

**1 ПИТАННЯ ТЕОРІЇ, МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТИПУ****Література**

1. Воїнова С.О. Можливості підвищення надійності технічних об'єктів з малим залишковим ресурсом/ Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: Зб. наук. пр./ Хар. держ. ун-т харчування та торгівлі.– Харків, 2009. – Вип. 1(9).- С. 307 – 313;
2. Воїнова С.А. Особенности формирования ресурса технических объектов/ Энергетика та електрифікація, №10, 2012.- С. 40 – 43;
3. Воїнова С.А. Техническая геронтология. Потенциал влияния на эффективность функционирования технических объектов/ Матер. за VI Международна научна практична конференція «Найновітє постиження на європейската наука-2010», 17 - 25 юни, 2010г. Том 20 «Технологии. Физическа култура и спорт».- Софія: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2010. - С. 79 – 84;
4. Воїнова С.А. Обновление как инструмент развития производства/ Известия вузов и энергетических объединений СНГ, № 2, 2013.- С. 69 – 74;
5. Воїнова С.А. Сокращение влияния износа на технологическую эффективность технических объектов/ Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении.– Матер. научно-техн. конф., Одесса, 9 - 10 сент. 2010.- Одесса-Киев: АТМ України, 2010.- С. 27 - 31.

УДК 510.6+005.1+544.45

НЕСОБЛЮДЕНИЕ ЗАКОНА ИСКЛЮЧЕННОГО ТРЕТЬЕГО В НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКЕ И ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Волков В.Э.¹

¹Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса
E-mail: victor@te.net.ua

Copyright © 2014 by author and the journal "Automation technological and business - processes".
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



DOI: 10.15673/

Анотация

Рассмотрен вопрос о несоблюдении закона исключенного третьего в нечеткой логике. Показана необходимость применения нечеткой логики и теории принятия решений в условиях неопределенности в системах поддержки принятия решений для управления сложными объектами, в частности – потенциально взрывоопасными объектами.

Abstract

Nonobservance of the rule of excluded third for fuzzy logic is considered. The necessity or the fuzzy logic usage and application of the decision under uncertainty theory for the control of complicated objects, especially of the dangerously explosive objects are proved.



**1 ПИТАННЯ ТЕОРІЇ, МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЧНОГО
УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТИПУ**

Ключевые слова

Нечеткая логика, закон исключенного третьего, принятие решений, взрывоопасность.

Классическую логику (булеву алгебру) можно определить как алгебраическую систему $\langle \{0,1\}, \wedge, \vee, \neg \rangle$, в которой множество значений истинности составляет совокупность всего 2-х значений: 1 – «истина» и 0 – «ложь», а логические операторы \wedge («И»), \vee («ИЛИ» – в неисключающем смысле) и \neg («НЕ») определяются известным образом [1].

Нечеткую логику [2,3] в свою очередь можно определить как алгебраическую систему $\langle [0,1], \wedge, \vee, \neg \rangle$, в которой множество значений истинности составляет замкнутый интервал (отрезок, сегмент) $[0,1]$, а логические операторы \wedge («И»), \vee («ИЛИ» – в неисключающем смысле) и \neg («НЕ») определяются как

$$\tilde{A} \wedge \tilde{B} = \min(\tilde{A}, \tilde{B}), \quad (1)$$

$$\tilde{A} \vee \tilde{B} = \max(\tilde{A}, \tilde{B}), \quad (2)$$

$$\neg \tilde{A} = 1 - \tilde{A}, \quad (3)$$

где $\tilde{A} \in [0,1], \tilde{B} \in [0,1]$.

Соотношения (1), (2) являют собой суть минимаксной модели нечеткости Заде [2].

Закон исключенного третьего в классической логике имеет вид [1]

$$A \wedge \neg A = 0, \quad (4)$$

где A – произвольное логическое высказывание (утверждение), а $\neg A$ – его отрицание. Несколько в иной форме этот закон представляется как

$$A \vee \neg A = 1, \quad (5)$$

что вполне очевидно с учетом законов де Моргана [1]. Соотношения (4) и (5) иногда называют законами дополнения.

Очевидно, что закон исключенного третьего в нечеткой логике не соблюдается, т.е. соотношения (4) и (5) не имеют места.

Вместо соотношения (4) имеет место следующее неравенство

$$\tilde{A} \wedge \neg \tilde{A} \leq 0,5, \quad (6)$$

где \tilde{A} – произвольное нечеткое высказывание, а $\neg \tilde{A}$ – его отрицание.

В свою очередь вместо соотношения (5) имеет место неравенство

$$\tilde{A} \vee \neg \tilde{A} \geq 0,5 \quad (7)$$

Следует отметить, что если булева алгебра связана с булевой теорией на четких множествах, то нечеткая логика связана с теорией нечетких множеств. Поэтому, если в качестве элементов (переменных) четкого множества, на котором при помощи четких операций (в частности, операций сложения, умножения и отрицания) строится четкая логика (в частности, четкая алгебра Буля), берутся произвольные четкие высказывания, то в качестве элементов (переменных) нечеткого множества, на котором при помощи (также) четких операций строится нечеткая логика можно взять значения функций принадлежности (характеристических функций) элементов нечетких множеств. При этом, если высказывания принимают одно



**1 ПИТАННЯ ТЕОРІЇ, МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЧНОГО
УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТИПУ**

из двух значений T («истина», 1) и F («ложь», 0), то характеристические функции нечетких множеств могут принимать значения из отрезка $[0,1]$. Поэтому в отличие от четкой логики, в нечеткой логике значения характеристических функций нечетких множеств можно рассматривать как высказывания, принимающие значения (нечеткой истины) \tilde{T} и (нечеткой лжи) \tilde{F} , которым в нечеткой математической логике сопоставляются значения из $[0;0,5]$ для \tilde{F} и $[0,5;1]$ для \tilde{T} .

Очевидно, что

$$\tilde{A} \wedge \neg \tilde{A} \leq \tilde{F}, \quad (8)$$

$$\tilde{A} \vee \neg \tilde{A} \leq \tilde{T} \quad (9)$$

Нечеткая логика Заде в настоящее время является математической базой для теории принятия решений (ТПР). ТПР рассматривает две основные модели принятия решений (МПР) – классическую и поведенческую [4].

Классическая МПР, явно или неявно, строится на предположении, что функция выигрыша – действительнзначная, при этом она линейно упорядочивает все исходы. В классической модели ЛПР (лицо, принимающее решение) с помощью действительнзначной функции выигрыша назначает каждой альтернативе некоторое действительное число. Не составляет труда выбрать альтернативу, когда каждой из альтернатив ставится в соответствие единственный выигрыш: выбирается, естественно, альтернатива с максимальным выигрышем. Такой подход называют принятием решения в условиях определенности [4].

Однако, когда ЛПР не обладает полным знанием о состояниях природы (среды), тогда каждой альтернативе назначается несколько выигрышей. Выбор в таких условиях называется принятием решений или в условиях риска (на основе теории вероятностей), или в условиях неопределенности (на базе теории нечетких множеств и нечеткой логики [4]).

Несоблюдение закона исключенного третьего в нечеткой логике существенным образом влияет на результаты, полученные с помощью ТПР на базе МПР в условиях неопределенности. Некоторые из этих результатов могут быть весьма неожиданны и парадоксальны по форме.

Для управления так называемыми сложными системами [5] применение теории принятия решений на основе нечеткой логики иногда весьма эффективно в сочетании с классической моделью [5]. Свидетельством такой эффективности может служить анализ проблем управления уровнем взрывобезопасности промышленных и транспортных объектов [6], которые с точки зрения системного анализа безусловно являются сложными системами. Результаты вычисления значений нечетких логических выражений, составленных как композиция различных конъюнктивных и дизъюнктивных форм [6,7] позволяют:

- 1) оценить возможность пожара и возможность взрыва;
- 2) определить тип взрывного процесса (дефлаграционный или детонационный);
- 3) принять соответствующее решение по предотвращению взрыва или подавлению взрывных волн уже на стадии проектирования объекта или в оперативном режиме.

Именно нечеткая логика позволяет формальным путем получить ряд парадоксальных на первый взгляд, но вполне объяснимых оценок взрывобезопасности.

Например, несоблюдение в нечеткой логике правила исключенного третьего и ряда следствий из этого правила формально приводит к достаточно необычному и неожиданному выводу о том, что уровень максимальной взрывоопасности объекта не всегда соответствует уровню его максимальной пожароопасности. Данный парадокс, однако, разрешается с точки зрения физики горения и взрыва довольно просто: пожар (относительно медленный, хотя в известной мере неконтролируемый процесс горения) и взрыв (почти мгновенное и локализованное в пространстве неконтролируемое выделение большого количества энергии) – суть явления одной природы [8]; вполне очевидно, что если среда вообще не пожароопасна, она не является также и взрывоопасной, однако пожар совсем не всегда переходит во взрыв, поэтому возможны ситуации, когда эвентуальная возможность возникновения пожара является весьма высокой, но вероятность (возможность) перехода такого пожара во взрыв очень низкая или вообще отсутствует; последний факт как раз и означает низкий уровень взрывоопасности среды при ее высокой пожароопасности. Возможна и обратная ситуация, когда возможность возгорания невелика, но при возгорании взрыв практически неизбежен. Кроме того, в ряде сред [9-14] взрыв (детонация) может быть инициирован, минуя стадию пожара.

Таким образом, алгоритмы оценки пожаро- и взрывоопасности элементарных и сложных [14-17] потенциально взрывоопасных объектов, построенные с применением нечеткой логики, позволяют в первую

**1 ПИТАННЯ ТЕОРІЇ, МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТИПУ**

очередь прогнозировать возможности возникновения и развития пожара и/или взрыва на том или ином реальном объекте.

Выводы

1. Несоблюдение закона исключенного третьего есть одно из важнейших формальных отличий нечеткой логики от классической математической логики.
2. Применение нечеткой логики позволяет создавать полноценные системы поддержки принятия решений (в частности, советующие и экспертные системы).
3. Именно применение нечеткой логики, в которой не соблюден закон исключенного третьего, позволяет давать иногда парадоксальные, но достаточно точные оценки уровня взрывоопасности для потенциально взрывоопасных объектов различной природы.
4. Обеспечивающая подсистема АСУ взрывоопасного объекта должна включать в себя математическое обеспечение, позволяющее адекватно оценивать с позиций нечеткой логики уровень взрывоопасности объекта в каждый момент времени.

Литература

1. Ершов Ю.Л. Математическая логика /Ю.Л. Ершов, Е.А.Палютин – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 336 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
3. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 272 с.
4. Энта Ё. Теория нечетких решений: Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения /Под ред. Р.Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. Часть IV. Практические задачи. – С. 301-312.
5. Ладанюк А.П. Основы системного аналізу: Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 176 с.
6. Волков В.Э., Жуковский Э.И. Проблемы управления взрывобезопасностью промышленных и транспортных объектов //Доклады XV-ой международной научной конференции по автоматическому управлению «Автоматика-2008», 23-26 сентября 2008 г., Одесса, Украина. В 3-х томах. Т.1.Одесса: ОНМА, 2008. – С.96-99.
7. Волков В.Э., Макоед Н.А. Теория нечетких множеств в экспертных системах по вопросам взрывобезопасности //Тез. докл. международной научно-практической конференции «Пищевые технологии-2006». – Одесса. – 2006. – С.157.
8. Васильев Я.Я. Взрывобезопасность на предприятиях по хранению и переработке зерна /Я.Я. Васильев, Л.И. Семенов – М.: Колос.– 1983. – 224 с.
9. Взрывные явления. Оценка и последствия: В 2-х кн. Кн.1 /У. Бейкер, П. Кокс, П. Уэстайн и др. – М.: Мир, 1986. – 319 с.
10. Взрывные явления. Оценка и последствия: В 2-х кн. Кн.2 /У. Бейкер, П. Кокс, П. Уэстайн и др. – М.: Мир, 1986. – 384 с.
11. Нетлетон М. Детонация в газах. – М.: Мир, 1989. – 280 с.
12. Маршалл В. Основные опасности химических производств. – М.:Мир, 1989. – 672 с.
13. Семенов Л.И. Взрывобезопасность элеваторов, мукомольных и комбикормовых заводов /Л.И. Семенов, Л.А. Теслер – М.: Агропромиздат.– 1991. – 367 с.
14. Nettleton, M. A. Gaseous detonations: their nature and control. – [S.I.] : Springer, 2013. – 255 p.
15. Волков В.Э. Информационная модель потенциально взрывоопасного объекта. Часть 1 // Автоматизация технологических и бизнес-процессов, 2012. – №№9,10 март-июнь 2012. – С. 3-11.
16. Волков В.Э. Информационная модель потенциально взрывоопасного объекта. Часть 2 // Автоматизация технологических и бизнес-процессов, 2012. – №№11,12 сентябрь-декабрь 2012. – С. 3-9.
17. Волков В.Э. Информационная модель потенциально взрывоопасного объекта. Часть 3 // Автоматизация технологических и бизнес-процессов, 2013. – №№13,14 март-июнь 2013. – С. 3-9.