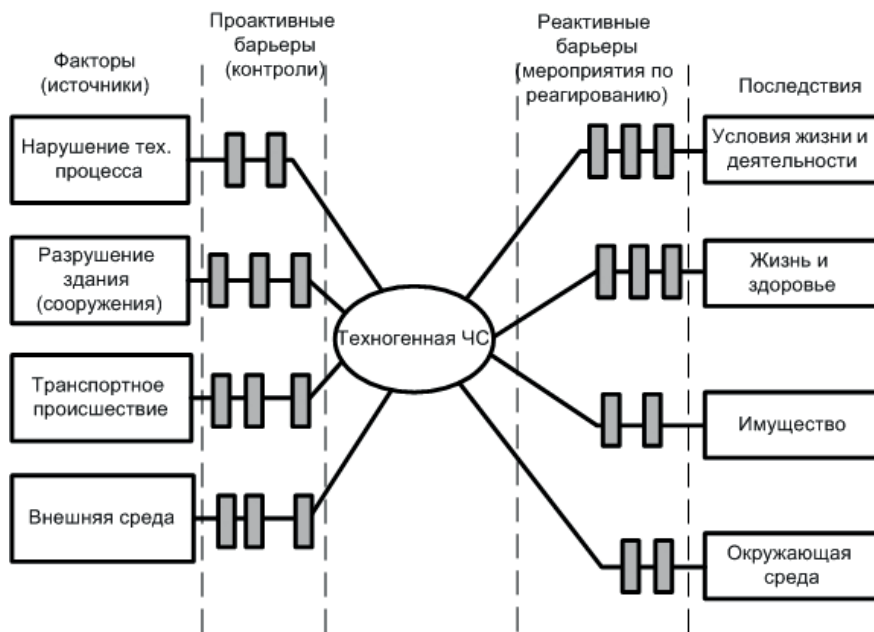


Рис. 5. Общий вид анализа «галстук-бабочка»

Проведение анализа «галстук-бабочка» (IDEF Блок А3) позволяет выявить и описать барьеры нивелирующие оказываемое при конкретном техногенном чрезвычайной ситуации негативное воздействие. Для удобства и дальнейшего анализа составлена схема рассматриваемых объектов с присвоением каждому барьеру (проактивному и реактивному) уникального идентификационного значения. (Рисунок 6)

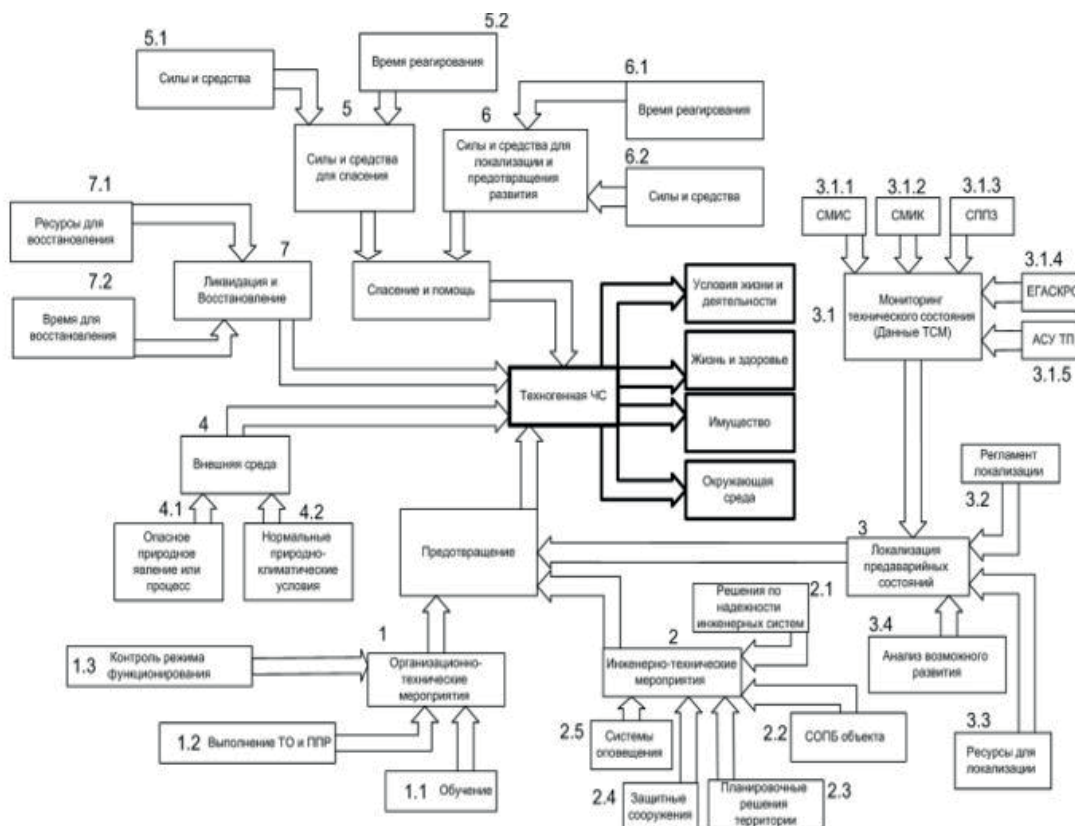


Рис. 6. Идентификационное значение барьеров на общей схеме структуры ЧС

Так каждый из 19 источников риска техногенной чрезвычайной ситуации определённых для рассматриваемой территории возможно представить, как набор событие с уникальными проактивными и реактивными барьерами. Детерминистическое значение искомого показателя ($P_{ир}$) можно выразить следующим выражением:

$$P_n(ир) = A(pa)_1 \omega_1 + A(pa)_2 \omega_2 + A(pa)_3 \omega_3 + A(pa)_4 \omega_4 + A(a)_5 \omega_5 + A(a)_6 \omega_6 + A(a)_7 \omega_7 \quad (1)$$

где,

a – значение показателя

ω – вес значения в общем показателе

Общий показатель по конкретному источнику техногенной чрезвычайной ситуации можно представить в виде дерева (Рисунок 7). При этом для каждого источника риска чрезвычайной ситуации ($P_{ир}$) будет свой набор барьеров. Так, например для источника риска «пожар на коммунально-бытовом объекте», проактивный барьер 3.1.4 «Данные мониторинга ЕГАСКРО» будет не актуальным и в дальнейшем не учитывается при определении значения $P_{ир}$ данного источника риска.

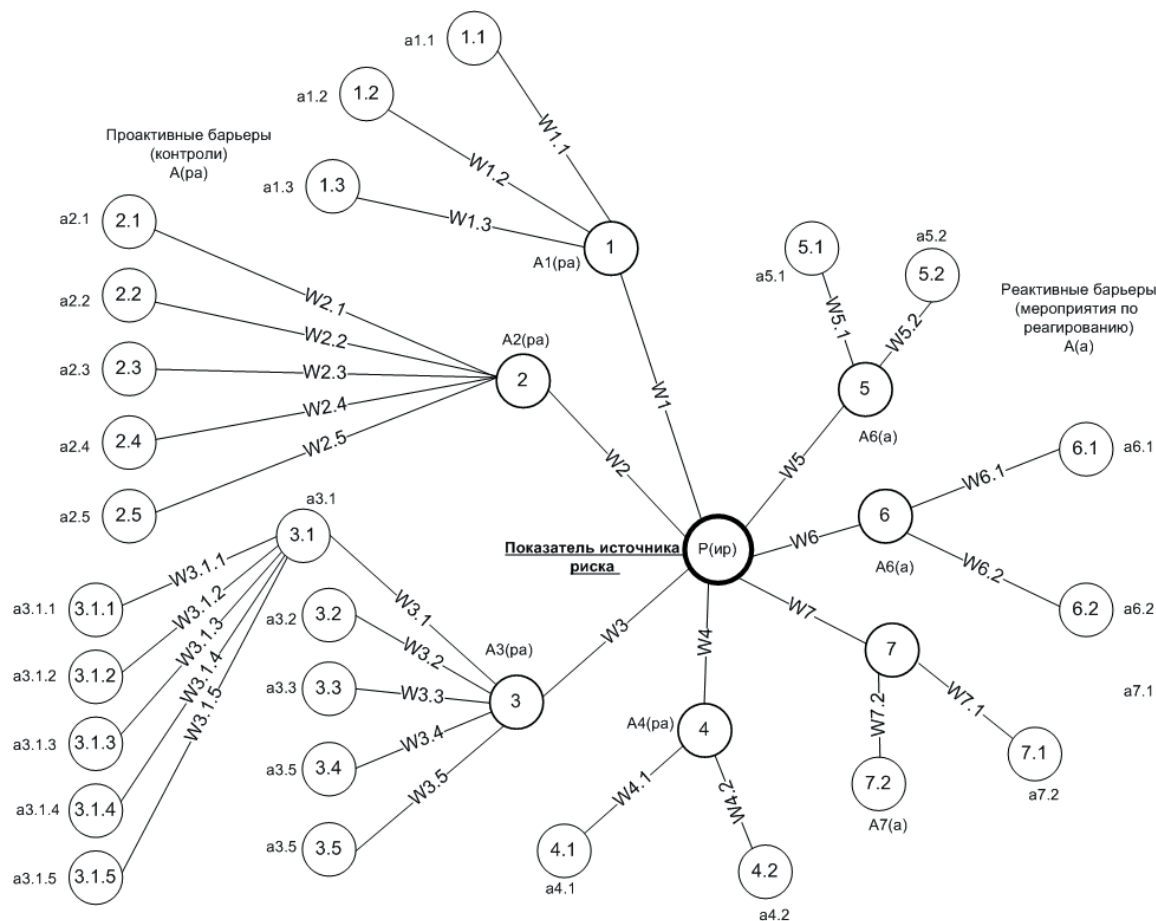


Рис. 7. Дерево показателей источника риска

Значение каждого рассматриваемого барьера, будет определяться значениями элемента его составляющего, так значение для барьера №1 «Организационно-технические мероприятия», возможно представить следующим выражением:

$$A_1(pa) = a_{1.1} \omega_{1.1} + a_{1.2} \omega_{1.2} + a_{1.3} \omega_{1.3} \quad (2)$$

Для определения значения элемента (a) возможно использовать методы теории нечетких множеств. Применения теоретико-возможностного подхода данной теории позволяет получить логическую функцию, значение которой будет описывать состояние объекта на основе автоматического перевода значений параметров мониторинга объекта в соответствующие шкалы с выведением обобщенного показателя

За основу предлагается принять одну из логистических функций Харрингтона – так называемая «кривая желательности». Ее формула в общем виде при одностороннем измерении определяет функцию с двумя участками насыщения (в $d \rightarrow 0$ и $d \rightarrow 1$) и линейным участком (от $d = 0,2$ до $d = 0,63$):

$$d^i = e^{-e^{-y}} \tag{3}$$

В связи с тем, что функция желательности является одним из видов функций принадлежности, для обозначения, как частных желательностей, так и обобщенной функции желательности используют так называемые Р-оценки [6]. Соответствие диапазонов Р-оценок и уровней показателя представлено в таблице 1.

Таблица 1. Соответствие диапазонов Р-оценок и уровней показателей для различных балльных оценок

Диапазоны значений Р-оценок (Р, отн. ед.)	Уровень показателя (5 балльная оценка)	Наименование уровня	Уровень показателя (3 балльная оценка)	Наименование уровня
$P > 0,8$	5	Очень хорошо	3	Нормальный уровень
$0,8 > P \geq 0,64$	4	Хорошо		
$0,64 > P \geq 0,37$	3	Удовлетворительно		
$0,37 > P \geq 0,20$	2	Плохо	2	Опасный уровень
$P < 0,20$	1	Очень плохо	1	Критический уровень

Использование вышеуказанного алгоритма позволяет определить показатель состояния по каждому источнику техногенной ЧС. Итоговый показатель защищенности населения от чрезвычайных ситуаций техногенного характера в общем виде, возможно представить в виде суммы показателей элементов входящих в систему (Рисунок 8):

$$P_k = P_1 \omega_1 + P_2 \omega_2 + \dots + P_{19} \omega_{19} \tag{4}$$

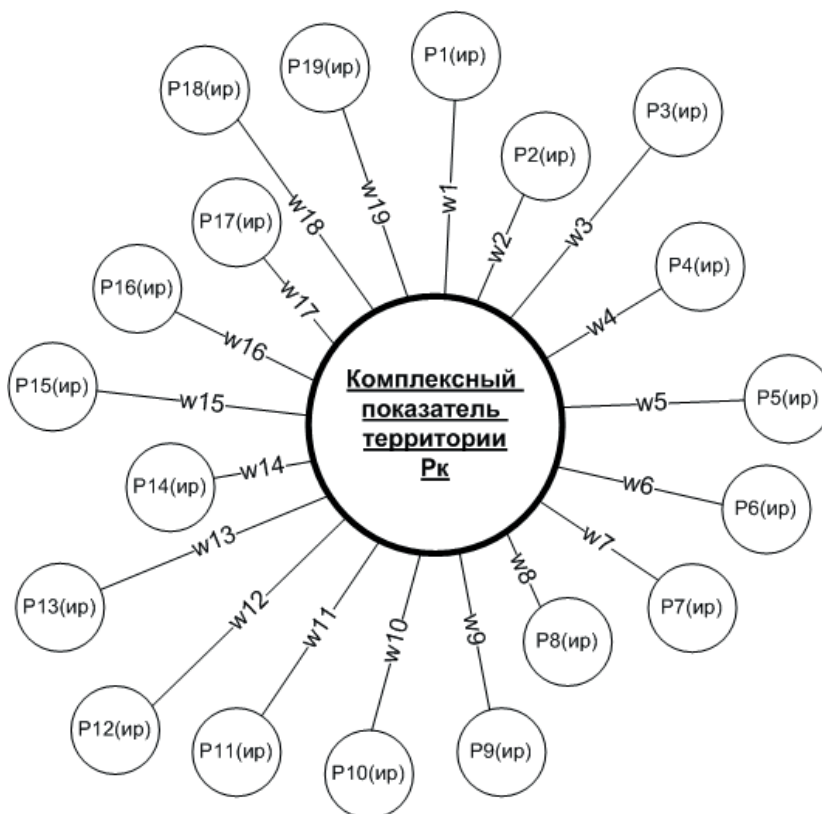


Рис. 8. Дерево комплексного показателя риска территории

Значение показателя веса элемента возможно представить, как вектор в пятимерном евклидовом пространстве с ортонормированным базисом:

$$\bar{A} = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \rangle \quad (4)$$

Искомое значение будет являться значением длины вектора. Длину вектора найдем, как норму евклидова пространства:

$$|\bar{A}| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_5^2} \quad (5)$$

Длина вектора влияния будет рассматриваться нами, как комплексная характеристика, максимальных последствий при реализации соответствующего источника техногенного риска по рассматриваемым показателям:

1. Количество погибших, чел;
2. Количество травмированных, чел;
3. Количество населения с нарушением условий жизни и деятельности, чел;
4. Прямой ущерб имуществу, руб;
5. Ресурсы для восстановления, руб.

Предложенный подход, по нашему мнению, это позволит заблаговременно и на более качественном уровне разработать меры по уменьшению риска ЧС и смягчению их негативных последствий, построить прогноз возможных последствий в случае возникновения ЧС техногенного характера на территории большей части ЗАТО, а также разработать первоочередные мероприятия по обеспечению безопасности персонала и населения, проживающего на рассматриваемой территории.

Литература

1. Материалы научно-практической конференции «Обеспечение безопасности жизнедеятельности населения и защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций» / Н. В. Лопухова. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2018. – 252 с. С.7-8
2. Рыбаков, А.В. О разработке модели мониторинга состояния системы комплексной безопасности закрытого административно-территориального образования / Рыбаков А.В., Назаров А.А., Мартинович Н.В., Мельник А.А. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2019, №4.-С.65-69
3. ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения
4. ГОСТ Р 51901.22-2012 Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения
5. ГОСТ Р 51901.23-2012 Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риск
6. Кузнецов Б.Л. Моделирование синергетических систем в экономике (конспект лекций): часть I. – URL: