

УДК 501:519.856

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ МЕТЕОЗАВИСИМЫХ РЕШЕНИЙ НА ПРИМЕНЕНИЕ АВИАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В.В. Попов, С.Н. Башлыков

*Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье рассматриваются практические подходы к применению аппарата нечеткой логики для повышения качества использования гидрометеорологической информации. На базе анализа классических методов многокритериальной нечеткой оценки приводится реализация метода отношения порядка на множестве лингвистических векторных оценок в условиях метеорологической неопределенности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АППАРАТ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ, КАЧЕСТВО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ.

В настоящее время имеющаяся прогностическая метеоинформация является неидеальной. Кроме того, методики ее применения в системах поддержки принятия решений при подготовке и проведении полетов и перелетов авиации в условиях гидрометеорологической неопределенности не учитывают факта отсутствия детерминированных зависимостей эффективности их проведения от характеристик погоды [1]. Предлагается найти выход из этого положения путем анализа мнения экспертов – специалистов в рассматриваемой предметной области и путем постановки и решения задачи построения динамической системы поддержки принятия метеозависимых решений (СППМР) при обеспечении полетов и перелетов авиации, основанной на методах обработки нечеткой экспертной информации. Актуальность этой задачи обоснована возможностью повышения адекватности принимаемых решений с учетом субъективных мнений экспертов и существенного повышения эффективности решаемых авиационных задач в условиях стохастического влияния ряда гидрометеорологических факторов.

Существенное повышение качества классификации гидрометеорологических условий (ГМУ) предлагается осуществлять путем применения теорий, базирующихся на математических идеях нечеткой логики и теории экспертного оценивания [2].

Целью работы является повышение адекватности функционирования динамической СППМР, построенной на основе методов нечеткой логики.

Характерными чертами алгоритмов решения задачи поддержки управления методами нечеткой логики является наличие некоторого набора утверждений (правил), каждое из которых представляет собой совокупность событий (условий) и результатов (выводов). После постановки задачи в терминах правил, состоящих из условий и выводов, производится их обработка по специальным алгоритмам. Идея обработки состоит в преобразовании (фаззификации) нечетких значений условий и выводов в количественную форму. Для этого используются различного рода функции принадлежности: треугольные, трапециидальные, колоколообразные и другие. Выбор типа функции зависит от решаемой задачи. Операция фаззификации, по аналогии с интегральными преобразованиями Лапласа, Фурье и другими, может быть интерпретирована как переход в другое пространство. В новом пространстве производится обработка нечетких переменных с использованием логических операций. Затем полученный результат логической обработки с использованием обратного преобразования (дефаззификации) переводится в исходное пространство численных переменных.

Следовательно, принципы поддержки принятия метеозависимых решений на базе нечеткой исходной информации состоят в следующем.

1. В процессе моделирования и принятия решений осуществляется синтез объективной и субъективной информации.
2. Лицо принимающее решение (ЛПР) осуществляет оценку в естественной форме, принимает соответствующие решения (разрабатывает необходимые рекомендации).
3. На основе более свободного толкования прогнозируемых последствий делается окончательное заключение.

Реализация данных принципов определяет необходимость разработки методов многокритериального нечеткого моделирования процессов поддержки принятия метеозависимых решений при обеспечении авиации.

В настоящее время при реализации идей нечеткой логики актуальность приобретает необходимость многокритериального моделирования процессов поддержки принятых решений в различных проблемных ситуациях.

Методы многокритериального моделирования, являющиеся составной частью теории нечетких множеств позволяют, во-первых, учитывать различного рода неопределенности и неточности, вносимые субъектом и процессами управления, и формализовать словесную информацию эксперта о задаче; во-вторых, существенно уменьшить число исходных элементов модели процесса поддержки принятия метеозависимых решений и извлечь полезную информацию для построения алгоритма такого процесса [3].

Использование методов многокритериального моделирования для решения объемных, трудно формализуемых задач в области гидрометеорологического обеспечения авиации характеризуются, как правило, отсутствием или сложностью формальных алгоритмов решения, неполнотой и нечеткостью исходной информации, нечеткостью достигаемых целей, а также сложностью нахождения компромиссного решения в случаях Парето-неразрешимости исходной задачи.

Эти особенности приводят к необходимости использования в процессе решения задач поддержки принятия метеозависимых решений знания, которые получают от человека-эксперта в предметной области. На основании полученных знаний разрабатываются нечеткие динамические СППМР, осуществляющие сбор и управление этими знаниями, принимающие решения об оптимальном способе достижения эффективной работы ЛПР в условиях неполноты и нечеткости предметной области.

Под нечеткой динамической СППМР понимается система, функционирующая в процессе подготовки ряда мероприятий по проведению полетов и перелетов, представляющая совокупность методов (алгоритмов), выделенных с учетом единства решаемых с помощью их метеозависимых задач и позволяющих получить изменяющиеся во времени количественные и (или) качественные характеристики (параметры), на основе которых разрабатываются рекомендации для принятия метеозависимых решений. В такой системе учет важности внешних воздействий (в рассматриваемом случае – неуправляемых стохастических гидрометеорологических факторов) осуществляется с использованием субъективных оценок, полученных от экспертов на основе метода ранжированных альтернатив [4].

Суть данной методики состоит в следующем.

1. Как множество A определяется набор из m альтернатив – интервалов времени прогнозируемых однотипных ГМУ (при условии, что действия войск (сил) зависят от типа ГМУ):

$$A = \{a_i\}, i = \overline{1, m}. \quad (1)$$

2. Вектор лингвистических оценок на множестве критериев определяется как

$$C = \{c_j\}, j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

3. Множество исходов представляется в виде

$$S = \{s_i\}, i = \overline{1, m}, \quad (3)$$

причем исход s_i обусловлен альтернативой a_i , вектором лингвистических оценок C и множеством лингвистических векторных оценок исходов $K(s_i)$.

4. Проводится ранжирование альтернатив с использованием метода нечеткого отношения порядка на множестве лингвистических векторных оценок, для чего определяется функция принадлежности нечеткого отношения порядка: $\mu_{\geq}: K \times K \rightarrow [0, 1]$.

Значение функции принадлежности $\mu_{\geq}^i(s_q, s_p)$ для нечетких чисел $k_i(s_q)$ и $k_i(s_p)$ вычисляется по формуле:

$$\mu_{\geq}^i(s_q, s_p) = 1 - \mu_{<}^i(s_q, s_p) = \mu_{>}^i(s_q, s_p) + \mu_{=}^i(s_q, s_p), \quad \forall q, p = \overline{1, m} \text{ и } q \neq p, \quad (4)$$

где $\mu_{>}$ – нечеткое отношение порядка «больше» на множестве нечетких чисел, $\mu_{<}$ – нечеткое отношение порядка «меньше», $\mu_{=}$ – нечеткое отношение «равно».

Степень истинности $\mu_{<}^i(s_q, s_p)$ нечеткого высказывания $s_q < s_p$ определяется как вероятность того, что точное значение нечеткого числа s_q будет меньше точного значения нечеткого числа s_p .

Естественно считать, что случайные величины, построенные на нечетких числах $k_i(s_q)$ и $k_i(s_p)$, независимы. Тогда

$$\mu_{<}(s_q, s_p) = \sum_{i=1}^{n-1} (v_{s_q}(x_i)(1 - w_{s_p}(x_{i+1}))), \quad (5)$$

где $v_s(x)$ – вероятность того, что в качестве точного значения нечеткого числа s используется величина x , $w_s(x)$ – вероятность того, что в качестве точного значения s используется величина $y < x$.

Функция принадлежности μ_{\geq} для исходов определяется следующим образом:

$$\mu_{\geq}(K(s_q), K(s_p)) = *_{i \in N} \mu_{\geq}^i(s_q, s_p), \quad (6)$$

где $*$ – знак обобщенной операции.

Поскольку между множеством альтернатив и исходов имеет место взаимно однозначное соответствие, нечеткое отношение предпочтения на множестве альтернатив определяется функцией принадлежности $\mu_{\geq}^F: A \times A \rightarrow [0, 1]$, которая вычисляется по формуле:

$$\mu_{\geq}^F(a_q, a_p) = \mu_{\geq}(K(s_q), K(s_p)). \quad (7)$$

Необходимо отметить, что для векторного критерия

$$a_q \geq a_p \iff K(a_q) \geq K(a_p), \quad (8)$$

имеющего функцию принадлежности μ_{\geq}^F , можно получить матрицу парных сравнений альтернатив, по предпочтению

$$\Phi = \|\mu_{qp}\|_{m \times m}, \quad \text{где } \mu_{qp} = \mu_{\geq}^F(a_q, a_p). \quad (9)$$

Далее задача ранжирования альтернатив проводится на основе матрицы Φ .

Решение задачи ранжирования альтернатив описывается соотношениями

$$\begin{aligned} r_q < r_p &\iff \mu_{\geq}^F(a_i; \{a_q\}, q \in I) > \mu_{\geq}^F(a_i; \{a_p\}, p \in I) \\ r_q = r_p &\iff \mu_{\geq}^F(a_i; \{a_q\}, q \in I) = \mu_{\geq}^F(a_i; \{a_p\}, p \in I) \end{aligned} \quad (10)$$

где r – ранг альтернативы. Минимальный ранг имеет наиболее предпочтительная альтернатива.

В случае наличия экспертов, обладающих высокой компетенцией в предметной области, для решения задачи используется ранжирование альтернатив на основе матрицы парных сравнений. Данная процедура состоит в отыскании собственного вектора $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ матрицы Φ , соответствующего положительному собственному числу λ этой матрицы, путем решения уравнения $\Phi\mu = \lambda\mu$.

Если решение уравнения существует, то вектор μ положителен. Решение задачи ранжирования в данном случае описывается соотношениями:

$$r_q < r_p \iff \mu_q > \mu_p; \quad r_q = r_p \iff \mu_q = \mu_p. \quad (11)$$

Наилучшей признается альтернатива, получившая минимальный ранг.

Оценка ранга набора A необходимых альтернатив с использованием отношения порядка на множестве лингвистических векторных оценок производится по следующей методике.

Для выполнения задачи ЛПР были выделены следующие интервалы (альтернативы), представленные на рис. 1. Согласно рисунку в соответствии с (1) $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ – множество из четырех альтернатив – интервалов времени прогнозируемых однотипных ГМУ.

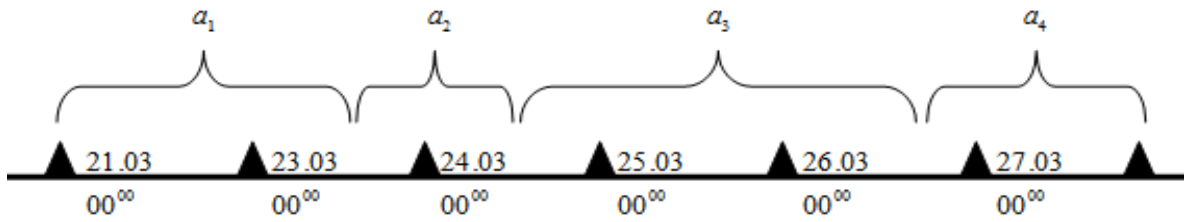


Рис. 1. Распределение альтернатив на период испытаний.

Для каждого временного интервала (альтернативы) ко времени принятия решения в распоряжении ЛПР имеется прогностическая информация по пункту дислокации аэродрома Воронеж, по району выполнения задачи и степени готовности техники и личного состава.

В качестве оценки альтернатив экспертами были предложены следующие критерии:

1. K_1 – высота нижней границы облаков на аэродроме;
2. K_2 – высота нижней границы облаков в районе выполнения задачи;
3. K_3 – видимость на аэродроме;
4. K_4 – видимость в районе выполнения задачи;
5. K_5 – наличие (вероятность) опасных явлений погоды;
6. K_6 – степень готовности техники и личного состава.

Предлагаемая оценка альтернатив может быть записана в виде векторного лингвистического критерия $K = \{K_1, \dots, K_i, \dots, K_6\}$. Для субъективной (нечеткой) оценки альтернатив экспертами выбрана лингвистическая переменная вида $R_{ij} = \{\text{полностью удовлетворяет; значительно удовлетворяет; частично удовлетворяет; значительно не удовлетворяет; полностью не удовлетворяет}\}$.

Тогда задача оценки альтернатив имеет вид:

$$K(a) = (K_i(a_1), K_i(a_2), K_i(a_3), K_i(a_4)) \rightarrow \max_{a \in A}$$

При решении данной задачи векторный лингвистический критерий K_i для альтернативы a_j ($\forall j = \overline{1, 4}$) экспертным оцениванием представлен в виде матрицы:

$K =$	a_1	a_2	a_3	a_4	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
					ЗУ	ЧУ	ПУ	ЧУ	ЗНУ	ЧУ
					ПНУ	ЧУ	ЗНУ	ПУ	ПНУ	ЗУ
					ЗНУ	ЗУ	ЧУ	ПУ	ЗНУ	ПУ
					ЗНУ	ЧУ	ПУ	ЗУ	ПУ	ЗНУ

Функции принадлежности лингвистической переменной R_j имеют вид:

ПОЛНОСТЬЮ НЕ УДОВЛЕТВОРЯЕТ: ПНУ = {1,0/1; 0,8/2; 0,2/3};

ЗНАЧИТЕЛЬНО НЕ УДОВЛЕТВОРЯЕТ: ЗНУ = {0,8/1; 0,9/2; 0,5/3; 0,2/4};

ЧАСТИЧНО УДОВЛЕТВОРЯЕТ: ЧУ = {0,3/3; 0,7/4; 1,0/5; 0,8/6; 0,2/7};

ЗНАЧИТЕЛЬНО УДОВЛЕТВОРЯЕТ: ЗУ = {0,2/7; 0,5/8; 0,9/9; 0,8/10};

ПОЛНОСТЬЮ УДОВЛЕТВОРЯЕТ: ПУ = {0,2/8; 0,8/9; 1,0/10}.

Базовая переменная для функции принадлежности характеризуется как множество $X = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$.

Для поставленной задачи проводятся расчеты в соответствии с ранее описанными этапами. Первоначально вычисляется степень предпочтения альтернативы a_1 .

Этап 1. Вычисление функции принадлежности осуществляется по формуле:

$$\begin{aligned} \mu_{<}(K_i(a_1), K_i(a_2), K_i(a_3), K_i(a_4)) = \\ = \sum_{m=1}^n vk_i(a_1)(x_m) \left(1 - \sum_{j=1}^m vk_i(a_2)(x_j)\right) \times \left(1 - \sum_{z=1}^m vk_i(a_3)(x_z)\right) \left(1 - \sum_{t=1}^m vk_i(a_4)(x_t)\right) \end{aligned}$$

Для различных альтернатив имеем:

$$\begin{aligned} vk_i(a_1)(x_m) &= \frac{\mu k_i(a_1)(x_m)}{\sum_{y \in S_{K_i(a_1)}} \mu k_i(a_1)(y)}, \\ vk_i(a_2)(x_m) &= \frac{\mu k_i(a_2)(x_m)}{\sum_{y \in S_{K_i(a_2)}} \mu k_i(a_2)(y)}, \\ vk_i(a_3)(x_m) &= \frac{\mu k_i(a_3)(x_m)}{\sum_{y \in S_{K_i(a_3)}} \mu k_i(a_3)(y)}, \\ vk_i(a_4)(x_m) &= \frac{\mu k_i(a_4)(x_m)}{\sum_{y \in S_{K_i(a_4)}} \mu k_i(a_4)(y)}, \end{aligned}$$

где $i = \overline{1,6}$.

Каждому лингвистическому критерию K_i для альтернативы a_i соответствует оценка (ПНУ, ЗНУ, ЧУ, ЗУ, ПУ). Например, для

$K_1(a_1) - ЗУ; K_1(a_2) - ПНУ; K_1(a_3) - ЗНУ; K_1(a_4) - ЗНУ$ и т.д.

Для каждой оценки имеются свои функции принадлежности. Например, $\mu_{K_1(a_1)}(x_1) = 0,2; \mu_{K_1(a_1)}(x_2) = 0,8$ и т.д. Следовательно,

$$\begin{aligned} \sum_{y \in S_{K_1(a_1)}} \mu k_1(a_1)(y) &= 0,2 + 0,5 + 0,9 + 0,8 = 2,4; \\ \sum_{y \in S_{K_1(a_2)}} \mu k_1(a_2)(y) &= 1,0 + 0,8 + 0,2 = 2,0; \\ \sum_{y \in S_{K_1(a_3)}} \mu k_1(a_3)(y) &= 0,8 + 0,9 + 0,5 + 0,2 = 2,4; \\ \sum_{y \in S_{K_1(a_4)}} \mu k_1(a_4)(y) &= 0,8 + 0,9 + 0,5 + 0,2 = 2,4. \end{aligned}$$

Аналогично находятся

$$\sum \mu_{K_i(a_j)}, i = 2,6, j = 2,4.$$

Таким образом, имеется:

$$\begin{aligned} &\mu_{<}(K_1(a_1), K_1(a_2), K_1(a_3), K_1(a_4))= \\ &= \frac{0,2}{2,4} \left(1 - \frac{1,0}{2,0}\right) \left(1 - \frac{0,8}{2,4}\right) \left(1 - \frac{0,8}{2,4}\right) + \frac{0,5}{2,4} \left(1 - \frac{1,8}{2,0}\right) \left(1 - \frac{1,7}{2,4}\right) \left(1 - \frac{1,7}{2,4}\right) = 0,02; \end{aligned}$$

$$\sum_{y \in S_{K_2(a_1)}} \mu k_2(a_1)(y) = 0,3 + 0,7 + 1,0 + 0,8 + 0,2 = 3,0;$$

$$\sum_{y \in S_{K_2(a_2)}} \mu k_2(a_2)(y) = 0,3 + 0,7 + 1,0 + 0,8 + 0,2 = 3,0;$$

$$\sum_{y \in S_{K_2(a_3)}} \mu k_2(a_3)(y) = 0,8 + 0,9 + 0,5 + 0,2 = 2,4;$$

$$\sum_{y \in S_{K_2(a_4)}} \mu k_2(a_4)(y) = 0,3 + 0,7 + 1,0 + 0,8 + 0,2 = 3,0;$$

$$\mu_{<}(K_2(a_1), K_2(a_2), K_2(a_3), K_2(a_4)) = 0,157$$

$$\sum_{y \in S_{K_3(a_1)}} \mu k_3(a_1)(y) = 0,2 + 0,8 + 1,0 = 2,0;$$

$$\sum_{y \in S_{K_3(a_2)}} \mu k_3(a_2)(y) = 0,8 + 0,9 + 0,5 + 0,2 = 2,4;$$

$$\sum_{y \in S_{K_3(a_3)}} \mu k_3(a_3)(y) = 0,3 + 0,7 + 1,0 + 0,8 + 0,2 = 3,0;$$

$$\sum_{y \in S_{K_3(a_4)}} \mu k_3(a_4)(y) = 0,2 + 0,8 + 1,0 = 2,0.$$

$$\mu_{<}(K_3(a_1), K_3(a_2), K_3(a_3), K_3(a_4)) = 0,092;$$

$$\sum_{y \in S_{K_4(a_1)}} \mu k_4(a_1)(y) = 0,3 + 0,7 + 1,0 + 0,8 + 0,2 = 3,0;$$

$$\sum_{y \in S_{K_4(a_2)}} \mu k_4(a_2)(y) = 0,2 + 0,8 + 1,0 = 2,0;$$

$$\sum_{y \in S_{K_4(a_3)}} \mu k_4(a_3)(y) = 0,2 + 0,8 + 1,0 = 2,0;$$

$$\sum_{y \in S_{K_4(a_4)}} \mu k_4(a_4)(y) = 0,2 + 0,5 + 0,9 + 0,8 = 2,4;$$

$$\mu_{<}(K_4(a_1), K_4(a_2), K_4(a_3), K_4(a_4)) = 0,115;$$

$$\sum_{y \in S_{K_5(a_1)}} \mu k_5(a_1)(y) = 0,8 + 0,9 + 0,5 + 0,2 = 2,4;$$

$$\sum_{y \in S_{K_5(a_2)}} \mu k_5(a_2)(y) = 1,0 + 0,8 + 0,2 = 2,0;$$

$$\sum_{y \in S_{K_5(a_3)}} \mu k_5(a_3)(y) = 0,8 + 0,9 + 0,5 + 0,2 = 2,4;$$

$$\sum_{y \in S_{K_5(a_4)}} \mu k_5(a_4)(y) = 0,2 + 0,8 + 1,0 = 2,0;$$

$$\mu_{<}(K_5(a_1), K_5(a_2), K_5(a_3), K_5(a_4)) = 0,103;$$

$$\begin{aligned} \sum_{y \in S_{K_6(a_1)}} \mu_{K_6}(a_1)(y) &= 0,3 + 0,7 + 1,0 + 0,8 + 0,2 = 3,0; \\ \sum_{y \in S_{K_6(a_2)}} \mu_{K_6}(a_2)(y) &= 0,2 + 0,5 + 0,9 + 0,8 = 2,4; \\ \sum_{y \in S_{K_6(a_3)}} \mu_{K_6}(a_3)(y) &= 0,2 + 0,8 + 1,0 = 2,0; \\ \sum_{y \in S_{K_6(a_4)}} \mu_{K_6}(a_4)(y) &= 0,8 + 0,9 + 0,5 + 0,2 = 2,4; \\ \mu_{<}(K_6(a_1), K_6(a_2), K_6(a_3), K_6(a_4)) &= 0,078. \end{aligned}$$

Этап 2. Вычисление нечеткого отношения μ_{\geq} :

$$\begin{aligned} \mu_{\geq}(K_i(a_1), K_i(a_2), K_i(a_3), K_i(a_4)) &= \\ &= 1 - \mu_{<}(K_i(a_1), K_i(a_2), K_i(a_3), K_i(a_4)); \\ \mu_{\geq}(K_1(a_1), K_1(a_2), K_1(a_3), K_1(a_4)) &= 0,98; \\ \mu_{\geq}(K_2(a_1), K_2(a_2), K_2(a_3), K_2(a_4)) &= 0,843 \\ \mu_{\geq}(K_3(a_1), K_3(a_2), K_3(a_3), K_3(a_4)) &= 0,908 \\ \mu_{\geq}(K_4(a_1), K_4(a_2), K_4(a_3), K_4(a_4)) &= 0,885 \\ \mu_{\geq}(K_5(a_1), K_5(a_2), K_5(a_3), K_5(a_4)) &= 0,897; \\ \mu_{\geq}(K_6(a_1), K_6(a_2), K_6(a_3), K_6(a_4)) &= 0,922. \end{aligned}$$

Этап 3. Минимизация отношения μ_{\geq} :

$$\begin{aligned} \mu_{\geq}(K_i(a_1), K_i(a_2), K_i(a_3), K_i(a_4)) &= \\ &= \min(0,98; 0,843; 0,908; 0,885; 0,897; 0,922) = 0,843. \end{aligned}$$

Этап 4. Вычисление отношения предпочтения на множестве альтернатив:

$$\mu_{\geq}(a_1, a_2, a_3, a_4) = \mu_{\geq}(K(a_1), K(a_2), K(a_3), K(a_4)) = 0,843.$$

Этап 5. Таким образом, степень предпочтения $\mu_{\geq}(a_1) = 0,843$.

На основе данной методики, расчёт степени предпочтения альтернатив a_2 , a_3 , a_4 проводится аналогично.

$$\begin{aligned} \text{Для альтернативы } a_2 : \mu_{\geq}(a_2) &= 0,697 \\ \text{Для альтернативы } a_3 : \mu_{\geq}(a_3) &= 0,832 \\ \text{Для альтернативы } a_4 : \mu_{\geq}(a_4) &= 0,667 \end{aligned}$$

Таким образом, альтернатива a_1 предпочтительнее a_2, a_3, a_4 , так как:

$$\mu_{\geq}(a_1) > \forall \mu_{\geq}(a_2), \mu_{\geq}(a_3), \mu_{\geq}(a_4).$$

Отсюда следует вывод, что с учетом влияния всех критериев наиболее благоприятной является первая альтернатива и выполнение задачи следует проводить в первый день.

Анализ результатов, полученных в работе, позволяет сделать следующие выводы.

1. При метеорологическом обеспечении авиации рекомендуется использовать нечеткую динамическую систему ППМР, обеспечивающую учет как объективной, так и субъективной информации. На этой основе ЛПР осуществляет принятие решений.
2. Для успешного решения задачи оценки гидрометеорологических условий (ГМУ) необходим синтез объективной и субъективной информации при принятии решений.
3. Стандартные виды функции принадлежности применимы к решению большинства научно-технических задач, однако при решении специфических задач ГМО наиболее оптимальным является метод построения функции принадлежности на основе экспертных оценок.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL SUPPORT OF ADOPTION OF METEODEPENDENT DECISION ON USE OF AIRCRAFT BY MEANS OF THE DEVICE OF FUZZY LOGIC

V.V. Popov, S.N. Bashlykov

In article practical approaches to use of the device of fuzzy logic for upgrading of use of hydrometeorological information. Based on the analysis of classical methods of fussy multicriteria evaluation is carried out an implementation of the order relation on the set of linguistic vector estimates in terms of weather uncertainty.

KEYWORDS: DEVICE OF FUZZY LOGIC, UPGRADING OF HYDROMETEOROLOGICAL INFORMATION.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев М.Г., Михайлов В.В. Управление организационно-технической системой в условиях метеорологической неопределенности: Монография. Воронеж: ВВВАИУ (ВИ), 2006. 128 с.
2. Михайлов В.В. Оптимизация использования метеоинформации при решении практических задач // Метеорология и гидрология. Научно-технический журнал, № 2. 2006. С. 17-25.
3. Ульшин И.И., Первезенцев Р.Е. Метеообеспечение авиационной организационно-технической системы при решении важных задач. // Научные технологии. № 3. Том 13. 2012. Научно-технический журнал. М: Радиотехника, 2012. С. 14-20.
4. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решения на основе нечетких моделей: Примеры использования. Рига: Зинатие. 1990. 184 с.