

УДК 004.056; 004.8

М.И. Тенетко, О.Ю. Пескова

**ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА
НЕЧЁТКОЙ ИМПЛИКАЦИИ, ПРИГОДНОЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
КЛАССИФИКАЦИИ РИСКОВ И ВЫРАБОТКИ НАИЛУЧШИХ
РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РИСКАМ***

Представлены результаты эксперимента по обоснованию выбора нечёткой импликации, пригодной для решения задач классификации рисков и выработки наилучших рекомендаций по рискам: перечислены основные функции и ограничения программы, а также результаты выполнения экспериментов: способы группировки правил и характеристики наиболее популярных импликаций. Результаты эксперимента по исследованию нечётких импликаций показывают, что импликация Гогуен может быть использована для решения задач классификации рисков и выработки наилучших рекомендаций по рискам.

Управление рисками; нечеткая логика; качественный анализ рисков.

M.I. Tenetko, O.Yu. Peskova

**EXPERIMENT TO VALIDATE THE CHOICE OF FUZZY IMPLICATION,
SUITABLE FOR SOLVING THE CLASSIFICATION OF RISKS AND THE
DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR THE BEST RISK**

The paper presents the results of an experiment to validate the choice of fuzzy implication, suitable for solving the classification of risks and the development of recommendations for the best risk: are the main features and limitations of the program, as well as the results of the experiments. The results of an experiment to study the fuzzy implications show that Goguen implication can be used to solve the problems of classification of risks and the development of recommendations for the best risks.

Risk management; fuzzy logic; qualitative risk analysis.

Эффективный качественный метод, который позволит оценивать степень риска и уместность рекомендации по данному риску с помощью категорий естественного языка и оттенков категорий, может быть основан на нечёткой логике и нечётких множествах. Подобные методы описаны в работах А.Г. Корченко, V. Casola, Raghu T. S. et al., M. Dondo и др. авторов, которые предполагают использование нечётких множеств и распространённых нечётких продукционных моделей.

Центральное место в нечётких продукционных моделях занимает операция нечёткой импликации, определяющая причинно-следственное отношение между посылками и заключениями правил. Наиболее тщательно операции нечёткой импликации изучены в работах E. H. Mamdani, P. M. Larsen, Y. Tsukamoto (塚本), T. Takagi (高木) и M. Sugeno (菅野). В качестве операции нечёткой импликации эти продукционные модели используют либо операцию минимума, либо операцию алгебраического произведения. Но эти импликации дают приемлемые результаты лишь в случае чётких значений входных и выходных переменных и введения процедур фаззификации и дефаззификации.

Для построения нечёткой продукционной модели необходимо было определить импликации, обладающие свойством настройки оттенка заключения в зависимости от изменения оттенка посылки и пригодные для решения задач классификации рисков и выработки наилучших рекомендаций по рискам.

* Работа поддержана грантом РФФИ № 10-07-00529-а.

Были рассмотрены следующие импликации [1, 2]:

а) **Импликация Гёделя (Gödel)**. Эта импликация основана на операции минимума:

$$A \rightarrow B \leftrightarrow \sup(z : \min(a, z) \leq b) \leftrightarrow \begin{cases} 1, & \text{если } a \leq b; \\ b, & \text{если } a > b. \end{cases}$$

б) **Импликация Гогена (Goguen)**. Эта импликация основана на алгебраическом произведении:

$$A \rightarrow B \leftrightarrow \sup(z : az \leq b) \leftrightarrow \begin{cases} 1, & \text{если } a \leq b; \\ b/a, & \text{если } a > b. \end{cases}$$

Импликация Гейнса-Решера (Gaines and Rescher):

$$A \rightarrow B \leftrightarrow \begin{cases} 1, & \text{если } a \leq b; \\ 0, & \text{если } a > b. \end{cases}$$

в) **Импликация Клини-Дьенса (Kleene-Dienes)**. Эта импликация основана на операции максимума:

$$A \rightarrow B \leftrightarrow \max(1 - a, b)$$

г) **Early Zadeh, 1973**:

$$A \rightarrow B \leftrightarrow \max(1 - a, \min(a, b))$$

С целью обоснования выбора операции нечёткой импликации, пригодной для решения задач классификации рисков и выработки наилучших рекомендаций по рискам, Тенетко М.И. была разработана программа, обеспечивающая выполнение ряда функций:

- ◆ описание правила вывода (modus ponens) в виде функций принадлежности двух посылок и заключения;
- ◆ выбор операции нечёткой композиции;
- ◆ выбор операции нечёткой импликации;
- ◆ введение одного или двух утверждений в виде функций принадлежности нечётких высказываний;
- ◆ получение заключения в виде функции принадлежности нечёткого высказывания.

С помощью данной программы были проведен ряд экспериментов:

- ◆ исследование заключений типовых правил при наиболее возможных посылках;
- ◆ выявление зависимостей между входами и выходом правил;
- ◆ определение оптимальной импликации для приближённых рассуждений;
- ◆ проверка предположения о том, что одно нечёткое правило может давать правильные несколько нетипичные (несколько отличающиеся от типичного заключения правила) заключения в случае несколько нетипичных посылок;
- ◆ наблюдение за поведением правил в случае нестандартных посылок. К нестандартным посылкам будем посылки, образованные интуитивно, по мере необходимости. Такие посылки в реальной жизни бывают очень распространены, и желательно, чтобы нечёткая импликация имела возможность давать корректные заключения на основе таких посылок.

Типовое правило представляет собой нечёткое правило с двумя посылками и одним заключением. Как посылки, так и заключения будут представлены описательными нечёткими высказываниями, то есть одноместными предикатами, принимающими значения в виде термов некоторой лингвистической переменной истинности.

Структура нечёткого правила выглядит следующим образом:

$$\text{Если } x_1 = A'_1 \text{ и } x_2 = A'_2, \text{ то } y = B'.$$

Типовые правила можно разбить на две группы. В первой группе функции принадлежности посылок правил охватывают края базового множества. Во второй группе функции принадлежности посылок охватывают средние значения базового множества.

Посылки и заключения являются термами терм-множества и также могут быть разделены на две группы:

1. Посылки и заключения, являющиеся термами базового терм-множества.
2. Посылки и заключения, являющиеся термами расширенного терм-множества, т.е. термы, полученные из термов базового терм-множества с помощью синтаксического правила G .

Приведём примеры таких термов и их условные обозначения:

- ◆ истинный – A ;
- ◆ ложный – \bar{A} ;
- ◆ очень истинный – A^2 ;
- ◆ почти истинный – \sqrt{A} ;
- ◆ не истинный – $1 - A$;
- ◆ не истинный и не ложный – $(1 - A)$ и $(1 - \bar{A})$, $(1 - A) \cap (1 - \bar{A})$.

Приведём также примеры нестандартных термов, которые использовались при проведении анализа рисков информационной безопасности, и сделаем предположения о том, как могли бы выглядеть функции принадлежности этих посылок:

- ◆ не близкий к истине и не близкий к лжи, в средней степени истинный – $\sqrt[4]{A}$ и $\sqrt[4]{\bar{A}}$, $\sqrt[4]{A} \cap \sqrt[4]{\bar{A}}$; примерный вид этой функции показан на рис. 1;
- ◆ скорее истина, чем ложь (скорее ложь, чем истина; это высказывание может быть также обозначено как «в какой-то степени истина (ложь)») – сигмоидальная функция, примерный вид которой показан на рис. 2;

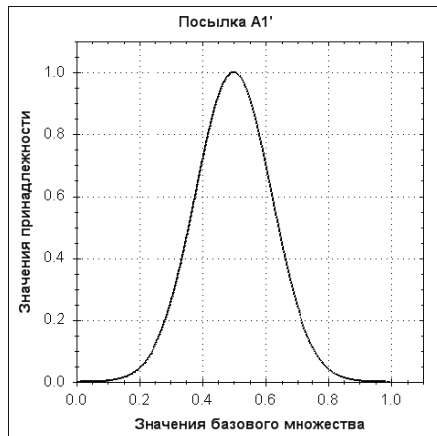


Рис. 1. Вид функции принадлежности высказывания «в средней степени истинный»

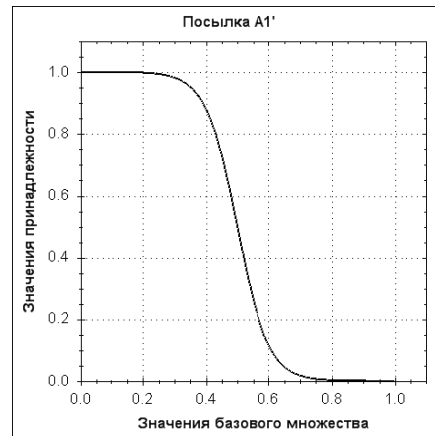


Рис. 2. Вид функции принадлежности высказывания «скорее ложь, чем истина»

- ◆ почти истина (почти ложь) – $\sqrt[4]{A}$, также это высказывание может быть выражено составной функцией, полученной с помощью вычислений; примерный вид обеих функций показан на рис. 3 и 4;
- ◆ определённно не истина (определённно не ложь; это высказывание может быть также обозначено как «совсем не истина» («совсем не ложь»)) – вычисленная функция, вид которой показан на рис. 5.

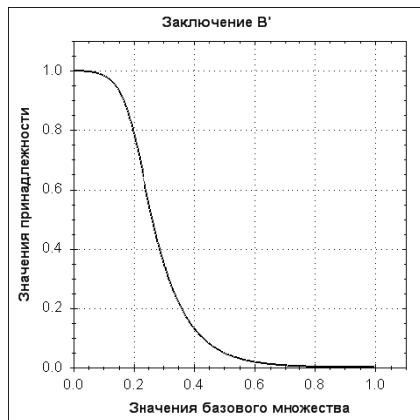


Рис. 3. Вид функций принадлежности высказывания «почти ложь» в варианте 1

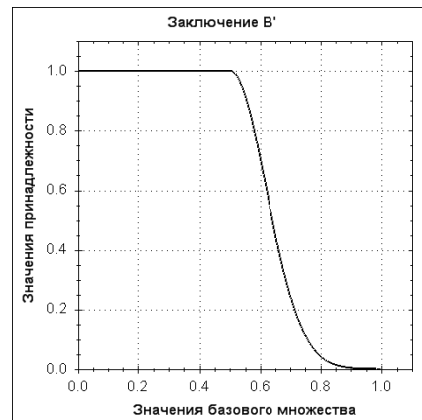


Рис. 4. Вид функции принадлежности высказывания «почти ложь» варианте 2

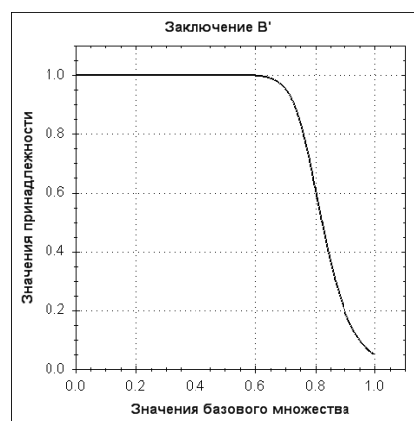


Рис. 5. Вид функций принадлежности высказывания «определённо не истина»

С помощью разработанной программы были получены заключения по импликациям Gaines and Rescher, Gödel, Goguen, Kleene and Dienes, Klir and Yuan и Zadeh для нескольких абстрактных правил и для большого набора наиболее возможных посылок. Эксперимент показал, что виды правил можно сгруппировать в следующие группы:

1. Правила, посылки и заключения которых охватывают края интервала значений истинности $[0, 1]$.
2. Правила, посылки или заключения которых охватывают среднюю часть интервала значений истинности.
3. Правила, охватывающие произвольную часть интервала значений истинности и реализующие специальные заключения, которые не могут быть получены с помощью правил первых двух типов.

Анализ результатов экспериментов показал следующее.

Наиболее удобные для интерпретации заключения получены с помощью импликаций Gaines and Rescher, Gödel, Goguen (при всех композициях), а также с помощью почти всех импликаций при композициях Max-Bounded и Max-Drastic.

Заключения, отражающие любые изменения посылок, можно получить при помощи импликации Goguen при композициях Max-Min и Max-Prod.

Все импликации дают вывод «неизвестно», если оказываются не в состоянии определить правильный вывод (иными словами, если наблюдение является отрицанием или дополнением посылки нечёткого правила).

Импликация Goguen обладает свойством настройки оттенка заключения в зависимости от изменения оттенка посылки.

Результаты эксперимента по исследованию нечётких импликаций показывают, что импликация Goguen может быть использована для решения задач классификации рисков и выработки наилучших рекомендаций по рискам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Klir G.* Fuzzy sets and fuzzy logic. Theory and applications / George J. Klir, Bo Yuan. – Upper Saddle River: Prentice Hall Inc., 1995. – 592 p.
2. *Jager R.* Fuzzy logic in control: Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor: verdedigd op 26.06.1995 / René Jager. – Delft, 1995. – 322 p. – Режим доступа: <http://users.pandora.be/jati/tenej/phd/rjphd.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н. А.С. Басан.

Пескова Ольга Юрьевна – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: poy@tsure.ru; 347921, г. Таганрог, ул. Чехова, 2; тел.: +78634371905; кафедра безопасности информационных технологий; к.т.н.; доцент.

Тенетко Михаил Иванович – e-mail: tenetko@gmail.com; независимый специалист.

Peskova Olga Yur'evna – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: poy@tsure.ru; 2, Chekhova street, Taganrog, 347921, Russia; phone: +78634371905; the department of security in data processing technologies; cand. of eng. sc.; associate.

Tenetko Mikhail Ivanovich – e-mail: tenetko@gmail.com; independent specialist.

УДК 519.87; 534.2

К.М. Сагдеев, В.И. Петренко

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ В ВЫДЕЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Для обеспечения защиты речевой информации существует задача по оценке состояния ее защищенности расчетным методом в потенциальных акустических каналах утечки речевой информации. В работе представлена методика оценки технической защищенности речевой информации. В качестве критерия защищенности выбрана словесная разборчивость речи. Данная методика базируется на основе разработанной структурно-пространственной модели канала утечки, учитывающей всевозможные пространственные и энергетические условия разведывательного контакта в канале, а также математической модели, устанавливающей функциональную зависимость разборчивости речи от характеристик сигнально-помеховой обстановки в канале. Достоинство методики заключается в универсальности, высокой достоверности и многофункциональной применимости. Методика может быть использована для оценки эффективности принимаемых мер защиты.

Речевая информация; акустический канал утечки речевой информации; математическая модель канала; разборчивость речи; акустический сигнал; среда распространения; акустические помехи и шумы; акустический приемник; оценка технической защищенности; пространственные и энергетические условия разведывательного контакта.