

УДК 657.6

UDC 657.6

08.00.00 Экономические науки

Economic sciences

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО АУДИТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРЕМЫ БАЙЕСА**

**MODELING OF MODERN TRENDS IN RISK-ORIENTED AUDIT WITH THE APPLICATION OF BAYES THEOREM**

Кацко Игорь Александрович  
докт. эконом. наук, профессор

Katsko Igor Aleksandrovich  
Doctor of Economy Sciences, Professor

Швырёва Ольга Ивановна  
канд. эконом. наук, профессор

Shvyreva Olga Ivanovna  
Cand.Econ.Sci., Professor

Киёк Марина Олеговна  
студентка учетно-финансового факультета  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Kiek Marina Olegovna  
student of the Financial accounting faculty  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В настоящей статье рассмотрены основы Байесовской теории вероятности, построенной на трансформации исходной гипотезы об исследуемом явлении или процессе в зависимости от поступления новой информации, которая повышает или понижает доверие к исходным параметрам модели изучаемого объекта. Практическая ценность теоремы Байеса была реализована в создании байесовских сетей во второй половине двадцатого века, что в значительной мере повлияло на дальнейшее развитие отдельных отраслей сферы высоких технологий, а также преобразило существовавшие подходы к принятию решений, основанных на экспертных оценках и статистическом моделировании. Для наглядной иллюстрации возможностей применения байесовских сетей с помощью использования программы Netica был разработан пример на базе имеющейся статистики Минфина РФ о распределении выданных аудиторских заключений по видам и условной оценки предприятий с различной степенью риска существенного искажения отчетности. В ходе анализа построенной модели были получены ценные выводы о влиянии субъективного мнения аудитора и возможности допущения ошибки при выражении мнения на конечное распределение вероятностей предоставления модифицированного или немодифицированного аудиторского заключения по итогам проверки

There are many ways to improve the decision-making process, but, with a big amount of data and complexity of decision-making trees, it's becoming more and more complicated to keep up with the flow of information coming from many spheres of modern life. Therefore, the development of various problem-solving approaches has become an important step in changing the face of existing technological systems. This idea appeared in the work of an American scientist J. Perl who, in 1988, founded a new probabilistic approach to artificial intelligence and developed principles of Bayesian Network. Bayesian Network is a graphical model that represents a set of random variables and their conditional dependencies. In the article, the most valuable parts of the given topic have been reviewed, cognitive maps have been compared with their partial manifestation - Bayesian Network; also, one of the options to practically use such models in the audit field has been analyzed by observing a possible decision-making process of giving a modified or unmodified opinion

Ключевые слова: БАЙЕСОВСКИЕ СЕТИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОГНИТИВНЫЕ КАРТЫ, АУДИТ, АУДИТОРСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Keywords: BAYESIAN NETWORK, MODELING, COGNITIVE MAPS, AUDIT, AUDIT REPORT

На протяжении уже более двухсот лет теорема Байеса, позволяющая находить вероятность события при условии наступления непосредственно с ним связанного, используется в различных областях науки и прикладных

исследованиях. Но вторая половина двадцатого века открывает новые возможности применения данной теоремы, реализуя их в создании байесовских сетей, которые представляют собой графическую модель распределения вероятностей между признаками, связанными причинно-следственной зависимостью.

Целью статьи является рассмотрение особенностей построения байесовских сетей и раскрытие основных понятий темы, а также иллюстрация на конкретном примере способов возможного применения представленной модели в области аудита.

Важно отметить, что настоящее исследование затрагивает актуальные вопросы, поскольку с развитием высоких технологий и увеличением объемов информации, требующей структуризации, встает необходимость ее «очистки» от элементов, отсутствие которых могло бы ускорить процесс обработки данных и улучшить качество их оценки.

Модели, построенные при помощи байесовских сетей, следует отнести к стохастическим.

Случайность, с точки зрения методологии Байеса, есть мера нашего незнания. То есть, чем больше факторов, оказывающих влияние на конечный результат, нам известно, тем более точную вероятность его появления мы сможем спрогнозировать.

Добавив к совокупности данных предпочтения или дополнительные параметры, мы увидим совершенно иной итог, который будет являться апостериорным распределением и находится по формуле:

$$P(A/B) = \frac{P(B/A)P(A)}{P(B)}, \quad (1)$$

$$\text{при этом } P(B) = P(B/A)P(A) + P(B/\bar{A})P(\bar{A}), \quad (2)$$

$$\text{или } P(B) = \sum_{i=1}^n P(B/A_i)P(A_i), \quad (3)$$

где  $P(A)$  — априорное распределение — вероятность появления конкретного исхода среди остальных возможных;

$P(B/A)$  — функция правдоподобия — совместное распределение выборки из параметрической совокупности, заданной функцией зависимости результата (Y) и факторов, на него влияющих (X);

$P(B)$  — распределение вероятностей, то есть сумма всех исходов данного события;

$P(A/B)$  — апостериорное распределение — условное распределение вероятностей какой-либо величины, рассматриваемое в противоположность ее безусловному или априорному распределению.

Рассмотрим экономический пример для наглядного представления применения байесовских сетей на практике.

Заменим привычные обозначения событий A и B на H и E, где H является экспертной оценкой или гипотезой, а B – доказательством этой гипотезы.

Тогда формула Байеса для поставленной задачи будет иметь вид:

$$P(H_i | E_1, E_2, \dots, E_n) = \frac{P(E_1 | H_i) P(E_2 | H_i) \dots P(E_n | H_i) P(H_i)}{\sum_{k=1}^m P(E_1 | H_k) P(E_2 | H_k) \dots P(E_n | H_k) P(H_k)}$$

(4)

$$i = 1, m.$$

Распределим вероятности событий на основе правила Байеса по базе знаний экспертной системы для вычисления апостериорных вероятностей гипотез при условии наблюдаемых свидетельств.

Пусть в БЗ имеется три гипотезы:

- $H_1$  (высокая надежность фирмы);
- $H_2$  (средняя надежность фирмы);
- $H_3$  (низкая надежность фирмы).

Априорные вероятности которых будут  $[P(H)]_1$ ,  $[P(H)]_2$ ,  $[P(H)]_3$ , соответственно; и два условно независимых свидетельства:

- $E_1$  (наличие прибыли у фирмы);
- $E_2$  (своевременные расчеты с бюджетом).

Представим распределение этих вероятностей в таблице 1.

Таблица 1- Распределение вероятностей по заданным условиям

$P(i)$	1	2	3
$P(H_i)$	0,3	0,5	0,2
$P(E_1 H_i)$	0,7	0,4	0,1
$P(E_2 H_i)$	0,9	0,6	0

Появление дополнительных фактов, влияющих на гипотезу, будет варьировать ее вероятность, приближая к 0 или 1 в зависимости от качества новой взаимосвязи.

Предположим, что имеются  $H_1$ ,  $H_2$  и  $H_3$ , но только одно свидетельство -  $E_1$ , появление которого является достоверным.

Тогда апостериорное распределение имеет вид:

$$P(H_i|E_1) = \frac{[P(E)]_1 \cdot [P(H)]_i \cdot P(H_i)}{\sum_{k=1}^3 [P(E)]_1 \cdot [P(H)]_k \cdot P(H_k)} \quad (5)$$

$$i = 1, 2, 3.$$

Подставим в формулу данные из таблицы.

$$P(H_1|E_1) = \frac{0,3 * 0,7}{0,3 * 0,7 + 0,5 * 0,4 + 0,2 * 0,1} = \frac{0,21}{0,43} = 0,49$$

$$P(H_2|E_1) = \frac{0,5 * 0,4}{0,3 * 0,7 + 0,5 * 0,4 + 0,2 * 0,1} = \frac{0,2}{0,43} = 0,47$$

$$P(H_3|E_1) = \frac{0,2 * 0,1}{0,3 * 0,7 + 0,5 * 0,4 + 0,2 * 0,1} = \frac{0,02}{0,43} = 0,05$$

Следовательно, после появления достоверного события  $E_1$  доверие к гипотезе  $H_1$  возрастает, к  $H_2$  – незначительно снижается, а к  $H_3$  сокращается в четыре раза.

Итак, после рассмотрения имеющего примера с наличием лишь одного из свидетельств добавим к решению независимое от  $E_1$  достоверное событие  $E_2$  и получим формулу Байеса следующего вида:

$$P(H_i | E_1 E_2) = \frac{P(E_{1,1} | H_i) P(E_{1,2} | H_i) P(H_i)}{\sum_{k=1}^3 P(E_{1,1} | H_k) P(E_{1,2} | H_k) P(H_k)}, \quad (6)$$

$$i = 1, 2, 3.$$

Тогда апостериорные распределения каждой из гипотез будут равны:

$$P(H_1 | E_1 E_2) = \frac{0,3 * 0,7 * 0,9}{0,3 * 0,7 * 0,9 + 0,5 * 0,4 * 0,6 + 0,2 * 0,1 * 0} = \frac{0,189}{0,309} = 0,61$$

$$P(H_2 | E_1 E_2) = \frac{0,5 * 0,4 * 0,6}{0,3 * 0,7 * 0,9 + 0,5 * 0,4 * 0,6 + 0,2 * 0,1 * 0} = \frac{0,12}{0,309} = 0,39$$

$$P(H_3 | E_1 E_2) = \frac{0,2 * 0,1 * 0}{0,3 * 0,7 * 0,9 + 0,5 * 0,4 * 0,6 + 0,2 * 0,1 * 0} = \frac{0}{0,309} = 0$$

Исходя из полученных результатов, можно заключить, что при одновременном появлении в вероятностной модели двух свидетельств – наличия прибыли и своевременного расчета с бюджетом – в БЗ остаются только две гипотезы  $H_1$  и  $H_2$ , среди которых 61% будет приходиться на долю фирм с высокой степенью надежности, а 39% – на фирмы средней надежности [6].

Подобный подход используется в различных отраслях науки и находит свое практическое применение во многих процессах, которые сопровождают не только сложные модели предметных областей, но и повседневную жизнь.

Рассмотрим некоторые из областей применения байесовских сетей, воплощающих возможность использования сложных формализованных моделей с простыми и понятными конечными выводами (рисунок 1) [8, 10]:

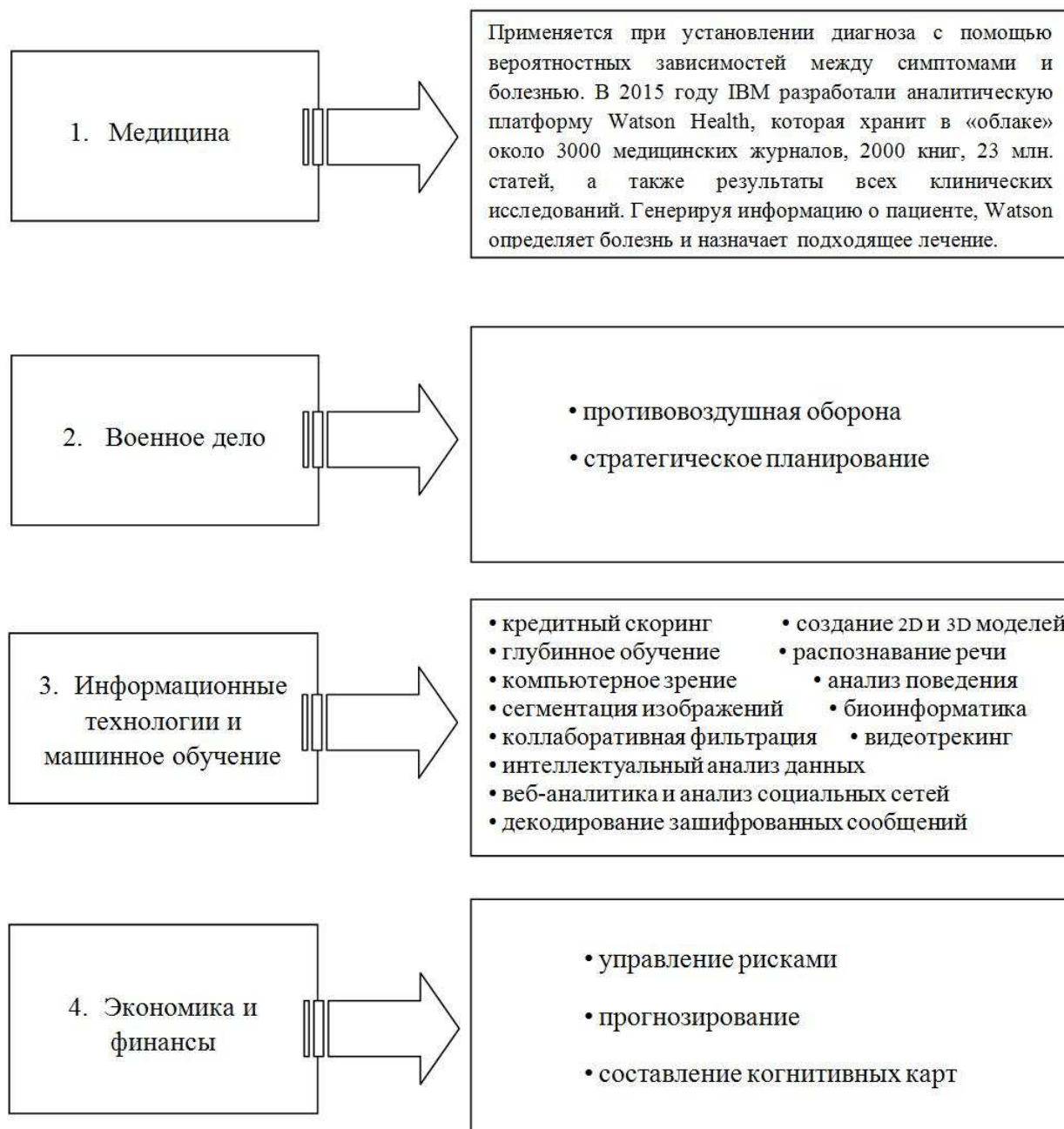


Рисунок 1 – Области применения байесовских сетей

Последний пункт по применению в сфере экономики и финансов является лишь условно определенным в имеющуюся группу, так как байесовские сети можно рассматривать как частный случай когнитивных карт.

Под когнитивными картами понимают графовую модель сложной ситуации в виде причинно-следственных связей между факторами, основанных на экспертных представлениях [2]. В отличие от байесовских сетей когнитивные карты в своем классическом виде представлены не вероятностной оценкой, а величиной от минус единицы до единицы. К общим чертам можно отнести возможность решения обратной задачи, которая выражается в наличии у данных систем трех состояний [9]:

1. Саморазвитие (взаимосвязи между результатом и факторами распределяются в зависимости от исходных значений);
2. Управляемое развитие (корректировка некоторых показателей);
3. Расчет требуемого результата (замена конечного вывода на желаемый, вследствие чего зависящие от него значения приобретут форму, при которой такой вывод возможен).

В реализации создания подобной модели с помощью байесовских сетей могут помочь такие программы, как Netica и Bayes Server.

Рассмотрим возможности использования аналитической платформы Netica на примере аудиторского мнения о достоверности бухгалтерской (финансовой) отчетности аудируемого лица.

По итогам проверки данных организации и после обобщения полученных выводов аудитор выносит заключение, которое в зависимости от наличия в проаудированной бухгалтерской отчетности существенных искажений и полноты получения аудитором достаточных надежных аудиторских доказательств может быть модифицированным и немодифицированным.

В случае подтверждения соответствия данных бухгалтерской отчетности данным регистров учета и первичным документам, соблюдения

аудируемым лицом норм законодательства, раскрытия существенной информации в пояснениях аудитор выражает немодифицированное (или безоговорочно положительное) мнение. При наличии существенных искажений или ограничении объема аудита аудируемому лицу выдается модифицированное аудиторское заключение, которое может содержать [4]:

а) мнение с оговоркой (существенное, но не всеобъемлющее отсутствие возможности получения достаточных аудиторских доказательств и искажения частного характера, не влекущие за собой ряд ошибок по взаимосвязанным группам операций и статьям учета);

б) отрицательное мнение (наличие существенных искажений в бухгалтерской финансовой отчетности всеобъемлющего характера);

в) отказ от выражения мнения (ограничение объема аудита).

На основе структурированных данных о видах аудиторских заключений создадим БЗ и добавим к имеющимся элементам три гипотезы:

–  $H_1$  (организации с низким уровнем риска существенного искажения отчетности), где  $P(H)_1 = 0,35$ ;

–  $H_2$  (организации со средним уровнем риска существенного искажения отчетности), где  $P(H)_2 = 0,5$ ;

–  $H_3$  (организации с высоким уровнем риска существенного искажения отчетности), где  $P(H)_3 = 0,15$ .

Также учтем вероятность ошибки при выражении мнения аудитора, которая в рассматриваемом примере будет равна 0,03 (иначе – приемлемый аудиторский риск, обусловленный ограничениями выборочного исследования и несовершенства систем учета и внутреннего контроля аудируемого лица). Она будет заложена во внутреннем распределении и выведена на экран в качестве отдельной вершины только для наглядного обоснования полученных отклонений.



Тогда саморазвитие построенной на причинно-следственных связях системы в конкретном случае будет выглядеть следующим образом (рисунок 2).

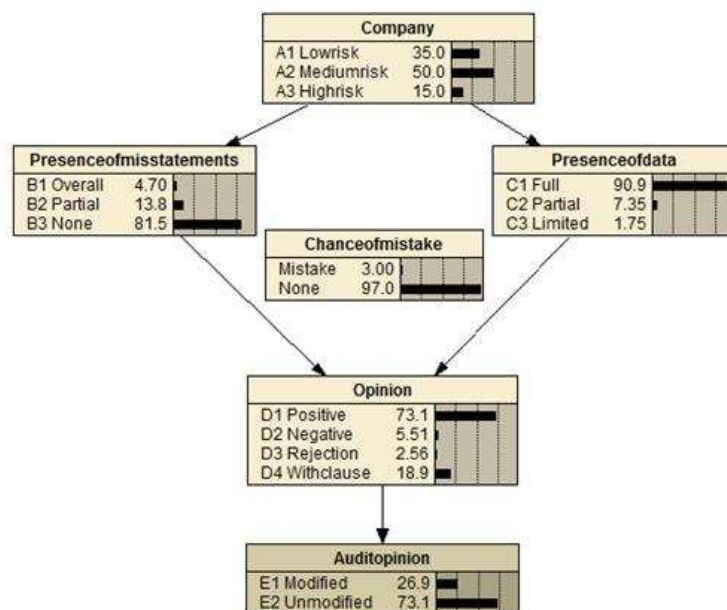


Рисунок 2 – Состояние саморазвития системы

где: A1, A2, A3 – риски существенного искажения бухгалтерской (финансовой) отчетности группы аудируемых лиц – соответственно: низкий (lowrisk), средний (mediumrisk), высокий (highrisk);

B1, B2, B3 – наличие в проаудированной финансовой отчетности существенных искажений (B1 – всеобъемлющего характера, B2 – частного характера, B3 – отсутствие искажений);

C1, C2, C3 – получены достаточные надлежащие аудиторские доказательства (C1 – в полном объеме, C2 – имело место ограничение частного характера, C3 – всеобъемлющее ограничение объема аудита);

D1, D2, D3, D4 – выражение мнения аудитора (D1 – немодифицированное, D2 – отрицательное, D3 – отказ от выражения мнения, D4 – с оговоркой);

E1, E2 – вид аудиторского заключения (E1 – модифицированное, E2 – немодифицированное).

При этом после распределения вероятностей при заданных параметрах доля немодифицированных заключений составит 73,1%, а модифицированного – 26,9% (из которых 18,9% будет являться мнением с оговоркой, 5,51% – отрицательным, 2,56% – отказом от выражения мнения).

Данное распределение соответствует статистике Минфина РФ о результатах аудита за 2014 г. [1].

Для иллюстрации управляемого развития систем изменим значение приемлемого аудиторского риска с 0,03 (рисунок 3.1) до 0,15 (рисунок 3.2).

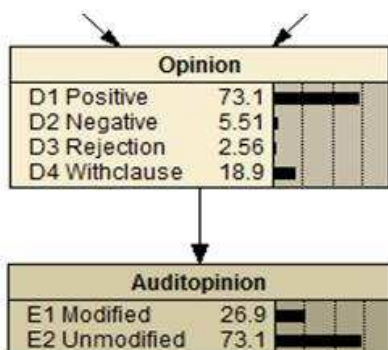


Рисунок 3.1– Управляемое развитие с вероятностью ошибки 0,03

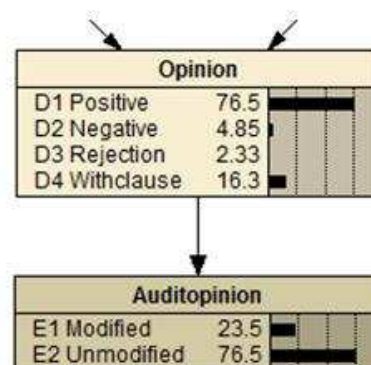


Рисунок 3.2 – Управляемое развитие с вероятностью ошибки 0,15

Так, в первом распределении процент немодифицированного заключения составляет 73,1%, а во втором, как и следовало ожидать, увеличит вероятность выдачи немодифицированного заключения, причем на 3,4 процентных пункта, что является не столь значительным отклонением, что

позволяет сделать вывод о незначительном влиянии риска необнаружения на выводы аудитора в заключении.

Рассмотрим, как повлияет на аудиторское заключение неадекватная первоначальная оценка риска существенного искажения отчетности аудитором. Так, изменим первоначальное распределение аудируемых лиц по уровню риска (70 % - организации, характеризующиеся низким риском существенного искажения, 30 % - организации со средним риском). Тогда распределение вероятности выдачи аудиторского заключения определенного типа будет выглядеть так (рисунок 4).

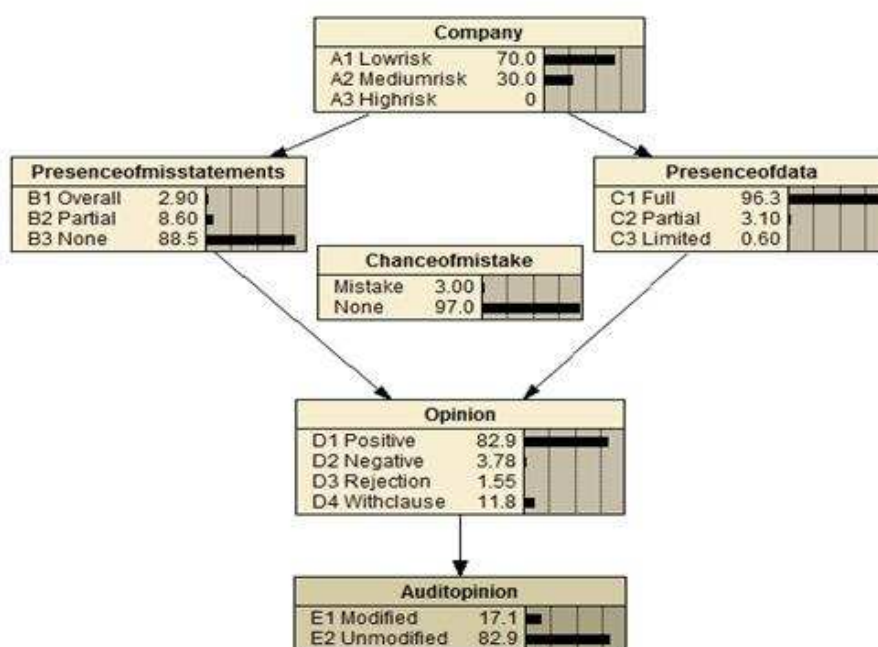


Рисунок 4 – Управляемое развитие процесса аудита при занижении оценки риска существенного искажения отчетности

В данной ситуации вероятность выдачи немодифицированного заключения возрастает на 9,8 процентных пунктов. То есть излишняя лояльность аудитора к клиенту может проявиться с этапа планирования аудита при оценке рисков существенного искажения. И именно неадекватный процесс оценки рисков, а не управление риском необнаружения, может послужить причиной некачественного аудита. Одна из иллюстраций такой

ситуации – история разоблачения махинаций одной из крупнейших аудиторских компаний Arthur Anderson, которая выдавала безоговорочно аудиторские заключения компании Enron, преднамеренно искажавшей информацию о реальном финансовом положении.

Последним из трех состояний системы, построенной по принципу байесовских сетей, является расчет требуемого результата. Для этого будем постепенно повышать вероятность вынесения модифицированного аудиторского заключения с шагом равным 10, что повлечет за собой изменения не только сопутствующей вероятности, но и всех взаимосвязанных с ней, полученный результат рассмотрим на графике, демонстрирующем процентное соотношение предприятий при таком способе пошагового распределения (рисунок 6). Также зафиксируем нейтральное положение системы с равновероятным появлением двух событий (рисунок 5).

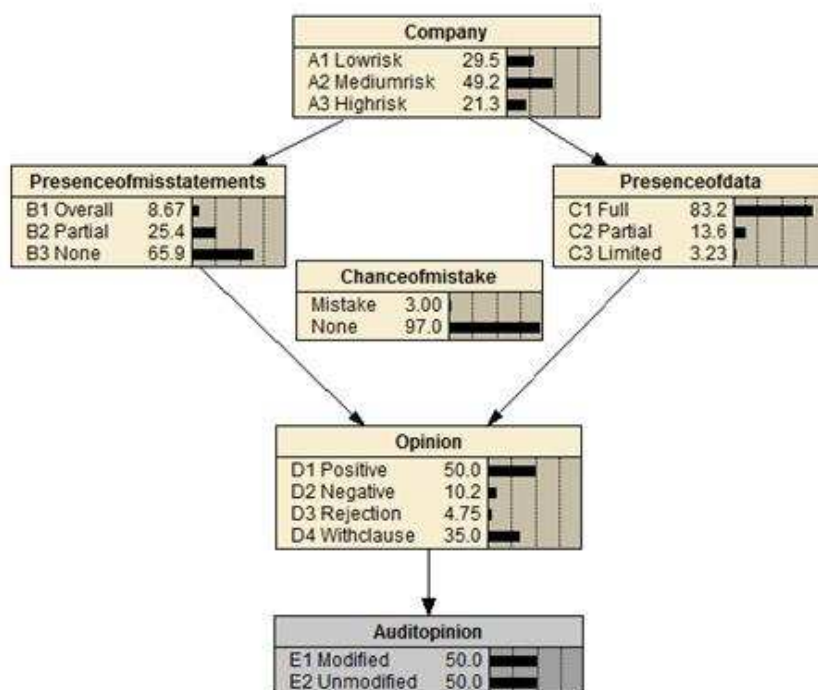


Рисунок 5 – Расчет требуемого результата

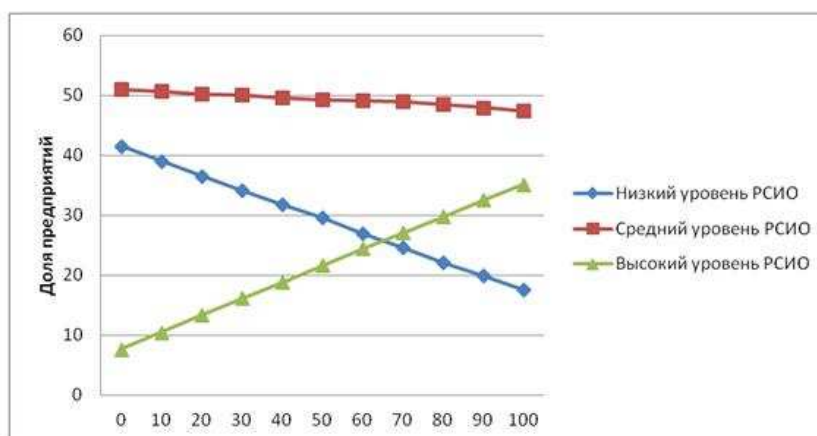


Рисунок 6 - Процентное соотношение предприятий при увеличении вероятности вынесения модифицированного аудиторского заключения

По данным графика можно заключить, что с увеличением вероятности получения модифицированного заключения доля предприятий высокого уровня риска существенного искажения отчетности стремительно растет, а низкого уровня РСИО – сокращается. В то же время процент организаций со средним уровнем РСИО незначительно снижается, составляя 47% от общей совокупности предприятий при достоверной вероятности появления модифицированного аудиторского заключения по итогам проверки.

Этот результат может быть весьма полезен для мониторинга состояния аудиторской деятельности уполномоченным федеральным органом (Минфином РФ) с точки зрения определения влияния отдельных факторов на динамику результатов аудита. Атипичная картина может свидетельствовать о недобросовестных проверках, неадекватной оценке рисков существенного искажения, снижении качества аудиторских процедур, излишней лояльности аудиторов к отдельным клиентам и прочих признаках снижения качества аудита.

Таким образом, байесовские сети, в основе которых заложена формула английского математика Томаса Байеса, заполняют пустоту, разделяющую априорную вероятность и объективное представление действительности, тем самым расширяя возможности применения подобного под-

хода и способствуя дальнейшей их эволюции во взаимодействии с другими областями наук.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Основные показатели рынка аудиторских услуг в Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.minfin>
2. Авдеева, З. К., Коврига, С. В. Формирование стратегии развития социально-экономических объектов на основе когнитивных карт. Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 184 с.
3. Бондаренко, П. С. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для бакалавров / П. С. Бондаренко, Г. В. Горелова, И. А. Кацко. Краснодар: Кубанский ГАУ 2013. – 340 с.
4. Жминько, С. И. Теория аудита: уч. пособие / С. И. Жминько, О. И. Швырева, М. Ф. Сафонова, И. Н. Калинина. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 443 с.
5. Кацко, И. А. Практикум по анализу данных на компьютере: Учебно-практическое пособие / И. А. Кацко, Н. Б. Паклин; под ред. проф. Г. В. Гореловой. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 236 с.
6. Модели и методы прикладных систем исследований (практикум): учеб. пособие / Под ред. А. И. Трубилина, И. А. Кацко. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 449 с.
7. Статистика: Учебное пособие для бакалавров / А. М. Ляховецкий, Е. В. Кремьянская, Н. В. Климова / Под редакцией В. И. Нечаева Краснодар: Кубанский ГАУ, 2013. – 359 с.
8. Байесовские методы машинного обучения (курс лекций, Д. П. Ветров, Д. А. Кропотов)/2015 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.machinelearning.ru>
9. Информационная технология моделирования сложных систем с помощью нечетких когнитивных карт / П. И. Сагайда [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.slideshare.net>
10. IBM Watson Health [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ibm.com>

#### REFERENCES

1. Osnovnye pokazateli rynka auditorskih uslug v Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.minfin>
2. Avdeeva, Z. K., Kovriga, S. V. Formirovanie strategii razvitija social'no-jeconomicheskikh ob#ektov na osnove kognitivnyh kart. Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 184 s.
3. Bondarenko, P. S. Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika: ucheb. posobie dlja bakalavrov / P. S. Bondarenko, G. V. Gorelova, I. A. Katsko. Krasnodar: Kubanskij GAU 2013. – 340 s.

4. Zhminko, S. I. Teorija audita: uch. Posobie / S. I. Zhminko, O. I. Shvyreva, M. F. Safonova, I. N. Kalinina. – Rostov n/D: Feniks, 2013. – 443 s.
5. Katsko, I. A. Praktikum po analizu dannyh na komp'jutere: Uchebno-prakticheskoe posobie / I. A. Katsko, N. B. Paklin; pod red. prof. G. V. Gorelovoj. – Krasnodar: KubGAU, 2007. – 236 s.
6. Modeli i metody prikladnyh sistem issledovaniy (praktikum): ucheb. posobie / Pod red. A. I. Trubilina, I. A. Katsko. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – 449 s.
7. Statistika: Uchebnoe posobie dlja bakalavrov / A. M. Lyakhovetsky, E. V. Kremyanskaya, N. V. Klimova / Pod redakciej V. I. Nechaeva Krasnodar: Kubanskiy GAU, 2013. – 359 s.
8. Bajesovskie metody mashinnogo obuchenija (kurs lekcij, D. P. Vetrov, D. A. Kropotov)/2015 [JElektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.machinelearning.ru>
9. Informacionnaja tehnologija modelirovanija slozhnyh system s pomoshh'ju nechetkih kognitivnyh kart / P. I. Sagajda [JElektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.slideshare.net>
10. IBM Watson Health [JElektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.ibm.com>