Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. В. Язенин, Р. Р. Рзаев, А. Н. Сулейманова, Два подхода к оценке уровня конфиденциальности сведений, подлежащих включению в будущий документ, *Нечеткие системы и мягкие вычисления*, 2018, том 13, выпуск 1, 59–80

DOI: <https://doi.org/10.26456/fssc41>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.92.164.108

26 апреля 2023 г., 13:20:19

**ДВА ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ
КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ СВЕДЕНИЙ,
ПОДЛЕЖАЩИХ ВКЛЮЧЕНИЮ В БУДУЩИЙ ДОКУМЕНТ**

Язенин А.В.* , Рзаев Р.Р. , Сулейманова А.Н.*****

* Тверской государственный университет, г. Тверь,

** Институт систем управления НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджанская Республика,

*** Бакинский государственный университет,
г. Баку, Азербайджанская Республика

Поступила 07.02.2018, после переработки 07.03.2018.

Рассматриваются два подхода к установлению грифов конфиденциальности документов на основе экспертных заключений относительно влияния факторов конфиденциальности на уровень секретности сведений, подлежащих включению в будущий документ. Посредством этих подходов, основанных на применении метода взвешенных коэффициентов оценочных признаков и механизма нечеткого вывода, получены итоговые оценки уровней грифов конфиденциальности для произвольного набора альтернатив и проведен их сравнительный анализ.

Ключевые слова: фактор конфиденциальности, экспертная оценка, коэффициент конкордации, нормированная оценка, нечеткое множество, нечеткий вывод.

Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2018. Т. 13, № 1. С. 59–80.
<https://doi.org/10.26456/fssc41>

1. Введение

Создание условий для своевременного установления адекватного уровня грифа конфиденциальности сведений, подлежащих включению в будущий документ, является первым и, пожалуй, основным элементом защиты документированной информации, позволяющим обеспечить относительно надежную безопасность служебной тайны в конкретной организации. Поэтому перед созданием документа первоначально решаются вопросы: является ли данная информация конфиденциальной и, если да, то какой уровень грифа конфиденциальности ей должен быть присвоен.

Существующие подходы к процедуре установления степени конфиденциальности сведений, подлежащих включению в будущие документы, основываются на применении эвристических знаний (в частности, системы предпочтений) руководителя и/или работников службы, ответственных за присвоения грифа конфиденциальности (РКД) [1, 2]. При этом, процесс установления уровня конфиденциальности имеет ряд недостатков, основным из которых является низкая

объективность выносимой оценки конфиденциальности, обусловленная системой субъективных предпочтений, которой пользуется РКД при анализе контекстных сведений на предмет их конфиденциальности [3]. Поэтому для повышения объективности процесса оценки, синтеза и выбора консолидированного решения относительно уровня секретности сведений, подлежащих включению в документ, необходимо привлекать независимые экспертные знания и мнения относительно наличия факторов конфиденциальности и их влияния на уровень секретности. Исходя из этих предпосылок, становится очевидной важность и актуальность исследования методов взвешенной оценки уровня конфиденциальности документов.

2. Постановка задачи

Пусть имеют место n контекстных признаков оценки степени конфиденциальности сведений, подлежащих включению в будущий документ, $X = \{x_i\}_{i=1}^n$, которые однозначно отождествляются с факторами конфиденциальности (ФК), учитываемых при вынесении обобщенной оценки на основе заключений, полученных от m экспертов. Каждый j -ый эксперт ($j = 1, \dots, m$) формирует ранговую оценку исследуемого i -го ФК ($i = 1, \dots, n$) в виде r_{ij} и нормированное значение оценки этого ФК – e_{ij} , так что $\sum_{i=1}^n e_{ij} = 1$. Оценки ФК осуществим на основе двух методов экспертизы: сравнительную качественную оценку ФК – методом простого ранжирования (или методом предпочтений экспертов), а количественную оценку параметров ФК – методом задания весов (нормированных значений) ФК. Исходя из вышеизложенного необходимо определить степень согласованности экспертных оценок, обобщенные веса ФК, и инициировать рекомендации для формирования итоговой взвешенной оценки уровня секретности документа с учетом взвешенных коэффициентов, оцениваемых ФК.

Для получения суммарного уровня секретности на основе качественных характеристик факторов конфиденциальности, оказывающих на него существенные влияния, необходимо адаптировать нечеткую модель для многокритериальной оценки уровня конфиденциальности посредством применения механизма нечеткого вывода.

3. Установление степени согласованности экспертных оценок

Существующие требования к компетентности подходов к формированию и оценке уровня конфиденциальности сведений, подлежащих включению в будущие документы, заключаются в исследовании многомерных признаков оценки уровня конфиденциальности и использовании их при формировании итогового грифа секретности документа. Другими словами, оценка степени конфиденциальности сведений, подлежащих включению в документ, является многокритериальной процедурой, подразумевающей применение композиционного правила агрегирования оценки по каждому из следующих оцениваемых признаков (или): x_1 – экономическая значимость; x_2 – научная значимость; x_3 – ценовая значимость; x_4 – официальный уровень; x_5 – интерес к сведению со стороны зарубежных стран; x_6 – отношение к публикации подобных сведений в зарубежных странах.

Теперь предположим, что путем независимого анкетирования 15-ти профильных специалистов определены экспертные оценки по перечисленным ФК x_i ($i = 1, \dots, 6$). Каждому эксперту предлагалось расположить ФК по принципу: наиболее важный фактор обозначить цифрой «1», следующий менее важный – цифрой «2» и далее по убыванию порядка предпочтения. Полученные таким образом ранговые оценки представлены в Таблице 1.

Таблица 1: Ранжирование ФК в порядках предпочтений экспертов

Порядковый номер j -го эксперта	Оцениваемые ФК и их ранговая оценка (r_{ij})					
	Экономическая значимость	Научная значимость	Ценовая значимость	Официальный уровень	Интерес к сведениям со стороны зарубежных стран	Отношение к публикации подобных сведений в зарубежных странах
	Обозначение и индексация ФК x_i ($i = 1, \dots, 6$)					
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
01	1	2	4	3	5	6
02	1	3	2	5	4	6
03	2	1	6	4	3	5
04	1	3	4	2	6	5
05	3	2	1	4	5	6
06	1	2	4	3	6	5
07	2	1	5	4	3	6
08	1	2	4	3	6	5
09	1	5	3	4	2	6
10	1	3	2	4	6	5
11	1	4	3	2	5	6
12	1	2	3	5	4	6
13	2	1	3	4	5	6
14	1	3	2	4	5	6
15	1	4	3	5	2	6
$\sum_{i=1}^{15} r_{ij}$	20	38	49	56	67	85

Чтобы выявить согласованность мнений экспертов на предмет ранговой корреляции приоритетностей ПП, воспользуемся коэффициентом конкордации Кендалла, который согласно [4, 5] вычисляется по формуле:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

где m – число экспертов; n – число ФК, а S – отклонение экспертных заключений от среднего значения ранжирования ФК, которое вычисляется по формуле [5]:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2, \quad (2)$$

где $r_{ij} \in \{1, 2, \dots, 6\}$ – ранг i -го ФК, установленный j -ым экспертом ($j = 1, \dots, m$).

В нашем случае значение коэффициента конкордации Кендалла, рассчитанного по формуле (1), при величине $S = 2557.5$, вычисленной на основании (2) и данных из Таблицы 1, будет равно:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 2557.5}{15^2(6^3 - 6)} = 0.649524.$$

Значение коэффициента конкордации $W = 0.649524$ свидетельствует о достаточно высокой степени согласованности экспертных заключений относительно приоритетности ФК x_i ($i = 1, \dots, 6$).

4. Идентификация обобщенных весовых коэффициентов ФК

На предварительном этапе независимого анкетирования каждому эксперту также было предложено установить значения нормированных оценок ФК. Результаты этого анкетирования сведены в Таблицу 2. Основываясь на этих данных, проведем расчеты для определения и последующей настройки весовых коэффициентов ФК. С этой целью в начале определим групповые оценки ФК и числовые характеристики (степени) компетентности каждого из 15-ти экспертов.

Для вычисления средней α_i по i -ой группе нормированных оценок ФК воспользуемся взвешенными степенями компетентности экспертов разностным уравнением вида [6]:

$$\alpha_i(t+1) = \sum_{j=1}^m w_j(t) \alpha_{ij}, \quad (3)$$

где $w_j(t)$ – весовой коэффициент, характеризующий степень компетентности j -го эксперта ($j = 1, \dots, m$) на момент времени t . В этом случае процесс нахождения групповых оценок нормированных значений носит итерационный характер, который завершается после выполнения условия [6]:

$$\max_i \{|\alpha_i(t+1) - \alpha_i(t)|\} \leq \varepsilon, \quad (4)$$

где ε – допустимая точность расчетов, которая устанавливается пользователем заранее. В рассматриваемом нами случае пусть это будет $\varepsilon = 0.001$.

На начальном этапе $t = 0$ будем полагать, что эксперты обладают одинаковыми степенями компетентности. Тогда, полагая для общего случая величину $w_j(0) = \frac{1}{m}$ начальным значением степени компетентности каждого эксперта, среднее значение по i -ой группе нормированных оценок ФК в первом приближении получим из частного равенства:

$$\alpha_i(1) = \sum_{j=1}^m w_j(0) \alpha_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \alpha_{ij}. \quad (5)$$

Таблица 2: Значения нормированных оценок ΦK , установленные экспертами

Поряд- ковый номер j -го экс- перта	Оцениваемые ΦK и их нормированные значения (α_{ij})					
	Эконо- мическая значи- мость	Научная значи- мость	Ценовая значи- мость	Офи- циаль- ный уровень	Интерес к сведе- нию со стороны зару- бежных стран	Отношение к пуб- ликации подобных сведений в зару- бежных странах
	Обозначение и индексация ΦK x_i ($i = 1, \dots, 6$)					
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
01	0.300	0.250	0.150	0.200	0.075	0.025
02	0.250	0.175	0.200	0.125	0.150	0.100
03	0.200	0.250	0.100	0.150	0.175	0.125
04	0.300	0.200	0.100	0.275	0.050	0.075
05	0.200	0.250	0.300	0.150	0.075	0.025
06	0.300	0.200	0.150	0.175	0.075	0.100
07	0.200	0.250	0.125	0.150	0.175	0.100
08	0.275	0.250	0.125	0.200	0.050	0.100
09	0.275	0.100	0.200	0.125	0.250	0.050
10	0.300	0.200	0.250	0.150	0.025	0.075
11	0.250	0.150	0.175	0.200	0.125	0.100
12	0.300	0.250	0.200	0.075	0.150	0.025
13	0.200	0.250	0.175	0.150	0.125	0.100
14	0.300	0.175	0.200	0.150	0.100	0.075
15	0.250	0.150	0.200	0.100	0.250	0.050
$\sum_{i=1}^{15} \alpha_{ij}$	3.900	3.100	2.650	2.375	1.850	1.125

В соответствии с (5) усредненными оценками ΦK по группам в первом приближении будут следующие значения:

$$\{\alpha_1(1); \alpha_2(1); \alpha_3(1); \alpha_4(1); \alpha_5(1); \alpha_6(1)\} = \{0.26; 0.2067; 0.1767; 0.1583; 0.1233; 0.075\}.$$

При этом не трудно заметить, что требование (4) для первого приближения не выполняется. Поэтому, прежде чем перейти на следующий этап итерации, вычислим нормирующий коэффициент $\eta(1)$ следующим образом [6]:

$$\begin{aligned} \eta(1) = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{15} \alpha_{ij}(1) \alpha_{ij} = & 0.26 \cdot 3.9 + 0.2067 \cdot 3.1 + 0.1767 \cdot 2.65 + 0.1583 \cdot 2.375 + \\ & + 0.1233 \cdot 1.85 + 0.075 \cdot 1.125 = 2.8114. \end{aligned}$$

Тогда показатели компетентности экспертов можно вычислить согласно выражениям [6]:

$$\begin{cases} w_j(1) = \frac{1}{\eta(1)} \sum_{i=1}^6 \alpha_i(1) \cdot \alpha_{ij} \quad (j = \overline{1, 14}), \\ w_{15}(1) = 1 - \sum_{j=1}^{14} w_j(1), \quad \sum_{j=1}^{15} w_j(1) = 1, \end{cases} \quad (6)$$

где $w_{15}(1)$ – показатель компетентности 15-го эксперта. На основании выражений (6) в первом приближении имеют место следующие показатели компетентности экспертов:

$$\{w_1(1); w_2(1); w_3(1); w_4(1); w_5(1); w_6(1); w_7(1); w_8(1); w_9(1); w_{10}(1); w_{11}(1); w_{12}(1); w_{13}(1); w_{14}(1); w_{15}(1)\} = \{0.0708; 0.0648; 0.0626; 0.0684; 0.0681; 0.0677; 0.0635; 0.0678; 0.0647; 0.0697; 0.0646; 0.0702; 0.0645; 0.0680; 0.0646\}.$$

Теперь можно приступить к вычислению средней групповой оценки Φ_K во втором приближении по формуле (3), а точнее по ее частному выражению:

$$\alpha_i(2) = \sum_{j=1}^{15} w_j(1) \alpha_{ij}.$$

В этом случае средними оценками Φ_K по группам $i = 1, \dots, 6$ во втором приближении будут следующие числа:

$$\{\alpha_1(2); \alpha_2(2); \alpha_3(2); \alpha_4(2); \alpha_5(2); \alpha_6(2)\} = \{0.2611; 0.2071; 0.1772; 0.1587; 0.1216; 0.0743\}.$$

Проверяя полученные значения на выполнение условия (4) и убедившись, что оно вновь не выполняется:

$$\begin{aligned} \max_i \{|\alpha_i(2) - \alpha_i(1)|\} &= \max\{|0.261112 - 0.26|, |0.207122 - 0.206667|, \\ &|0.177198 - 0.176667|, |0.158667 - 0.158333|, |0.121634 - 0.123333|, \\ &|0.074266 - 0.075|\} = 0.0017 > \varepsilon, \end{aligned}$$

приступим к вычислению нормирующего коэффициента $\eta(2)$:

$$\begin{aligned} \eta(2) &= \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{15} \alpha_i(2) \alpha_{ij} = 0.2611 \cdot 3.9 + 0.2071 \cdot 3.1 + 0.1772 \cdot 2.65 + 0.1587 \cdot 2.375 + \\ &+ 0.1216 \cdot 1.85 + 0.0743 \cdot 1.125 = 2.8154. \end{aligned}$$

Тогда показателями компетентности экспертов на втором приближении $w_j(2)$ ($j = 1, \dots, 15$) будут соответствующие по порядку числа: 0.0708; 0.0648; 0.0625; 0.0685; 0.0682; 0.0677; 0.0635; 0.0678; 0.0646; 0.0698; 0.0645; 0.0702; 0.0644; 0.0680; 0.0646.

Средние групповые оценки Φ_K в третьем приближении можно получить из следующего частного случая формулы (3), а именно как: $\alpha_i(3) = \sum_{j=1}^{15} w_j(2) \alpha_{ij}$. В данном случае средними оценками Φ_K по группам $i = 1, \dots, 6$ в третьем приближении будут числа:

$$\{\alpha_1(3); \alpha_2(3); \alpha_3(3); \alpha_4(3); \alpha_5(3); \alpha_6(3)\} =$$

$$= \{0.26113; 0.207135; 0.177206; 0.158685; 0.121584; 0.07426\}.$$

Как не трудно заметить, точность групповых оценок ФК в третьем приближении уже удовлетворяет условию (4):

$$\begin{aligned} \max_i \{|\alpha_i(3) - \alpha_i(2)|\} &= \max\{|0.261130 - 0.261112|, |0.207135 - 0.207122|, \\ &|0.177206 - 0.177198|, |0.158685 - 0.158667|, |0.121584 - 0.121634|, \\ &|0.074260 - 0.074266|\} = 0.00005 < \varepsilon, \end{aligned}$$

что является основанием для прекращения вычислений. В этом случае значения групповых оценок ФК в третьем приближении, т.е. $\{\alpha_1(3); \alpha_2(3); \alpha_3(3); \alpha_4(3); \alpha_5(3); \alpha_6(3)\}$, будем считать окончательными (консолированными) весовыми коэффициентами.

5. Определение грифа конфиденциальности документа на основе экспертных оценок

Документы, для которых проведен анализ содержимых сведений на предмет наличия конфиденциальности, имеют, как правило, несколько уровней грифа секретности: «Строго конфиденциально», «Конфиденциально: под особым контролем», «Конфиденциально», «Для служебного пользования», которые формируются на основе агрегации предварительных оценок ФК, проводимых РКД, скажем, по пятибалльной системе: «ЧЕРЕСЧУР СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ» – 5; «ОЧЕНЬ СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ» – 4; «БОЛЕЕ ЧЕМ СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ» – 3; «СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ» – 2, «НЕСУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ» – 1; «ОТСУТСТВУЕТ» – 0. Классификацию документов на предмет их уровней секретности или, проще говоря, присвоение им грифа осуществим посредством следующего критерия формирования итоговой оценки [6]:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^6 \alpha_i x_i}{\max_i \sum_{i=1}^6 \alpha_i x_i} \times 100\%, \quad (7)$$

где α_i – весовой коэффициент значимости ФК, x_i – оценка ФК, данная РКД по пятибалльной системе оценивания. При этом, грифы конфиденциальности документа выставляются исходя из следующих соображений:

- «Строго конфиденциально», если $C \in [90\%; 100\%]$;
- «Конфиденциально: под особым контролем», если $C \in [80\%; 90\%]$;
- «Конфиденциально», если $C \in [65\%; 80\%]$;
- «Для служебного пользования», если $C \in [50\%; 65\%]$;
- «Не нуждаются в грифе конфиденциальности», если $C \in [0\%; 50\%]$.

Теперь предположим, что экспертному сообществу предлагается по пятибалльной системе протестировать 10 альтернативных документов: a_k ($k = 1, \dots, 10$) на предмет оценки степени влияния ФК x_i ($i = 1, \dots, 6$) на уровень их секретности.

Таблица 3: Классификация документов a_k по уровням конфиденциальности

№ п/п	Весовой коэффициент оценки ФК						Соот- ношение ито- говой оценки (%)	Рекомен- дуемый гриф конфиден- циально- сти для документа
	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6		
	0.2611	0.2071	0.1772	0.1587	0.1216	0.0743		
a_1	4.67	4.67	4.80	4.53	4.47	4.67	93.27	«Строго конфиден- циально»
a_2	3.87	4.47	4.47	4.20	4.27	4.47	85.19	«Конфиден- циально: под осо- бым кон- тролем»
a_3	3.47	3.80	4.13	4.07	4.07	4.13	77.22	«Конфиден- циально»
a_4	2.80	2.80	2.87	3.00	3.40	3.00	58.27	«Для слу- жебного пользова- ния»
a_5	2.00	2.40	2.73	2.27	2.73	2.47	47.90	«Не нуж- дается в грифе кон- фиденци- альности»
a_6	4.47	4.60	4.67	4.73	4.47	4.53	91.62	«Строго конфиден- циально»
a_7	3.87	4.20	4.07	4.60	4.00	4.27	81.91	«Конфиден- циально: под осо- бым кон- тролем»
a_8	1.67	1.87	2.07	2.07	1.87	2.07	37.78	«Не нуж- дается в грифе кон- фиденци- альности»
a_9	3.20	3.60	3.13	3.80	3.60	3.60	68.09	«Конфиден- циально»
a_{10}	2.53	2.33	2.67	2.47	2.60	2.80	50.84	«Для слу- жебного пользова- ния»

Так, на основе консолидированных (усредненных) экспертных заключений и применения к ним критерия итоговой оценки (7) для документов a_k ($k = 1, \dots, 10$) получены оценки уровней конфиденциальности, которые сведены в Таблицу 3.

6. Определение графа конфиденциальности документа с применением системы нечеткого вывода

Существующие на сегодняшний день эконометрические модели и экспертные системы для многофакторной оценки альтернатив страдают сложностью обеспечения текущими источниками информационных данных относительно большинства независимых переменных, необходимых для анализа оказываемых ими влияний на искомый результат. Кроме того, применяемые здесь модели и методы имеют как свои преимущества, так и недостатки. Поэтому сбалансированным считается подход, который сочетает в себе лучшие стороны каждого из методов оценки, что в свою очередь, позволяет более сбалансированно и объективно измерять и интерпретировать результаты.

Описанный выше подход на основе применения экспертной системы оценивания критикуется за то, что в нем не прослеживаются внутренние причинно-следственные связи. Кроме того, градация уровней конфиденциальности, представленная в Таблице 3, устанавливается экспертным сообществом или на основе эвристических знаний. Поэтому, прежде чем начать формировать модель для оценки уровня конфиденциальности сведений, подлежащих включению в будущий документ, построим шкалу градации, основанную на выявленных причинно-следственных связях.

6.1 Классификация уровней конфиденциальности сведений

Оценка степени конфиденциальности сведений, подлежащих включению в оцениваемый документ, является многокритериальной процедурой, подразумевающей применение композиционного правила агрегирования оценок по каждому фактору конфиденциальности сведений x_i ($i = 1, \dots, 6$). Поэтому для оценки такого влияния выберем пять оценочных понятий: u_1 – «НЕЗНАЧИТЕЛЬНОЕ»; u_2 – «ОЩУТИМОЕ»; u_3 – «СУЩЕСТВЕННОЕ»; u_4 – «ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ»; u_5 – «ОЧЕНЬ БОЛЬШОЕ», характеризующих их степень влияния на уровень секретности документа. Проще говоря, под множеством $C = (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)$ будем понимать совокупность признаков, по которым классифицируются значимости ФК. Тогда для классификации оценки влияния ФК на уровень секретности документа произведем с использованием достаточного набора нечетких импликативных правил вида: «Если $\langle \dots \rangle$, то $\langle \dots \rangle$ », и на их основе установим соответствующую шкалу градации будущих оценок.

Итак, для построения шкалы градации оценок выберем за основу следующие непротиворечивые рассуждения¹:

- r_1 – «Если в документе присутствуют ФК x_1 , x_2 и x_3 , то их совокупное влияние на уровень секретности существенное»;
- r_2 – «Если в дополнение к указанным факторам конфиденциальности имеет место и фактор x_6 , то в совокупности их влияние на уровень секретности будет более чем существенным»;

¹ Эти рассуждения могут и должны быть согласованы с РКД.

- r_3 – «Если в дополнение к условиям, оговоренным в r_2 , имеет место фактор x_5 , то совокупное влияние всех факторов на уровень секретности будет очень существенным»;
- r_4 – «Если в документе присутствуют все факторы конфиденциальности, т.е. $x_1, \dots, x_6$, то совокупное влияние их на уровень секретности будет чересчур существенным»;
- r_5 – «Если же в документе присутствуют факторы x_1, x_2, x_3 и x_4 , а остальные: x_5 и x_6 – нет, то все равно совокупное влияние ФК на уровень секретности будет существенным»;
- r_6 – «Если же в документе отсутствуют факторы x_1, x_2, x_4 и x_5 , то совокупное влияние ФК на уровень секретности будет несущественным».

В приведенных высказываниях (или причинно-следственных связях) входными характеристиками будем считать наличие (или отсутствие) ФК x_k ($k = 1, \dots, 6$), а выходной характеристикой y – степень их влияния на уровень секретности документа. Тогда, определив соответствующие значения (термы) лингвистических переменных x_k ($k = 1 \dots 6$) и y , на базе приведенных высказываний построим нечеткие импликативные правила в виде:

- r_1 : «Если x_1 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_2 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_3 =ИМЕЕТ МЕСТО, то y =СУЩЕСТВЕННОЕ»;
- r_2 : «Если x_1 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_2 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_3 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_6 =ИМЕЕТ МЕСТО, то y =БОЛЕЕ ЧЕМ СУЩЕСТВЕННОЕ»;
- r_3 : «Если x_1 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_2 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_3 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_5 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_6 =ИМЕЕТ МЕСТО, то y =ОЧЕНЬ СУЩЕСТВЕННОЕ»;
- r_4 : «Если x_1 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_2 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_3 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_4 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_5 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_6 =ИМЕЕТ МЕСТО, то y =ЧЕРЕСЧУР СУЩЕСТВЕННОЕ»;
- r_5 : «Если x_1 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_2 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_3 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_4 =ИМЕЕТ МЕСТО и x_5 =НЕ ИМЕЕТ МЕСТО и x_6 =НЕ ИМЕЕТ МЕСТО, то y =СУЩЕСТВЕННОЕ»;
- r_6 : «Если x_1 =НЕ ИМЕЕТ МЕСТО и x_2 =НЕ ИМЕЕТ МЕСТО и x_4 =НЕ ИМЕЕТ МЕСТО и x_5 =НЕ ИМЕЕТ МЕСТО, то y =НЕСУЩЕСТВЕННОЕ».

Выходную лингвистическую переменную y зададим на дискретном множестве $J = \{0; 0.1; 0.2, \dots, 1\}$. Тогда $\forall j \in J$ используемые в правилах $r_1 - r_6$ ее термы опишем нечеткими множествами с соответствующими функциями принадлежности [7]:

- Y_1 =СУЩЕСТВЕННОЕ: $\mu_{Y_1}(j) = j$;
- Y_2 =БОЛЕЕ ЧЕМ СУЩЕСТВЕННОЕ: $\mu_{Y_2}(j) = \sqrt{j}$;
- Y_3 =ОЧЕНЬ СУЩЕСТВЕННОЕ: $\mu_{Y_3}(j) = j^2$;
- Y_4 =ЧЕРЕСЧУР СУЩЕСТВЕННОЕ: $\mu_{Y_4}(j) = \begin{cases} 1, & j = 1, \\ 0, & j < 1; \end{cases}$

- Y_0 = НЕСУЩЕСТВЕННОЕ: $\mu_{Y_0}(j) = 1 - j$.

Согласно подходу, описанному в [8], фаззификацию термов в левых частях правил осуществим с помощью Гауссовской функции принадлежности: $\mu(u_i) = e^{-(u_i-1)^2/\sigma_j^2}$ ($j = 1 \dots 5$), восстанавливающей нечеткие подмножества дискретного универсума $(u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)$, где $u_i = (d_{i-1} + d_i)/2$ ($i = 1 \dots 5$) (Рис. 1,а). В данном случае значения для σ_j подбираются, исходя из степени важности ФК.

Рис. 1: Градация наличия ФК: а) условно равномерная; б) равномерная в масштабе $[0; 1]$

На Рис. 1,а градация уровней оценки ФК представлена для общего случая. Однако простым преобразованием $x = d_0 + t(d_5 - d_0)$ ($t \in [0; 1]$) отрезок $[d_0; d_5]$ всегда можно легко трансформировать в единичный отрезок $[0; 1]$ (Рис. 1,б). Поэтому, оценивая наличие ФК с точки зрения их значимости, градированных в масштабе единичного интервала (Рис. 1,б), где $d_i = 0.2i$ ($i = 0 \dots 5$), все термы из левых частей правил $r_1 - r_6$ запишем в виде следующих нечетких множеств, полагая, что значимость изменений с возрастанием их порядкового номера растет:

- ИМЕЕТ МЕСТО (фактор x_1): $A = \{0.0013/u_1; 0.0183/u_2; 0.1299/u_3; 0.4797/u_4; 0.9216/u_5\}$;
- ИМЕЕТ МЕСТО (фактор x_2): $B = \{0.0001/u_1; 0.0043/u_2; 0.0622/u_3; 0.3679/u_4; 0.8948/u_5\}$;
- ИМЕЕТ МЕСТО (фактор x_3): $C = \{0.0063/u_1; 0.0468/u_2; 0.2096/u_3; 0.5698/u_4; 0.9394/u_5\}$;
- ИМЕЕТ МЕСТО (фактор x_4): $D = \{0.0183/u_1; 0.0889/u_2; 0.2910/u_3; 0.6412/u_4; 0.9518/u_5\}$;
- ИМЕЕТ МЕСТО (фактор x_5): $E = \{0.0392/u_1; 0.1409/u_2; 0.3679/u_3; 0.6977/u_4; 0.9608/u_5\}$;
- ИМЕЕТ МЕСТО (фактор x_6): $F = \{0.0687/u_1; 0.1979/u_2; 0.4376/u_3; 0.7427/u_4; 0.9675/u_5\}$.

С учетом введенных формализмов правила $r_1 \dots r_6$ сформулируем как:

- r_1 : «Если $x_1 = A$ и $x_2 = B$ и $x_3 = C$, тогда $y = Y_1$ »;
- r_2 : «Если $x_1 = A$ и $x_2 = B$ и $x_3 = C$ и $x_6 = F$, тогда $y = Y_2$ »;
- r_3 : «Если $x_1 = A$ и $x_2 = B$ и $x_3 = C$ и $x_5 = E$ и $x_6 = F$, тогда $y = Y_3$ »;

$$\begin{bmatrix} 0.8 & 0.9 & 1 \\ 0.3992 & 0.2292 & 0.0392 \\ 0.5009 & 0.3309 & 0.1409 \\ 0.7279 & 0.5579 & 0.3679 \\ 0.6321 & 0.6321 & 0.6977 \\ 0.1052 & 0.1052 & 0.9608 \end{bmatrix}.$$

Согласно рассуждениям, приведенным в [8], нечеткий вывод относительно k -го уровня ($k = 1 \dots 5$) наличия конфиденциальности в зависимости от соответствующего ФК отражается в виде нечеткого подмножества E_k дискретного конечного универсума J с соответствующими значениями функции принадлежности из k -ой строки матрицы $\mathbf{R}$. Для численной оценки этих выводов применим к ним процедуру дефаззификации, основанную на точечной оценке нечетких множеств, суть которой состоит в следующем.

Для нечеткого подмножества $C \subset J$ определяются α -уровневые множества ($\alpha \in [0; 1]$) в виде $C_\alpha = \{j \mid \mu_C(j) \geq \alpha, j \in J\}$. Затем для каждого из них определяются средние значения соответствующих элементов $M(C_\alpha)$. В общем случае для множества, состоящего из n элементов,

$$M(C_\alpha) = \sum_{j=1}^n \frac{i_j}{n}, \quad i \in C_\alpha. \quad (8)$$

В итоге численную оценку нечеткого множества C , отражающего степень удовлетворительности соответствующей альтернативы, можно получить из равенства:

$$F(C) = \frac{1}{\alpha_{\max}} \int_0^{\alpha_{\max}} M(C_\alpha) d\alpha, \quad (9)$$

где $\alpha_{\max}$ – максимальное значение на C .

В частности, вывод относительно наличия ФК 1-го уровня интерпретируется в виде нечеткого множества $E_1 = \{0.9999/0; 0.9999/0.1; 0.9999/0.2; 0.9492/0.3; 0.8792/0.4; 0.7892/0.5; 0.6792/0.6; 0.5492/0.7; 0.3992/0.8; 0.2292/0.9; 0.0392/1\}$. Тогда, устанавливая α -уровневые множества $E_{1\alpha}$ и вычисляя соответствующие им мощности $M(E_{1\alpha})$ по формуле (8), имеем:

- для $0 < \alpha < 0.0392$: $\Delta\alpha = 0.0392$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2; 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.5$;
- для $0.0392 < \alpha < 0.2292$: $\Delta\alpha = 0.19$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2; 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.45$;
- для $0.2292 < \alpha < 0.3992$: $\Delta\alpha = 0.17$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2; 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.40$;
- для $0.3992 < \alpha < 0.5492$: $\Delta\alpha = 0.15$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2; 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.35$;
- для $0.5492 < \alpha < 0.6792$: $\Delta\alpha = 0.13$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2; 0.3, 0.4, 0.5, 0.6\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.30$;
- для $0.6792 < \alpha < 0.7892$: $\Delta\alpha = 0.11$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2; 0.3, 0.4, 0.5\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.25$;

- для $0.7892 < \alpha < 0.8792$: $\Delta\alpha = 0.09$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2; 0.3, 0.4\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.20$;
- для $0.8792 < \alpha < 0.9492$: $\Delta\alpha = 0.07$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2; 0.3\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.15$;
- для $0.9492 < \alpha < 0.9992$: $\Delta\alpha = 0.05$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.10$;
- для $0.9992 < \alpha < 0.9999$: $\Delta\alpha = 0.0007$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.05$.

Тогда на основании (9) точечную оценку нечеткого выхода E_1 получим в виде:

$$F(E_1) = \frac{1}{0.9999} \int_0^{0.9999} M(E_{1\alpha}) d\alpha = (0.5 \cdot 0.0392 + 0.45 \cdot 0.19 + 0.4 \cdot 0.17 + 0.35 \cdot 0.15 + 0.3 \cdot 0.13 + 0.25 \cdot 0.11 + 0.2 \cdot 0.09 + 0.15 \cdot 0.07 + 0.1 \cdot 0.05 + 0.05 \cdot 0.0007) = 0.3257.$$

Аналогичными действиями устанавливаем точечные оценки для остальных выходов: при уровне оценочного понятия $u_2 - F(E_2) = 0.3647$; $u_3 - F(E_3) = 0.4350$; $u_4 - F(E_4) = 0.5470$; $u_5 - F(E_5) = 0.9453$. В данном случае, значение $F(E_1) = 0.3257$, являющееся дефазифицированным выходом примененной нечеткой модели для комплексной оценки влияния ФК на уровень секретности сведений в документе, является верхней границей интервала, внутри которого эта оценка характеризуется как «ИМЕЕТ НЕСУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ». Аналогичным образом дефазифицированный выход: $F(E_2) = 0.3647$ является верхней границей для оценки «ИМЕЕТ СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ»; $F(E_3) = 0.4350$ является верхней границей для оценки «ИМЕЕТ БОЛЕЕ ЧЕМ СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ»; $F(E_4) = 0.5470$ является верхней границей для оценки «ИМЕЕТ ОЧЕНЬ СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ»; $F(E_5) = 0.9453$ является верхней границей для оценки «ИМЕЕТ ЧЕРЕСЧУР СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ». Тогда, выбрав в качестве критерия формирования итоговой оценки равенство:

$$E = \frac{F(E_k)}{F_{\max}} \times 100, \quad k = 1 \dots 5, \quad (10)$$

где $F(E_k)$ – оценка k -го уровня наличия и влияния ФК (в широком смысле и любая другая оценка), $F_{\max} = F(E_5) = 0.9453$, в принятых допущениях получим обоснованную шкалу для оценки уровня конфиденциальности документа в масштабе отрезка $[0; 100]$, которая сведена в Таблицу 4.

Таблица 4: Градация уровней конфиденциальности методом нечеткого вывода

Интервал	Уровень конфиденциальности
(57.86; 100]	«Строго конфиденциально»
(46.01; 57.86]	«Конфиденциально: под особым контролем»
(38.58; 46.01]	«Конфиденциально»
(34.45; 38.58]	«Для служебного пользования»
[0.00; 34.45]	«Не нуждается в грифе конфиденциальности»

6.2 Оценивание уровней конфиденциальности документов методом нечеткого вывода

Чтобы построить систему нечеткого логического вывода относительно оценок уровней конфиденциальности сведений в документах a_k ($k = 1 \dots 10$), прошедших первичную экспертную экспертизу по пятибалльной системе оценивания на

предмет влияния ФК x_i ($i = 1 \dots 6$) (см. Таблицу 3), воспользуемся конструкцией вербальной модели, сформулированной в разделе 6.1 посредством высказываний $d_1 \dots d_6$. В этом случае для термов из их левых частей правил вида $r_1 \dots r_6$ процедуру фаззификации применим несколько иначе, а именно: каждый терм отразим в виде нечеткого подмножества конечной совокупности оцениваемых альтернатив (в нашем случае документов) $\{a_1, a_2, \dots, a_{10}\}$ в следующем виде:

$$A_i = \{\mu_{A_i}(a_1)/a_1; \mu_{A_i}(a_2)/a_2; \dots; \mu_{A_i}(a_{10})/a_{10}\},$$

где $\mu_{A_i}(a_k)$ ($k = 1 \dots 10$) – значение функции принадлежности нечеткого множества A_i , устанавливающего на сколько документ a_k соответствует критерию оценки A_i . В качестве таковой нами выбрана Гауссовская функция принадлежности вида:

$$\mu_{A_i}(a_k) = e^{\frac{-(e_i(a_k)-5)^2}{\sigma_i^2}},$$

где $e_i(a_k)$ – усредненная экспертная оценка по пятибалльной шкале относительно степени влияния i -го ФК на уровень секретности документа a_k ($k = 1 \dots 10$); σ_i^2 – плотность расположения ближайших элементов, которую мы выбираем единой для всех случаев процесса фаззификации равной 4. Тогда, полагая уровни влияния ФК x_i ($i = 1 \dots 6$) лингвистическими переменными, их максимально критичные термы, в частности, «ОЧЕНЬ БОЛЬШОЕ» представим в виде соответствующих нечетких подмножеств A_i дискретного универсума $U = \{a_1, a_2, \dots, a_{10}\}$ следующим образом:

- $A_{11} = \{0.9731/a_1; 0.7267/a_2; 0.5570/a_3; 0.2982/a_4; 0.1054/a_5; 0.9322/a_6; 0.7267/a_7; 0.0625/a_8; 0.4449/a_9; 0.2176/a_{10}\};$
- $A_2 = \{0.9731/a_1; 0.9322/a_2; 0.6977/a_3; 0.2982/a_4; 0.1845/a_5; 0.9608/a_6; 0.8521/a_7; 0.0864/a_8; 0.6126/a_9; 0.1683/a_{10}\};$
- $A_3 = \{0.9900/a_1; 0.9322/a_2; 0.8276/a_3; 0.3217/a_4; 0.2758/a_5; 0.9731/a_6; 0.8056/a_7; 0.1169/a_8; 0.4172/a_9; 0.2574/a_{10}\};$
- $A_4 = \{0.9463/a_1; 0.8521/a_2; 0.8056/a_3; 0.3679/a_4; 0.1552/a_5; 0.9819/a_6; 0.9608/a_7; 0.1169/a_8; 0.6977/a_9; 0.2019/a_{10}\};$
- $A_5 = \{0.9322/a_1; 0.8753/a_2; 0.8056/a_3; 0.5273/a_4; 0.2758/a_5; 0.9322/a_6; 0.7788/a_7; 0.0864/a_8; 0.6126/a_9; 0.2369/a_{10}\};$
- $A_6 = \{0.9731/a_1; 0.9322/a_2; 0.8276/a_3; 0.3679/a_4; 0.2019/a_5; 0.9463/a_6; 0.8753/a_7; 0.1169/a_8; 0.6126/a_9; 0.2982/a_{10}\}.$

Тогда, с учетом этих формализмов и представленных в разделе 6.1 формальных описаний термов из правых частей правил, запишем базовую модель в следующем виде:

- r_1 : «Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = A_2$ и $x_3 = A_3$, то $y = Y_1$ »;
- r_2 : «Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = A_2$ и $x_3 = A_3$ и $x_6 = A_6$, то $y = Y_2$ »;
- r_3 : «Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = A_2$ и $x_3 = A_3$ и $x_5 = A_5$ и $x_6 = A_6$, то $y = Y_3$ »;
- r_4 : «Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = A_2$ и $x_3 = A_3$ и $x_4 = A_4$ и $x_5 = A_5$ и $x_6 = A_6$, то $y = Y_4$ »;

- r_5 : «Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = A_2$ и $x_3 = A_3$ и $x_4 = A_4$ и $x_5 = /A_5$ и $x_6 = /A_6$, то $y = Y_1$ »;
- r_6 : «Если $x_1 = /A_1$ и $x_2 = /A_2$ и $x_4 = /A_4$ и $x_5 = /A_5$, то $y = Y_0$ ».

Преобразование этих правил аналогичными действиями (в том числе с применением импликации Лукасевича) в итоге привело к функциональному решению $\mathbf{R}$, отражающему на конечном дискретном множестве $J = \{0; 0.1; 0.2 \dots, 0.9; 1\}$ причинно-следственную связь между консолидированными экспертными оценками документов по ФК x_i ($i = 1 \dots 6$), с одной стороны, и соответствующими уровнями их конфиденциальности, с другой:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} & 0 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 \\ a_1 & 0.0269 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 \\ a_2 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 \\ a_3 & 0.4430 & 0.4430 & 0.4430 & 0.4430 & 0.4430 & 0.4430 & 0.4430 & 0.4430 \\ a_4 & 0.7018 & 0.7018 & 0.7018 & 0.7018 & 0.7018 & 0.7018 & 0.7018 & 0.7018 \\ a_5 & 0.8946 & 0.8946 & 0.8946 & 0.8946 & 0.8758 & 0.7758 & 0.6758 & 0.5758 \\ a_6 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 & 0.0678 \\ a_7 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 & 0.2733 \\ a_8 & 0.9378 & 0.9378 & 0.9169 & 0.8169 & 0.7169 & 0.6169 & 0.5169 & 0.4169 \\ a_9 & 0.5828 & 0.5828 & 0.5828 & 0.5828 & 0.5828 & 0.5828 & 0.5828 & 0.5828 \\ a_{10} & 0.8317 & 0.8317 & 0.8317 & 0.8317 & 0.8317 & 0.7369 & 0.6369 & 0.5369 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} & 0.8 & 0.9 & 1 \\ & 0.0678 & 0.0678 & 0.9731 \\ & 0.2733 & 0.2733 & 0.9322 \\ & 0.4430 & 0.4430 & 0.8056 \\ & 0.7018 & 0.6273 & 0.5273 \\ & 0.4758 & 0.3758 & 0.2758 \\ & 0.0678 & 0.0678 & 0.9819 \\ & 0.2733 & 0.2733 & 0.9608 \\ & 0.3169 & 0.2169 & 0.1169 \\ & 0.5828 & 0.5828 & 0.6977 \\ & 0.4369 & 0.3369 & 0.2369 \end{bmatrix}.$$

Согласно вышеупомянутым рассуждениям, k -я строка матрицы $\mathbf{R}$ является нечетким выводом (множеством) относительно агрегированного уровня конфиденциальности для k -ой альтернативы (документа). Чтобы численно интерпретировать каждый из таких нечетких выводов, применим описанную выше процедуру дефаззификации. Так, для нечеткого вывода E_1 относительно уровня конфиденциальности 1-го документа $E_1 = \{0.0269/0; 0.0678/0.1; 0.0678/0.2; 0.0678/0.3; 0.0678/0.4; 0.0678/0.5; 0.0678/0.6; 0.0678/0.7; 0.0678/0.8; 0.0678/0.9; 0.0678/1\}$, с учетом (8), соответственно, имеем:

- для $0 < \alpha < 0.0269$: $\Delta\alpha = 0.0269$; $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.50$;
- для $0.0269 < \alpha < 0.0678$: $\Delta\alpha = 0.0410$; $E_{1\alpha} = \{0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.55$;
- для $0.0678 < \alpha < 0.9731$: $\Delta\alpha = 0.9053$; $E_{1\alpha} = \{1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 1.00$.

Тогда, согласно (9) точечной оценкой нечеткого вывода E_1 будет число

$$F(E_1) = \frac{1}{0.9731} \int_0^{0.9731} M(E_{1\alpha}) d\alpha =$$

$$= \frac{1}{0.9731} [0.0269 \cdot 0.5 + 0.0410 \cdot 0.55 + 0.9053 \cdot 1.00] = 0.9673.$$

Аналогичными действиями были установлены точечные оценки нечетких выводов относительно уровней конфиденциальности и для остальных документов: $a_2 - F(E_2) = 0.8534$; $a_3 - F(E_3) = 0.7250$; $a_4 - F(E_4) = 0.4823$; $a_5 - F(E_5) = 0.3753$; $a_6 - F(E_6) = 0.9655$; $a_7 - F(E_7) = 0.8578$; $a_8 - F(E_8) = 0.2981$; $a_9 - F(E_9) = 0.5823$; $a_{10} - F(E_{10}) = 0.3756$. В результате простого умножения этих значений на 100 получим соотношение итоговых оценок уровней конфиденциальности документов в масштабе отрезка $[0; 100]$.

Заключение

Рассмотрены два подхода к оценке уровней конфиденциальности сведений, подлежащих включению в будущий документ, основанные на применении экспертных заключений относительно степеней влияния ФК x_i ($i = 1 \dots 6$) на итоговый уровень конфиденциальности. В результате применения метода взвешенных оценок признаков удалось определить коэффициент ранговой корреляции ФК x_i ($i = 1 \dots 6$), который указал не только на достаточно высокую степень согласованности экспертных заключений, но и на наличие тесной связи между рассматриваемыми ФК. Кроме того, в рамках данного подхода вычислены обобщенные значения весов ФК x_i ($i = 1 \dots 6$), которые стали основанием для обоснования и выработки рекомендаций по формированию итоговых оценок уровней конфиденциальности альтернативных документов в масштабе отрезка $[0; 100]$ по установленному критерию оценки.

Механизм нечеткого вывода, который составляет суть второго подхода, аналогично решает поставленную задачу с той лишь разницей, что опирается не на косвенную, а на прямую причинно-следственную связь между ФК x_i ($i = 1 \dots 6$) и уровнями конфиденциальности документов. В результате применения этого механизма удалось сформировать обоснованную шкалу градации уровней конфиденциальности и достаточно легко получить итоговые оценки уровней конфиденциальности сведений документов.

Сравнение полученных обоими методами результатов оценки уровней конфиденциальности рассмотренных альтернатив (документов) a_k ($k = 1 \dots 10$) представлен в Таблице 5, из которой видно, что итоговые оценки уровней конфиденциальности не везде совпадают, особенно, при сравнении уровней конфиденциальности по их наименованиям.

Последнее объясняется разными подходами к формированию шкалы градации итоговых оценок уровней конфиденциальности. Тем не менее, ранжирование документов по итоговым оценкам, полученным на основе нечеткого подхода, вызывает большее доверие, так как в данном случае при их формировании прослеживаются причинно-следственные связи между ФК и, собственно, уровнями конфиденциальности.

Что касается порядков соотношений итоговых оценок, то они достаточно схожи, за исключением результатов, полученных для альтернатив a_2 и a_7 .

Таблица 5: Сравнительный анализ результатов оценки уровней конфиденциальности

Док. (п/п)	Метод взвешенных оценок ФК			Метод нечеткого вывода		
	Ито- говая оцен- ка	Уровень кон- фиденциально- сти	По- рядок	Ито- говая оцен- ка	Уровень кон- фиденциально- сти	По- рядок
a_1	93.27	Строго конфи- денциально	1	96.73	Строго конфи- денциально	1
a_2	85.19	Конфиденциаль- но: под особым контролем	3	85.34	Строго конфи- денциально	4
a_3	77.22	Конфиденциаль- но	5	72.50	Строго конфи- денциально	5
a_4	58.27	Для служеб- ного пользования	7	48.23	Конфиденциаль- но: под особым контролем	7
a_5	47.90	Не нуждается в грифе конфи- денциальности	9	37.53	Для служеб- ного пользования	9
a_6	91.62	Строго конфи- денциально	2	96.55	Строго конфи- денциально	2
a_7	81.91	Конфиденциаль- но: под особым контролем	4	85.78	Строго конфи- денциально	3
a_8	37.78	Не нуждается в грифе конфи- денциальности	10	29.81	Не нуждается в грифе конфи- денциальности	10
a_9	68.09	Конфиденциаль- но	6	58.23	Строго конфи- денциально	6
a_{10}	50.84	Для служеб- ного пользования	8	37.56	Для служеб- ного пользования	8

Список литературы

- [1] Алексенцев А.И. О классификации конфиденциальной информации по видам тайны // Безопасность информационных технологий. 1999. № 3. С. 65–71.
- [2] Алексенцев А.И. О составе защищаемой информации // Безопасность информационных технологий. 1999. № 2. С. 5–7.
- [3] Фатьянов А.А. Проблемы защиты конфиденциальной информации, не составляющей государственную тайну // Информационное общество. 1997. № 1. С. 48–56.
- [4] Lin L. A Note on the concordance correlation coefficient // Biometrics. 2012. Vol. 56. Pp. 324–325.

- [5] Lin L., Hedayat A.S., Wu W. Statistical Tools for Measuring Agreement. New York: Springer-Verlag, 2012. 173 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0562-7>
- [6] Тельнов Г.В. Подход к формированию итоговой оценки уровня освоения материала учебной дисциплины при промежуточной аттестации обучаемых на основе взвешенных коэффициентов оцениваемых признаков // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2015. № 1 (154). С. 119–127.
- [7] Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning // Information sciences. 1965. Vol. 8, № 3. Pp. 199–249.
- [8] Рзаев Р.Р. Аналитическая поддержка принятия решений в организационных системах. Saarbruchen: Palermium Academic Publishing, 2016. 306 p.
- [9] Lukasiewicz J. On Three-Valued Logic // In: Jan Lukasiewicz Selected Works / Ed. by L. Borkowski. Amsterdam: North Holland Publishing Company, 1990. Pp. 87–88.

Образец цитирования

Язенин А.В., Рзаев Р.Р., Сулейманова А.Н. Два подхода к оценке уровня конфиденциальности сведений, подлежащих включению в будущий документ // Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2018. Т. 13, № 1. С. 59–80. <https://doi.org/10.26456/fssc41>

Сведения об авторах**1. Язенин Александр Васильевич**

декан факультета прикладной математики и кибернетики Тверского государственного университета.

Россия, 170100, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33, ТвГУ.

E-mail: Yazenin.AV@tversu.ru

2. Рзаев Рамин Рза оглы

главный научный сотрудник Института систем управления НАН Азербайджана.

Азербайджанская Республика, AZ1141, г. Баку, ул. Б. Вахабзаде, д. 9.

3. Сулейманова Афет Низами кызы

докторант кафедры «Информационные технологии и программирование» Бакинского государственного университета.

Азербайджанская Республика, AZ1148, г. Баку, ул. Академика З. Халилова, д. 23.

TWO APPROACHES TO ASSESSING THE LEVEL OF CONFIDENTIALITY OF DATA TO BE INCLUDED IN A FUTURE DOCUMENT

Yazenin Alexander Vasilyevich

Dear of Applied Mathematics and Cybernetics faculty,
Tver State University
Russia, 170100, Tver, 33 Zhelyabova str., TverSU.
E-mail: Yazenin.AV@tversu.ru

Rzayev Ramin Rza

Chief Researcher of Institute of Control Systems,
Azerbaijan National Academy of Science
Azerbaijan, AZ1141, Baku, 9 B. Vahabzadeh str.

Suleymanova Afet Nizami

Candidate for a degree, Baku State University
Azerbaijan, AZ1148, Baku, 23 Zahid Khalilov str.

Received 07.02.2018, revised 07.03.2018.

There are considered two approaches to establishing confidentiality of documents on the base of expert opinions regarding the influence of confidentiality factors on the level of secrecy of information to be included in a future document. The final estimates of confidentiality levels for the arbitrary set of alternatives were obtained by these approaches, which are based on the application of the method of weighted coefficients of evaluation characteristics and the fuzzy inference. Additionally, comparative analysis of these approaches was carried out.

Keywords: confidentiality factor, expert evaluation, concordance coefficient, normalized estimation, fuzzy set, fuzzy conclusion.

Nechetkie Sistemy i Myagkie Vychisleniya [Fuzzy Systems and Soft Computing], 2018, vol. 13(1), pp. 59–80. <https://doi.org/10.26456/fssc41>

References

- [1] Aleksentsev A.I. On the classification of confidential information by types of secrets. *Bezopasnost' Informatsionnykh Tekhnologiy* [Information Technology Security], 1999, no. 3, pp. 65–71. (in Russian)
- [2] Aleksentsev A.I. On the composition of the information to be protected. *Bezopasnost' Informatsionnykh Tekhnologiy* [Information Technology Security], 1999, no. 2, pp. 5–7. (in Russian)
- [3] Fatyanov A.A. Problems of protection of confidential information that is not a state secret. *Informatsionnoe Obshchestvo* [Information Society], 1997, no. 1, pp. 48–56. (in Russian)

- [4] Lin L. A Note on the concordance correlation coefficient. *Biometrics*, 2012, vol. 56, pp. 324–325.
- [5] Lin L., Hedayat A.S., Wu W. *Statistical Tools for Measuring Agreement*. Springer-Verlag, New York, 2012. 173 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0562-7>
- [6] Tel'nov G.V. Approach to the formation of a final assessment of the level of mastering the material of the academic discipline in the intermediate certification of trainees on the basis of weighted coefficients of the assessed features. *Vestnik Adygejskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya 4: Estestvenno-Matematicheskie i Tekhnicheskie Nauki* [Bulletin of the Adyghe State University. Series 4: Natural-Mathematical and Technical Sciences], 2015, no. 1 (154), pp. 119–127. (in Russian)
- [7] Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information sciences*, 1965, vol. 8(3), pp. 199–249.
- [8] Rzaev R.R. *Analiticheskaya Podderzhka Prinyatiya Reshenij v Organizatsionnykh Sistemakh* [Analytical Support for Decision-Making in Organizational Systems]. Palmerium Academic Publishing, Saarbruchen, 2016. 306 p. (in Russian)
- [9] Lukasiewicz J. On Three-Valued Logic. In: *Jan Lukasiewicz Selected Works*. Ed. by L. Borkowski. North Holland Publishing Company, Amsterdam, 1990. Pp. 87–88.

Citation

Yazenin A.V., Rzaev R.R., Suleymanova A.N. Two approaches to assessing the level of confidentiality of data to be included in a future document. *Nechetkie Sistemy i Myagkie Vychisleniya* [Fuzzy Systems and Soft Computing], 2018, vol. 13(1), pp. 59–80. (in Russian) <https://doi.org/10.26456/fssc41>