

УДК 004.827

В.А. Капранов

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ О ПРОЦЕССАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОЕВЫХ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ В ВИДЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ НЕЧЕТКОЙ ПРОДУКЦИОННОЙ МОДЕЛИ

*В статье разработаны предложения по формализации процесса распределения ограниченного количества боевых авиационных средств для воздействия по СВН противника в условиях неопределенности с использованием нечетких логических систем интервального типа 2.*

**Ключевые слова:** боевое авиационное средство, неопределенность, интервальное нечеткое множество типа 2, нечеткая логическая система интервального типа 2, лингвистическая переменная.

### Введение

**Постановка проблемы.** Одним из решающих условий решения задач завоевания превосходства в воздухе и успешной защиты прикрываемых объектов от ударов средств воздушного нападения (СВН) является обоснованное и своевременное принятие решения на распределение боевых авиационных средств в ходе отражения ударов СВН противника.

Непосредственно на принятие решения по распределению боевых авиационных средств существенно влияют оказывающие возрастающая динамичность и скоротечность боевых действий, высокая степень неопределенности обстановки, жесткие временные рамки выработки решений. Невозможность учета разных видов неопределенности (в том числе, лингвистической) только в рамках известных вероятностных и детерминированных методов и моделей определяет необходимость формализации знаний о процессах распределения боевых авиационных средств с использованием новых методов, основанных, в том числе, и на использовании математического аппарата нечетких множеств и нечеткой логики. В тоже время, анализ математического обеспечения, реализуемого в специальном программном обеспечении комплексов средств автоматизации командных пунктов Воздушных Сил старого парка, позволяет сделать вывод о том, что процессы выработки рекомендаций по распределению боевых авиационных средств автоматизированы недостаточно и не отвечают современным требованиям. Таким образом, исследования новых подходов к формализации знаний о процессах распределения боевых авиационных средств, учитывающих необходимость учета лингвистической неопределенности, является актуальными.

**Анализ литературы.** В настоящее время существует достаточное количество литературы, в которой освещены вопросы формализации процессов распределения боевых средств [1 - 4]. В частности в

работах [1 - 3] рассмотрена задача назначения действий огневых средств как комплекса взаимосвязанных задач, а именно: определение типа объекта поражения, ранжирование объектов поражения по относительной важности, распределение огневых средств по объектам поражения. Непосредственно задача целераспределения представляется в виде задачи многоцелевой оптимизации с нечетко заданными целевыми функциями, что позволяет их использовать как в автоматическом, так и в автоматизированном режиме. В работе [4] рассмотрена задача выбора объектов огневого поражения с помощью полиэдрального анализа. Предложено использовать полиэдральный анализ для решения задачи анализа структуры сложных систем. Тем не менее вопросы формализации процессов распределения боевых авиационных средств с учетом лингвистической неопределенности на основе использования нечетких множеств и нечеткой логики в данной литературе не рассматриваются.

**Целью статьи** является разработка предложений по формализации знаний о процессах распределения боевых авиационных средств в виде иерархической нечеткой продукционной модели.

### Основная часть

Анализ недостатков существующих подходов к формализации процесса распределения боевых авиационных средств позволяет определить следующие основные требования к усовершенствованию формализации процесса обработки знаний по распределению боевых авиационных средств:

- 1) выполнение процедур пересчета параметров планируемого воздействия, анализа результатов выполненных воздействий и непосредственное распределение боевых авиационных средств по событиям фактического изменения параметров процесса распределения боевых авиационных средств;

- 2) формализация параметров процесса распределения боевых авиационных средств с учетом не-

определенности данных о параметрах и действиях СВН, которая возникает в результате нескольких этапов обобщения и обработки данных о воздушной цели и отсутствии достаточной разведывательной информации, применения экспертных данных о воздушных объектах и этапах выполнения воздействий боевыми авиационными средствами, их оперативно-го и технического состояния;

3) реализация механизма изменения решающих правил по распознаванию ситуаций и выработки рекомендаций управления боевыми авиационными средствами при изменения тактики их применения и технических характеристик, как самих авиационными средствами и СВН, так и средств поражения;

4) реализация механизма распознаванию ситуаций отмены ранее назначенного воздействия по воздушной цели с учетом:

- особенностей формализации параметров процедуры распознаванию ситуаций отмены ранее назначенного воздействия в виде лингвистических, а не числовых значений;

- формализации процедуры и результата распознавания ситуации отмены ранее назначенного воздействия в виде лингвистического значения;

5) реализация механизма распознаванию ситуаций перенацеливания ранее назначенного боевого авиационного средства с учетом:

- особенностей формализации параметров процедуры распознаванию ситуаций перенацеливания ранее назначенного боевого авиационного средства в виде лингвистических, а не числовых значений;

- формализации процедуры и результата распознавания ситуации перенацеливания ранее назначенного боевого авиационного средства в виде лингвистического значения;

6) реализация механизма распознаванию ситуаций назначения боевого авиационного средства с учетом:

- особенностей формализации параметров процедуры распознаванию ситуаций назначения боевого авиационного средства в виде лингвистических, а не числовых значений;

- формализации процедуры и результата распознавания ситуации назначения боевого авиационного средства в виде лингвистического значения.

Рассмотрим в качестве примера следующие предложения по реализации механизма распознаванию ситуаций отмены ранее назначенного воздействия по воздушной цели:

1) формализации параметров процедуры распознаванию ситуаций отмены ранее назначенного воздействия в виде следующих входных лингвистических переменных (ЛП):

- ЛП “Важность цели” (ВЦ) с терминами {«приоритетная», «повышенная», «обычная», «пониженная», «неважная»};

- ЛП “Боевой успех” (БУ) с терминами {«недостаточный», «минимальный», «средний», «максимальный»};

- ЛП “Этап наведения” (ЭН) с терминами {«аэродром», «командный», «бортовой»};

- ЛП “Состояние наведения” (СН) с терминами {«управление», «отказ»};

2) формализация процедуры обработки знаний по распознаванию ситуации отмены ранее назначенного воздействия в виде механизма логического вывода на основе совместного анализа входных ЛП для определения значения выходной ЛП “Рекомендация” (РП) с терминами {«отменить», «перенацеливать», «назначить»}.

Процесс распределения боевых авиационных средств формально можно представить в виде множества нечетких продукционных правил в рамках иерархической базы правил, где в качестве условия каждого правила (антецедента) используются нечеткие лингвистические высказывания, включающие формализованные параметры в виде термов входных ЛП, а в качестве заключения правила (консеквента) используется один из термов соответствующей выходной ЛП.

Непосредственно в качестве модели представления знаний, позволяющей формализовать данные подобного класса в виде ЛП и последующую их обработку на основе использования нечетких продукционных правил, предлагается использовать математический аппарат нечетких множеств и нечеткой логики. С учетом того, что интервальные нечеткие множества типа 2 (ИНМТ2), с одной стороны, обеспечивают формализацию большего количества дополнительных степеней неопределенности, по сравнению с классическими нечеткими множествами, с другой стороны, характеризуются достаточной простотой «реализации» при разработке нечетких моделей по сравнению с общими нечеткими множествами типа 2 [5, 6], в качестве математического аппарата формализации ЛП в работе используются ИНМТ2.

Так как в качестве рассматриваемых значений ЛП, представляющих собой условия и заключения соответствующих нечетких продукционных правил (базы правил) используются ИНМТ2, то в качестве нечеткой логической системы будем использовать нечеткую логическую систему интервального типа 2 (НЛСИТ2) [7]. В связи с тем, что в качестве заключений используются действительные числа (номер класса), то в качестве алгоритма нечеткого вывода НЛСИТ2 для решения задач обработки знаний о распределении боевых авиационных средств предлагается использование алгоритма Сугэно 0-го порядка. При этом отметим, что процедура аккумуляции в данном алгоритме отсутствует вследствие четких выходных значений, а процедуру дефаззи-

фикации использовать не будем вследствие того, что в рамках данной работы база правил данной НЛСИТ2 включает минимальное количество нечетких продукционных правил, соответствующее мощности множества возможных ситуаций при распределении боевых авиационных средств.

Полученную совокупность нечетких продукционных правил будем рассматривать как иерархическую нечеткую продукционную модель распределения боевых авиационных средств.

Многослойную структуру иерархической нечеткой продукционной модели можно представить в виде каскадного соединения баз нечетких продукционных правил и соответствующих входных ЛП (рис. 1). Такое каскадное соединение позволяет существенно уменьшить общее количество нечетких правил и тем самым уменьшить сложность нечетких моделей с большим количеством входных ЛП.

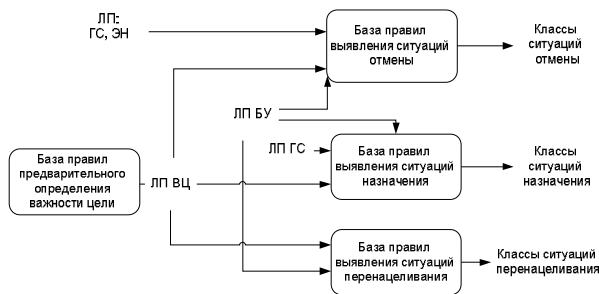


Рис. 1. Каскадное соединение баз нечетких продукционных правил в рамках иерархической нечеткой продукционной модели

## Выводы

Разработанные в статье предложения по формальному представлению ЛП с использованием модели представления знаний на основе нечетких множеств, и нечеткой логики, позволяют при решении задачи распределения боевых авиационных средств выполнить требование по комплексному

учету неопределенности данных о параметрах и действиях СВН, которая возникает в результате нескольких этапов обобщения и обработки данных о воздушной цели и отсутствии достаточной разведывательной информации, а также применения экспертных знаний о воздушных объектах и процессах целераспределения боевых авиационных средств (лингвистическая неопределенность).

## Список литературы

1. Рябцев В.В. Рішення задачі нечіткого цілерозподілу / В.В. Рябцев // Праці Київського військового інституту управління і зв'язку. – К.: КВІУЗ, 1999. – Вип. 1. – С. 100–105.
2. Комплексна методика підтримки прийняття рішення на призначення дії по цілях / В.В. Рябцев, С.О. Ішков, В.О. Міщенко, О.М. Машикін // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗСУ, 2007. – Вип. 1 (39). – С. 67–79.
3. Рябцев В.В. Методика розрахунку оцінки адекватності варіанту рішення задачі про призначення / В.В. Рябцев // Праці Київського Військового Інституту Управління і Зв'язку. – К.: КВІУЗ, 1998. – С. 167–174.
4. Поліедральний аналіз у дослідженні структурно складних систем для рішення задачі вибору об'єктів вогневого ураження / А.В. Тристан, В.В. Грідіна, О.М. Козак, С.Л. Городецький // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – № 4. – С. 15–19.
5. Олизаренко С.А. Нечеткие множества типа 2. Терминология и представление / С.А. Олизаренко, Е.В. Брежнев, А.В. Перепелица // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 8(89). – С. 131–140.
6. Олизаренко С.А. Интервальные нечеткие множества типа 2. Терминология, представление, операции / С.А. Олизаренко, А.В. Перепелица, В.А. Капранов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 2(92). – С. 39–45.
7. Олизаренко С.А. Нечеткие логические системы интервального типа 2. Архитектура и механизм вывода / С.А. Олизаренко, А.В. Перепелица, В.А. Капранов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 5(95). – С. 156–164.

Поступила в редколлегию 8.12.2015

Рецензент: д-р техн. наук, доц. М.А. Павленко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗНАТЬ О ПРОЦЕСАХ РОЗПОДІЛУ БОЙОВИХ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ В ВИГЛЯДІ ІЄРАРХІЧНОЇ НЕЧІТКОЇ ПРОДУКЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

В.А. Капранов

У статті представлені пропозиції щодо формалізації знань про процеси розподілу бойових авіаційних засобів з використанням математичного апарату нечітких множин та нечіткої логіки, що дозволяє підвищити якість врахування невизначеності даних про параметри та дії СВН і формалізувати застосування правил розподілу у вигляді ієрархічної нечіткої продукційної бази знань.

**Ключові слова:** інформаційна технологія, невизначеність, інтервальна нечітка множина типу 2, нечітка логічна система інтервального типу 2, база знань.

## FORMALIZATION OF KNOWLEDGE ABOUT THE PROCESS OF DISTRIBUTION COMBAT AVIATION AS A HIERARCHICAL THE FUZZY PRODUCTION MODELS

V.A. Kapranov

The article suggested proposals for formalize knowledge about the processes of distribution combat air vehicles. It uses mathematical apparatus of fuzzy sets and fuzzy logic. The suggested proposals take account of the uncertainty improve information on action air attack means. It also allows to formalize the rules of application in a hierarchical fuzzy knowledge base of production.

**Keywords:** information technology, uncertainty, fuzzy set interval type 2 fuzzy logic system of interval type 2, the knowledge base.