

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГАЛСТУК-БАБОЧКА НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ РИСКА ОБОСТРЕНИЯ БРОНХОЛЕГОЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

¹Юсупова Н.И., ²Нургаянова О.С., ³Зулкарнеев Р.Х.

^{1,2}Уфа, ФГБОУ ВО Уфимский Государственный авиационный технический университет, e-mail: onurgayanova@yandex.ru;

³Уфа, ФГБОУ ВО Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России, e-mail: zrustem@mail.ru

В статье предлагается подход, позволяющий свести качественные показатели риска обострения бронхолегочных заболеваний к количественным оценкам, что может быть полезным как врачам, так и пациентам – первым в случае выбора стратегии лечения и определения вероятности возможных исходов, а вторых, возможно, заставит изменить образ жизни и отношение к здоровью. На основе комбинации методов галстук-бабочка и дерево событий, которые приводятся в стандарте «Менеджмент риска. Методы оценки риска» предлагается один из компонентов структуры модуля системы поддержки принятия решений медицинского назначения.

Ключевые слова: анализ рисков, инженерия знаний, бронхолегочные заболевания, метод галстук-бабочка, метод дерева событий, доверительная байесовская сеть, калькулятор риска.

APPLICATION OF THE BOW-TIE METHOD AS AN EXAMPLE OF ASSESSING THE RISK OF EXACERBATION OF BRONCHOPULMONARY DISEASE

¹Yusupova N.I., ²Nurgayanova O.S., ³Zulkarneev R.H.

^{1,2}Ufa, Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Ufa State Aviation Technical University, e-mail: onurgayanova@yandex.ru;

³Ufa, Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Bashkir State Medical University, e-mail: zrustem@mail.ru

The article proposes an approach that allows to reduce qualitative risk shows of bronchopulmonary disease exacerbation to quantitative assessments, which can be useful for both doctors and patients - the former in case of choosing a treatment strategy and determining the probability of possible outcomes, and the latter, possibly, will make changes in lifestyle and attitude towards health. Based on a combination of bow-tie and event-tree methods, which are given in the standard "Risk Management. Risk Assessment Methods" proposes one component of the structure of a medical decision support system module.

Keywords: risk analysis, knowledge engineering, bronchopulmonary diseases, bow-tie method, event tree method, confidence Bayesian network, risk calculator.

Введение

Актуальность проблемы управления рисками обусловлена не только формированием и развитием такой области знаний как риск-менеджмент, но и сугубо практическим интересом, особенно в тех сферах деятельности, где последствия принятия неверных решений приводят к экономическим или репутационным потерям (производство, инвестиционная деятельность, строительство, банковский бизнес и т.п.), а некоторых случаях могут нанести ущерб здоровью. Текущий уровень развития науки, информационных технологий, техники и бизнеса диктует высокие стандарты качества продуктов и услуг, оптимальное использование которых позволяет

добиться конкурентного преимущества и занять лидирующие позиции в своем сегменте [21]. Таким образом, для того, чтобы в условиях неопределённости в перспективе иметь гарантии на желаемый результат, следствиями этой самой неопределённости – рисками, необходимо управлять. В силу некоторой однотипности задач в проектном управлении, к которым относятся такие области деятельности как банковская сфера [23], производство, информационные технологии и ряд других, внедрение и использование систем менеджмента рисков широко известно и успешно применяется.

Проблема предупреждения и предотвращения рисков, а также последствий различных заболеваний и медицинских вмешательств обширна и многогранна, что подтверждается соответствующими нормативно-правовыми документами, такими как, например, приказ Министерства здравоохранения РФ № 381 н от 07.07.2019 г. «Требования к организации и проведению внутреннего контроля качества и безопасности медицинской деятельности». Приказ направлен на решении следующих задач: предупреждение, выявления и предотвращение рисков, создающих угрозу жизни и здоровью граждан, и минимизации последствий их наступления. Таким образом, если рассматривать цели управления рисками в медицине на глобальном уровне, то это с одной стороны это предотвращение нежелательного события (если оно еще не произошло) – заболевания или его последствия, а с другой – минимизация последствий нежелательного события (если оно уже произошло), например, умеренная физическая активность или соблюдение диеты. Очевидно, что в медицинской деятельности риски будут всегда и основная задача заключается в их минимизации.

Статья посвящена рассмотрению вопроса получения количественных оценок рисков бронхолёгочных заболеваний, отражает результаты анализа современного состояния проблемы исследования и предлагает подход решения задачи, который заключается в приведении качественных оценок к количественным с использованием методов дерева решений и доверительных байесовских сетей.

Современное состояние проблемы

В силу определенной специфики и обширности предметной области – медицинские риски, исследователи ограничиваются каким-то одним из аспектов, например, рассматривают отдельно факторы развития риска того или иного заболевания [11, 12], (факторы развития риска бронхиальной астмы или сердечно-сосудистых заболеваний и т.п.), проводят анализ и дают качественную оценку отдельного вида риска [2, 7, 24], используют различные шкалы и т.п. Так же в силу динамической изменчивости системы здравоохранения в целом [13], крайне трудно рассмотреть медицинские риски [14] системно, не говоря уже о разработке системы управления

рисками лечебно-профилактического учреждения. Однако актуальность проблемы управления медицинскими рисками не позволяет оставлять ее без внимания.

Руководствуясь [15, 16] для каждого класса заболеваний можно составить свой реестр рисков, проанализировать их и сформулировать критерии оценки, после чего проводить оценку и управлять риском(-ами) в контексте данного класса заболеваний. Очевидно, что такая работа требует совместных усилий как со стороны разработчиков системы управления рисками, так и со стороны медицинских работников соответствующих специальностей. В [17] коллективом авторов описываются предпосылки к созданию системы управления рисками сердечно-сосудистых заболеваний, также разработаны разнообразные калькуляторы, в том числе онлайн [18] и шкалы оценивания риска сердечно-сосудистых заболеваний. В следствие того, что смертность от заболеваний органов дыхания (табл. 1) [19, 20] (не рассматривая период пандемии COVID-19) существенно меньше, чем от болезней системы кровообращения или новообразований, оценке рисков бронхолегочных заболеваний уделено меньшее внимание, не смотря на их распространенность.

Таблица 1. Доля смертей россиян в 2019 г. по группам заболеваний

От всех болезней	1672541	100%
болезней системы кровообращения	841175	50,3%
из них от: гипертонии	16-76	1,0%
ишемической болезни сердца	442609	26,5%
в том числе от инфаркта миокарда	54001	3,2%
цереброваскулярных болезней	260794	15,6%
других болезней системы кровообращения	121696	7,3%
новообразований	295455	17,7%
болезней нервной системы	100285	6,0%
болезней органов пищеварения	97325	5,8%
болезней органов дыхания	57956	3,5%
из них от: гриппа и ОРЗ	492	0,0%
пневмонии	23352	1,4%
других болезней органов дыхания	34112	2,0%
болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	42762	2,6%
инфекционных и паразитарных болезней	31159	1,9%
из них от; кишечных инфекций	269	0,0%
туберкулеза	7264	0,4%
ВИЧ	18928	1,1%
других инфекционных и паразитарных болезней	4698	0,3%
прочих болезней	206424	12,3%

В статье [1] приводятся подходы к классификации гериатрических рисков, однако не указаны основные проблемы, связанные с их количественной оценкой. В [2, 7] говорится о том, что медицинские работники успешно справляются с идентификацией и качественной оценкой риска, количественные же меры риска остаются не доступны с одной стороны ввиду сложности

и специфики различных классов заболеваний, а с другой – ввиду отсутствия адаптированных моделей и методов, а также известных программных решений, которые бы входили в виде соответствующих модулей в системы поддержки принятия решений (СППР) медицинского назначения [3, 4].

Несмотря на большое количество существующих на рынке СПП врачебных решений [8, 9] в них отсутствуют модули анализа и оценки риска, сами же калькуляторы риска [10] представляют собой в основном отдельные программные решения или онлайн сервисы, в которых процедура расчета и оценки риска не всегда является очевидной. Таким образом, можно сделать вывод, что основные проблемы, связанные с оценкой рисков бронхолегочных заболеваний обусловлены тем что:

- 1) отсутствует реестр рисков бронхолегочных заболеваний в виду того, что смертность от них существенно ниже, чем при сердечно-сосудистых;
- 2) существуют определенные сложности в адаптации стандарта управления рисками в медицине в целом в виду обширности и специфики последней;
- 3) сложность понимания математических моделей и методов количественной оценки риска медицинским сообществом.

Успешное решение обозначенных проблем заключается в консолидированной работе врачей, специализирующихся на болезнях органов дыхания, инженеров по знаниям и программистов.

Постановка задачи

Рассмотрим формальное описание постановки задачи управления медицинскими рисками. Воспользуемся теорией управления, имеющей дело с математическими моделями реальных процессов, которые всегда лишь приближенно отражают черты рассматриваемого реального процесса, являющиеся важными в контексте конкретного исследования. Для удобства воспользуемся графическим изображением объекта (риска) в виде блока с входом U и выходом Y (рис. 1).

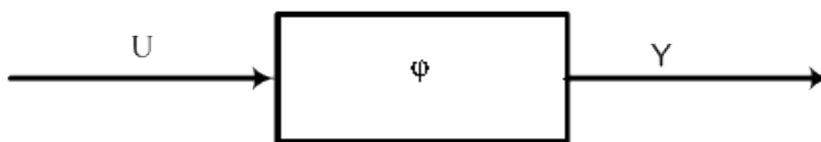


Рисунок. 1. Структурное представление риска

При таком представлении объект характеризуется оператором вход-выходного соответствия, то есть оператором, устанавливающим связь между множествами входных и выходных воздействии:

$$Y = \varphi U$$

Вход объекта $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ называют управляющим воздействием или управлением, а его выход $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ – управляемой координатой.

Таким образом, задача заключается в идентификации векторов U и Y , нахождении их качественных и количественных оценок, а также в выборе оператора φ .

Материалы и методы решения

Рассмотрим методы риск-анализа бронхолегочных заболеваний в контексте основных этапов (табл.2)

Таблица 2. – Этапы и методы риск-анализа бронхолегочных заболеваний

Этапы риск-анализа	Используемые методы		Ожидаемые результаты
Идентификация рисков	1. Анкетирование / оценочный тест ХОБЛ 2. Метод экспертных оценок 3. Информация, полученная в медицинских информационно-аналитических центрах (МИАЦ)		Выделенные групп рисков, относящихся к бронхолегочным заболеваниям
Анализ и оценка рисков	Групповые риски	Индивидуальные риски	Предпосылки возникновения риска и его последствия, выраженные в различных шкалах (мерах)
	1. Метод галстук-бабочка 2. Метод построения деревьев событий 3. Метод экспертных оценок	1. Вероятностно-статистические методы 2. Методы на основе нечеткой логики 3. Карты рисков	
Управление рисками	По подходу к минимизации риска	По соотношению управляющих мер и рисков ситуации	Комплекс мероприятий, направленных на снижение вероятности возникновения риска
	1. Уклонение от риска 2. Сокращение риска 3. Передача риска	1. Дособытийные мероприятия 2. Послесобытийные мероприятия	

В таблице 3 приведен один из видов классификации бронхолегочных рисков, связанных с процессом лечения [3].

Таблица 3 – Классификация бронхолегочных рисков

Априорные риски	Риски процесса лечения	Апостериорные риски
Риски ошибок первичной диагностики	Риск обострения бронхолегочного заболевания	Риск снижения качества жизни
Риск отложенного лечения (задержки начала лечения)	Риск выхода из под контроля течения заболевания (неустойчивость)	Риск выбора неэффективной методики лечения
Риск срочной госпитализации	Риск несовместимости лекарственных средств (нежелательное лекарственное взаимодействие)	Риск неудовлетворенности пациента лечением
Риски, связанные с бронхолегочными	Риск аллергических реакций на лекарственный препарат	Риск недожития

синдромами		
Риски, связанные с клиническими синдромами	Риск побочного действия лечения в летальном исходе	Риск выхода на инвалидность

Все указанные в таблице 3 риски, (которую в первом приближении можно рассматривать как реестр рисков) являются индивидуальными. В качестве мер риска можно использовать как количественные, так и качественные показатели: это вероятности появления опасного состояния, оценки по шкалам и интегральные оценки риска.

Второй этап – анализ и оценка рисков, есть комбинация трех методов: галстук-бабочка, дерево событий и экспертных оценок. Рассмотрим каждый из них отдельно.

Метод галстук-бабочка или (bow-tie) представлен в стандарте «Менеджмент риска. Методы оценки риска» [5], результат применения метода – диаграмма, похожая на галстук-бабочку, показывающая основные пути опасных событий и установленные барьеры, направленные на предотвращение или смягчение нежелательных последствий и/или усиление и ускорение ожидаемых последствий. Рассмотрим основные этапы метода:

1. В центре диаграммы идентифицируется конкретный риск.
2. Слева от инициирующего события в виде иерархической структуры представляются возможные причины риска, с учетом его источников и факторов, приводящих к эскалации риска.
3. В правой части диаграммы определяются возможные последствия риска.
4. Далее ситуация анализируется с двух сторон:
 - 4.1. Разрабатываются барьеры (контр-меры), которые должны препятствовать каждой причине реализации риска.
 - 4.2. Разрабатываются барьеры, предотвращающие потенциальные последствия риска.

Достоинства метода: наглядное и простое графическое представление причинно-следственных связей риска; ориентация на средства управления, направленные на предупреждение и/или уменьшение последствий опасных событий, и оценку их эффективности.

Ограничения метода заключаются в невозможности отображения совокупности причин, возникающих одновременно и вызывающих последствия, а также в представлении сложных ситуации в чрезмерно упрощенном виде, особенно при применении количественной оценки.

В случае, если причины риска являются независимыми, последствия риска также являются независимыми друг от друга и известна вероятность конкретного последствия или результата, а эффективность меры управления можно количественно оценить, то возможно дополнение метода галстук-бабочка количественной оценкой, которую можно выполнить с помощью метода дерево событий (ETA).

Метод ЕТА может быть использован для моделирования, вычисления и ранжирования (с точки зрения риска) различных сценариев как развития риска, так и его последствий. Метод позволяет получить количественные оценки частоты или вероятности появления событий и относительной значимости различных последствий отказа и способствующих им событий, а также перечень рекомендаций по снижению риска. В зависимости от вида риска, относящегося к группе бронхолегочных заболеваний, построение дерева событий можно считать выполненным взяв за основу правую или левую часть диаграммы галстук-бабочка. Каждая ветвь дерева представляет собой вероятность того, что все события на этом пути произойдут. Поэтому вероятность результата вычисляют как произведение отдельных условных вероятностей и вероятности начального события при условии независимости событий.

Достоинства метода: качественное описание возможных проблем в виде комбинаций событий, представляющих собой различные следствия риска (ранжирование последствий). Но поскольку каждый путь реализации обусловлен сочетанием событий, произошедших в предыдущих точках ветвления схемы дерева событий, то необходимо рассмотреть все взаимосвязи по возможным путям развития. Однако некоторые взаимосвязи, могут быть не учтены при рассмотрении, в результате оценка риска получится излишне оптимистичной.

Альтернативой получения количественных оценок по методу ЕТА является байесовская сеть, представляющая собой ориентированный граф, в котором каждая вершина помечается количественной информацией, при этом:

1. Вершинами сети является множество случайных как дискретных, так и непрерывных переменных.
2. Вершины попарно соединяются ребрами, образуя дерево, т.е., если ребро направлено от вершины x к вершине y , то вершина x является родительской по отношению к вершине y .
3. Каждая вершина x характеризуется распределением условных вероятностей $P(X_i/Parents(X_i))$, которое количественно оценивает влияние родительских(-ой) вершин(-ы) на эту вершину(-ы).
4. Граф не имеет циклов, состоящих из ориентированных ребер, и, следовательно, является ориентированным ациклическим графом.

Отметим, что метод требует качественной работы врача-эксперта, поскольку использует субъективные вероятностные оценки. Другая особенность заключается в том, что определение всех взаимодействий в доверительных сетях Байеса для сложных видов риска не всегда выполнимо. С другой стороны связи в модели устанавливаются между всеми переменными, благодаря чему предоставляется возможность легко обрабатывать те случаи, в которых отсутствуют значения тех или иных параметров, а логически выведенные утверждения не вызывают трудностей в понимании.

Качественная и количественная оценка риска обострения бронхолегочных заболеваний

Врачом, д.м.н., профессором кафедры пропедевтики внутренних болезней ФГБОУ ВО БашГМУ Минздрава России г. Уфа Р.Х. Зулкарнеевым были обозначены следующие, наиболее критические виды рисков по которым важно получить количественные оценки:

- 1) риск обострения хронических заболеваний,
- 2) риск возникновения острых заболеваний,
- 3) риск выхода на инвалидность,
- 4) риск недожития (летальные исходы).

Второй этап, анализ и оценка рисков, рассмотрим на примере *риска обострения хронических заболеваний*, используя комбинацию всех трех методов, представленных в таблице 1 в столбце «Групповые риски».

Рассмотрим применение метода галстук-бабочка для решения задачи качественной оценки одного из рисков бронхолегочных заболеваний, например, риск обострения хронических заболеваний:

1. В центре диаграммы идентифицируется конкретный риск, в нашем примере это риск обострения хронических заболеваний (рис. 2).
2. Слева от инициирующего события (обострение хронических заболеваний) представляются возможные причины риска, с учетом его источников и факторов, приводящих к эскалации риска.
3. Справа от риска перечислены его последствия.



Рисунок 2. Диаграмма галстук-бабочка риска «обострение хронических заболеваний»

4. Анализируем риск «обострение хронических заболеваний» с двух сторон (на рис. 3 представлены примеры некоторых барьеров):

4.1. Разрабатываются барьеры (контр-меры), которые должны препятствовать каждой причине реализации риска. В нашем случае – это могут быть профилактические мероприятия, связанные со своевременным обращением к врачу, сокращению количества выкуриваемых за день сигарет, смене работы или образа жизни в целом на более здоровый

4.2. Разрабатываются барьеры, предотвращающие потенциальные последствия риска – дыхательная гимнастика, лечебная физкультура и т.п.



Рисунок 3. Дополненная барьерами диаграмма галстук-бабочка риска «обострение хронических заболеваний»

В случае, если причины риска, указанные слева, являются независимыми, последствия риска также являются независимыми друг от друга и известна вероятность конкретного последствия или результата, а эффективность меры управления можно количественно оценить, то возможно дополнение метода галстук-бабочка количественной оценкой, которую можно выполнить с помощью метода дерево событий (ETA).

В рассматриваемом примере, действительно, табакокурение, воздействие факторов окружающей среды и другие причины, обозначенные слева – независимые события, поэтому можно перейти к методу дерево событий. Здесь также, как и при выполнении этапа 1 – идентификация риска, рационально воспользоваться экспертной информацией, либо при ее отсутствии оценить вероятность реализации каждого из сценариев при помощи построения доверительной байесовской сети [6, 20]. Таким образом, используя преобразование левой (рис. 3а) и правой (рис. 3б) части галстука-бабочки в виде ориентированного графа можно перейти к двум деревьям, сохранив в целом структуру, а именно вершина $C1$ – прочие, $C2$ – воздействие вредных факторов окружающей среды, $C3$, – табакокурение, $C4$ – COVID-19, $C11$ – ослабленный иммунитет, $C12$ – наследственность и т.д.:



Рисунок 3. Байсовские доверительные сети, представленные в виде двух- и трехуровневых деревьев

Рассмотрим пример сети, представленной на рисунке 3а, в которой вероятность наступления события «Риск обострения хронических заболеваний», т.е. вероятность пребывания вершины R в различных состояниях (R_k) зависит от состояний ($C1_i, C2_j, C3_m, C4_n$) вершин $C1, C2, C3, C4$ и, в общем случае определяется выражением:

$$P(R_k) = \sum_i \sum_j \sum_m \sum_n p(R_k / C1_i, C2_j, C3_m, C4_n) \times p(C1_i, C2_j, C3_m, C4_n),$$

где $p(R_k / C1_i, C2_j, C3_m, C4_n)$ – условная вероятность пребывания вершины R в состоянии (R_k) в зависимости от состояний ($C1_i, C2_j, C3_m, C4_n$), в которых находятся вершины $C1, C2, C3, C4$.

Но так как события, представленные вершинами $C1, C2, C3, C4$ являются независимыми, то есть между ними отсутствует причинно-следственная связь, то их совместная вероятность может быть представлена в виде:

$$p(C1_i, C2_j, C3_m, C4_n) = p(C1_i) \times p(C2_j) \times p(C3_m) \times p(C4_n).$$

Что же касается вершин $C1$ и $C2$, то для их оценки будем использовать выражения, аналогичные тому, что и для вычисления $P(R_k)$, тогда:

$$P(C1_i) = \sum_s \sum_t p(C1_i / C11_s, C12_t) \times p(C11_s) \times p(C12_t)$$

$$P(C2_j) = \sum_s \sum_t p(C2_j / C21_s, C22_t) \times p(C21_s) \times p(C22_t)$$

Из этих выражений видно, что вершина R условно не зависит от вершин $C11, C12, C21, C22$, т.к. нет стрелок непосредственно соединяющих эти вершины. Таким образом, при использовании данного подхода необходимо, чтобы:

- 1) каждая вершина представляла собой событие, описываемое случайной величиной, которая может иметь несколько состояний;
- 2) все вершины, связанные с «родительскими» можно описать таблицей условных вероятностей или функцией условных вероятностей;

3) для вершины без «родителей» вероятности ее состояний являются безусловными.

Другими словами, в байесовских сетях доверия вершины представляют собой случайные переменные, а дуги – вероятностные зависимости, которые определяются через таблицы условных вероятностей. Таблица условных вероятностей каждой вершины содержит вероятности состояний этой вершины при условии состояний её «родителей».

На приведенном выше рисунке (рис. 3) дано графическое представление байесовской сети доверия. Однако, это только ее качественное представление. Перед тем, как назвать это полностью байесовской сетью доверия необходимо определить количественное представление, то есть множество таблиц условных вероятностей (таблицы 3 и 4). В простейшем случае будем считать, что каждая вершина может принимать всего лишь два возможных состояния и, как следствие находится в одном из них:

Таблица 3. – Возможные состояния вершин

Вершина (событие)	Состояние 1	Состояние 2
COVID-19	переболел	нет
Табакокурение	курит	нет
воздействие вредных факторов окружающей среды	воздействие есть	нет
прочие факторы	влияют	нет
обострение хронических заболеваний	да	нет

Таблицы априорных вероятностей выглядят следующим образом:

Априорная вероятность состояния $p(\text{COVID-19})$

COVID-19 = «переболел»	COVID-19 = «нет»
0,1	0,9

Априорная вероятность состояния $p(\text{табакокурение})$

табакокурение = «курит»	табакокурение = «нет»
0,1	0,9

Априорная вероятность состояния $p(\text{воздействие вредных факторов окружающей среды})$

воздействие вредных факторов окружающей среды = «воздействие есть»	воздействие вредных факторов окружающей среды = «нет»
0,1	0,9

Априорная вероятность состояния $p(\text{прочие факторы})$

прочие факторы = «влияют»	прочие факторы = «нет»
0,1	0,9

Таблица 4. – Условные вероятности $p(\text{обострение хронических заболеваний} \mid \text{COVID-19, табакокурение, воздействие вредных факторов окружающей среды, прочие факторы})$

	COVID-19 = «переболел»		COVID-19 = «нет»	
	табакокурение = «курит»	табакокурени е = «нет»	табакокурение = «курит»	табакокурение = «нет»
обострение хронических заболеваний = да	0,95	0,85	0,9	0,02
обострение хронических заболеваний = нет	0,05	0,15	0,1	0,98

Так как вершины «COVID-19» и «табакокурение» не имеют родительских вершин, то их вероятности являются маргинальными, т.е. не зависят (не обусловлены) ни от чего.

Таким образом, используя таблицу условных вероятностей (таблица 4) и соответствующий сценарий развития риска можно получить количественную оценку риска R – обострение хронических заболеваний.

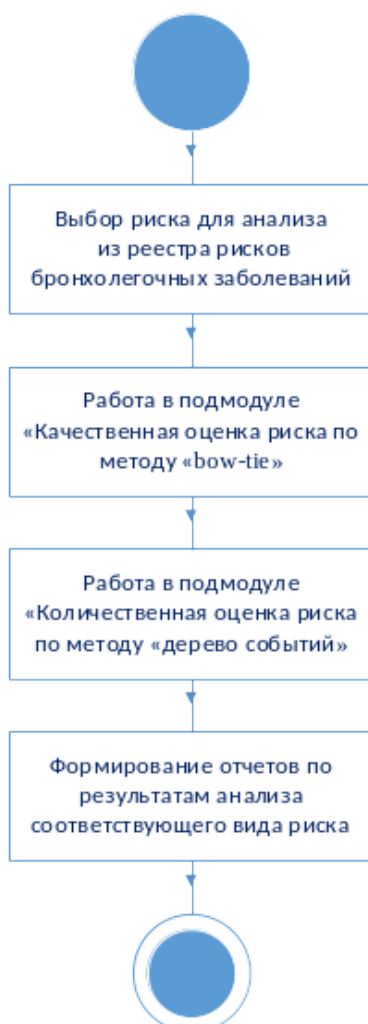


Рисунок 4. Возможный сценарий работы в модуле «Управление рисками»

На рис.4 показан возможный сценарий работы пользователя (врача) с модулем «Управление рисками» входящего в СППР. Известны отдельные реализации описанных методов, которые

успешно применяются для оценки рисков в различных областях человеческой деятельности. Реализация данного подхода в модуле «Оценка рисков бронхолегочных заболеваний» позволит не только получать качественные групповые и количественные индивидуальные оценки различных видов риска, входящих в реестр рисков по бронхолегочным заболеваниям, но и лучше понять природу рисков, а, следовательно, в определенной мере управлять ими.

Заключение

Результаты анализа оценки медицинских рисков бронхолегочных заболеваний показали актуальность и необходимость решения этой проблемы, которая в силу сложности предметной области и многофакторности отдельных задач является трудноформализуемой с одной стороны, а с другой требует совместных усилий инженеров по знаниям и врачей-специалистов. В статье показано, что метод анализа рисков «галстук-бабочка» является удобным инструментом как на стадии предварительного исследования в целом группы рисков бронхолегочных заболеваний, так и для выявления более глубоких причин и факторов, способствующих их эскалации. Метод также способствует выработке профилактических мероприятий по снижению соответствующего вида риска.

Экспертная работа специалистов по бронхолегочным заболеваниям позволяет свести данный метод качественного анализа соответствующего вида риска к его количественному эквиваленту, пользуясь методом дерева событий и учитывая причинно-следственные связи позволяя перейти к простейшим вероятностным моделям. В перспективе, используя такой подход и накопленный статистический материал, можно проанализировать каждый из обозначенных рисков бронхолегочных заболеваний для получения количественной оценки индивидуального риска. Таблицы условных вероятностей и написание сценариев эскалации риска позволяют вести речь в будущем о создании экспертной системы с соответствующей оценкой каждого вида индивидуального риска.

Результаты исследований, приведенные в статье, поддержаны грантом РФФ 22-19-00471.

Список литературы

1. М.А. Николаева, А.И. Агадуллина, В.В. Карамова Классификация и анализ рисков в гериатрии. Сборник докладов I Всероссийской научно-практической конференции «Региональные перспективы развития экономики здоровья». Издательство: Башкирский государственный университет (Уфа), 2019
2. Теория и практика оценки риска в медицине: материалы 30-й науч.-метод. ТЗЗ конф. преподавателей медико-профилактического факультета / под ред. А. Р. Аветисова. – Минск : БГМУ, 2013 – 47 с.

3. Николаева М.А. Модели и методы управления рисками в социально-экономических системах. / М. А. Николаева, О. Ф. Зотова, А. И. Агадуллина // Управление риском. 2013. № 3. С. 28–34.
4. <https://webiomed.ru/blog/obzor-rossiiskikh-sistem-podderzhki-priniatiia-vrachebnykh-reshenii/>
Гусев А. В. Обзор Российских систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР)
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска.
6. Поддержка принятия решений при анализе рисков производственных аварий и ЧС: Препринт монографии / Н.И. Юсупова, К.Р. Еникеева. – Уфа: Изд-во УНЦ РАН, 2013. – 132 с.
7. Бурцева Т.И., Солопова В.А., Байтелова А.И., Рахимова Н.Н. «Качественный анализ и оценка риска инфицирования персонала клинко-диагностических лабораторий» Журнал «Анализ риска здоровью» 2022. № 2 с.128 – 138. Доступ по ссылке: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvennyu-analiz-i-otsenka-riska-infitsirovaniya-personala-kliniko-diagnosticheskikh-laboratoriy/viewer>
8. Гусев А.В. Обзор Российских систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР)
9. Гусев А.В., Зарубина Т.В. Поддержка принятия врачебных решений в медицинских информационных системах медицинской организации (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, г. Москва, Россия) Журнал «Врач и информационные технологии» 2017, №2, с. 60. – 72
10. Медицинские калькуляторы Доступ по ссылке: <https://medical-club.net/prilozhenija-kalkuljatory-po-medsine/> (дата обращения: 22.10.2022)
11. Махонько М.Н., Шкрובה Н.В., Шарипов Д.Г., Шелехова Т.В. Хронический бронхит: анализ причин и рисков развития // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 5. Доступ по ссылке: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31981> (дата обращения: 22.10.2022)
12. Фурман Е.Г., Грымова Н.Н., Санагоева Л.П., Крылова О.А., Мазунина Е.С. Оценка риска развития бронхиальной астмы у детей раннего возраста с помощью опросника «Asthma Prediction Tool» Журнал «Российский вестник перинатологии и педиатрии», 2018; 63:(1), с. 34 – 39. Доступ по ссылке: <https://www.ped-perinatology.ru/jour/article/view/616/591> (дата обращения: 22.10.2022)
13. Бурькин И.М., Алеева Г.Н., Хафизьянова Р.Х. Управление рисками в системе здравоохранения как основа безопасности оказания медицинской помощи // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. ;URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8463> (дата обращения: 23.11.2022).

14. Завражский А.В. Особенности классификации рисков медицинских организаций // Теоретическая и прикладная экономика. – 2017. – № 3. – С. 90 - 105. DOI: 10.25136/2409-8647.2017.3.23878 Доступ по ссылке: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=23878 (дата обращения: 22.10.2022)
15. ГОСТ Р 51901.21-2012 Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения
16. ГОСТ Р 51901.22-2012 Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения
17. Шляхто Е.В., Звартау Н. Э., Виллевальде С.В., Яковлев А.Н., Соловьева А.Е., Алиева А.С., Авдоница Н.Г., Медведева Е.А., Федоренко А.А., Кулаков В.В., Карлина В.А., Ендубаева Г.В., Зайцев В.В., Соловьев А.Е. Система управления сердечно-сосудистыми рисками: предпосылки к созданию, принципы организации, целевые группы. Российский кардиологический журнал. 2019;24(11):69–82 doi:10.15829/1560-4071-2019-11-69-82
18. Он-лайн калькулятор риска сердечно-сосудистых нарушений <https://memini.ru/tests/32314/> (дата обращения: 22.10.2022)
19. Сайт ФинЭкспертиза Доступ по ссылке: <https://finexpertiza.ru/press-service/researches/2020/prichiny-smertnosti/> (дата обращения: 22.10.2022)
20. Трухан С.В., Бидюк П.И. Применение сетей Байеса к построению моделей оценки риска актуарные процессы. ScienceRise. 2016. Т. 8. № 2 (25). С. 6-14. DOI: 10.15587/2313-8416.2016.74962
21. Портал Business Analyst in Russia Доступ по ссылке: <http://bainr.ru/article28.html> (дата обращения: 22.10.2022)
22. Логинов М.П. Механизм управления банковскими рисками (кибернетический подход) Журнал Вестник финансового университета №1 2017 с. 56 – 63
23. Автоматизация и применение метода «галстук-бабочка» (bow-tie) при анализе риска согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 ООО РискГАП Доступ по ссылке: <http://old.riskgap.ru/bow-tie/> (дата обращения: 22.10.2022)
24. Yang, T., Shen, Q., Wang, S. *et al.* Risk factors that affect the degree of bronchopulmonary dysplasia in very preterm infants: a 5-year retrospective study. BMC Pediatr 22, 200 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12887-022-03273-7>