
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

УДК 623.74

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ПРЕЦЕДЕНТУ В БАЗАХ ЗНАНИЙ БОРТОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ТАКТИЧЕСКОГО УРОВНЯ НА ЭТАПАХ ВЫПОЛНЕНИЯ МИССИИ ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ¹

© 2023 г. Б. Е. Федун

ФАУ “ГосНИИАС”, Москва, Россия

e-mail: boris_fed@gosniias.ru

Поступила в редакцию 15.07.2022 г.

После доработки 04.09.2022 г.

Принята к публикации 26.09.2022 г.

Решение задачи по прецеденту возможно, если накоплен опыт успешного решения аналогичных задач. Представлены предметно независимые структуры экспериментальной матрицы знаний, содержащей информацию по прецедентам, и процедурной матрицы знаний, используемой для решения задачи. Приведен пример решения по прецеденту задачи, возникшей на борту пассажирского самолета в коллизии «Взлет самолета после прерванного пробега по взлетно-посадочной полосе — Задача “Куда лететь после взлета?”».

DOI: 10.31857/S0002338823010018, EDN: IZRYMT

Введение. На борту подвижного объекта, выполняющего заданную миссию, тактические задачи возникают, когда появляется коллизия “Выполняемый этап миссии — Непосредственная угроза выполнению миссии” [1]. На борту обитаемого подвижного объекта коллизии обнаруживает бортовая интеллектуальная информационная система “Ситуационная осведомленность экипажа” (ИИС СОЭ), которая среди наблюдаемых потенциальных угроз выявляет коллизии (рис. 1).

В этой же ИИС СОЭ происходит ранжирование обнаруженных непосредственных угроз [2] и подключение бортовой оперативно советующей экспертной системы “Оперативное целеполагание” (БОСЭС-целеполагание), в которой решается задача назначения способа противодействия возникшей непосредственной угрозе. Чаще всего эту задачу можно решить только по прецеденту.

В разд. 1 статьи информация по прецедентам представляется в форме экспериментальной матрицы знаний. Непосредственно для решения задачи по прецеденту применяется процедурная матрица знаний, разработанная на базе экспериментальной матрицы знаний. Процедурной матрице знаний посвящен раздел 2. Отметим, что структуры обеих матриц знаний предметно независимы. В разд. 3 представлен пример решения задачи по прецеденту, возникающей в конкретной предметной области “Взлет самолета после прерванного пробега по взлетно-посадочной полосе (ВПП)”.

1. Накопление и представление знаний по прецедентам для решения задачи Z. Для решения по прецеденту некоторой задачи Z нужно, прежде всего, найти в предметной области, в которой возникла задача Z, аналогичные задачи, которые были успешно решены в прошлом, и способы решения которых могут быть применены к задаче Z. Выбираем только те аналогичные задачи, которые возникали в разных условиях.

Разделим все множество найденных аналогичных задач на блоки. В каждый блок поместим аналогичные задачи, которые были решены одним способом и возникали в различных условиях. Число блоков равно числу способов, которыми были решены найденные аналогичные задачи. На этапе накопления знаний каждый способ называют прецедентным решением задачи Z, а соответствующий блок аналогичных задач — прецедентом. Таким образом, понятие прецедент

¹ В работе использованы материалы доклада автора на Форуме KazanDigiteWeek-2022.



Рис. 1. Использование метода решения задачи по прецеденту в базе знаний БОСЭС-целеполагание: блоки базы знаний БОСЭС-целеполагание и ее взаимодействие со штатными бортовыми алгоритмами, реализованными в бортовых цифровых вычислительных машинах (штатные БЦВМ-алгоритмы), ИИС СОЭ и информационно-управляющем полем (ИУП) кабины экипажа

включает в себя как способ (прецедентное решение) задачи Z , так и набор аналогичных задач, которые были решены этим способом.

Условия, в которых возникла каждая аналогичная задача, специалисты чаще всего определяют терминами нескольких лингвистических переменных (ЛП) [3]. Поэтому все многообразие условия, в которых возникали эти успешно решенные задачи, удобно описать одним ситуационным вектором SV (Задача Z – Прецеденты), координаты которого суть различные ЛП с набором термов, характерных для этих ЛП. Для последующего использования этой информации каждой ЛП поставим во взаимно-однозначное соответствие с ее терминами свой набор нечетких множеств (НМ). Ансамбли функций принадлежности этих НМ определяются на одном том же универсальном множестве (УМ), характерном для этой ЛП. УМ и функции принадлежности НМ согласовываются со специалистами, которые решали найденные аналогичные задачи. Информацию по этим задачам с упомянутыми НМ оформим экспериментальной матрицей знаний.

Представим предметно независимый облик экспериментальной матрицы знаний для некоторой задачи Z . Пусть для нее накоплено всего четыре успешно решенных аналогичных задачи (каждая аналогичная задача возникала в условиях, отличных от условий, в которых возникали другие!). Пусть установлено, что эти задачи решались двумя способами и что:

задачи 1.1 и 1.2 решались первым способом, а задачи 2.1 и 2.2 – вторым способом. В обозначения аналогичной задачи первая цифра указывает способ ее решения, вторая цифра – порядковый номер задачи;

различные условия, в которых возникали эти задачи, описаны тремя ЛП: ЛП-1 = (терм-1.1, терм-1.2, терм-1.3), ЛП-2 = (терм-2.1, терм-2.2, терм-2.3) и ЛП-3 = (терм-3.1, терм-3.2, терм-3.3). Вводимые НМ определены соответственно на УМ-1, УМ-2, УМ-3. В этом случае экспериментальная матрица для задачи Z имеет два блока. Оба блока имеют одинаковую структуру (табл. 1).

Таблица 1. Облик экспериментальной матрицы знаний для задачи Z

№ п/п задач, аналогичных задаче Z	SV (Задача Z – Прецеденты)			Прецеденты
	ЛП-1 = (термы). НМ термов, УМ-1	ЛП-2 = (термы). НМ термов, УМ-2	ЛП-3 = (термы). НМ термов, УМ-3	
	НМ (терм-1.1)	НМ (терм-2.1)	НМ (терм-3.1)	
	НМ (терм-1.2)	НМ (терм-2.2)	НМ (терм-3.2)	
	НМ (терм-1.3)	НМ (терм-2.3)	НМ (терм-3.3)	
1.1	НМ (терм-1.1)	НМ (терм-2.3)	НМ (терм-3.1)	Прц-1
1.2	НМ (терм-1.2)	НМ (терм-2.2)	НМ (терм-3.2)	
2.1	НМ (терм-1.2)	НМ (терм-2.1)	НМ (терм-3.2)	
2.2	НМ (терм-1.3)	НМ (терм-2.3)	НМ (терм-3.1)	

Таблица 2. Облик процедурной матрицы знаний для задачи Z

№ п/п задач, аналогичных задаче Z	SV (Задача Z – Прецеденты)			Операция нечеткого отношения (min). Строчные НМ на УМ = $УМ-1 \times УМ-2 \times УМ-3$	Операция объединения НМ (max). НМ(Прц) на УМ = $УМ-1 \times УМ-2 \times УМ-3$	Прецеденты
	ЛП-1 = (термы). НМ термов, УМ-1	ЛП-2 = (термы). НМ термов, УМ-2	ЛП-3 = (термы). НМ термов, УМ-3			
	НМ (терм-1.1)	НМ (терм-2.1)	НМ (терм-3.1)			
	НМ (терм-1.2)	НМ (терм-2.2)	НМ (терм-3.2)			
	НМ (терм-1.3)	НМ (терм-2.3)	НМ (терм-3.3)			
1.1	НМ (терм-1.1)	НМ (терм-2.3)	НМ (терм-3.1)	НМ строки 1.1	НМ (Прц-1) $УМ = УМ-1 \times УМ-2 \times УМ-3$	НМ (Прц-1)
1.2	НМ (терм-1.2)	НМ (терм-2.2)	НМ (терм-3.2)	НМ строки 1.2		
2.1	НМ (терм-1.2)	НМ (терм-2.1)	НМ (терм-3.2)	НМ строки 2.1	НМ (Прц-2) $УМ = УМ-1 \times УМ-2 \times УМ-3$	НМ (Прц-2)
2.2	НМ (терм-1.3)	НМ (терм-2.3)	НМ (терм-3.1)	НМ строки 2.2		

В первый блок включена информация по задачам 1.1 и 1.2. В первой строке блока в ячейках строки стоят НМ, соответствующие тем термами ЛП-1, ЛП-2 и ЛП-3, которыми описывались условия, в которых решалась задача 1.1. НМ, отнесенные к термам ЛП-1, определены на УМ-1. НМ, отнесенные к термам ЛП-2, определены на УМ-2. НМ, отнесенные к термам ЛП-3, определены на УМ-3. Во второй строке этого блока в ячейках строки стоят НМ, соответствующие тем термами ЛП-1, ЛП-2 и ЛП-3, которыми описывались условия, в которых решалась задача 1.2. Эти НМ определены соответственно на УМ-1, УМ-2, УМ-3. Блоку присваивается название “Прецедент-1” (Прц-1).

Во второй блок включена информация по задачам 2.1 и 2.2. В строках блока в ячейках строк стоят НМ, соответствующие термами ЛП-1, ЛП-2 и ЛП-3, которыми описывались условия, в которых решалась задача 2.1 (первая строка блока), и которыми описывались условия, в которых решалась задача 2.2 (вторая строка блока). Эти НМ определены на тех же УМ-1, УМ-2, УМ-3. Блоку присваивается название “Прецедент- 2” (Прц-2).

Пример экспериментальной матрицы знаний для конкретной предметной области дан в разд. 3.

2. Решение задачи по прецеденту. Экспериментальная матрица является исходным материалом для построения процедурной матрицы знаний, которая используется при решении задачи Z (табл. 2).

Для преобразования экспериментальной матрицы знаний в процедурную матрицу знаний в каждом блоке экспериментальной матрицы знаний введем:

в каждой строке блока матрицы процедуру нечеткого отношения для НМ, стоящих в ячейках строки. При выполнении этой процедуры в строках блока получим свои строчные НМ, определенное на декартовом произведении $УМ = УМ-1 \times УМ-2 \times УМ-3$, которое одно для все строк во всех блоках матрицы;

в каждом блоке матрицы процедуру объединения к найденным строчным НМ этого блока. В результате выполнения этой процедуры получим для каждого блока матрицы НМ прецедента этого блока, определенного на $УМ = УМ-1 \times УМ-2 \times УМ-3$.

В полученной процедурной матрице знаний прецедент представляется своим НМ, определенным на упомянутом выше УМ, и ссылкой на тот способ (прецедентное решение задачи Z), который был указан в соответствующем блоке экспериментальной матрицы знаний.

Примечание 1. Заметим, что точки УМ, на котором определена функция принадлежности НМ, представляющего прецедент, описывается тремя координатами (по числу ЛП, которыми представляются условия возникновения задачи Z) и размерность координат точек УМ состоит из размерностей точек, соответствующих УМ, прикрепленных к ЛП.

Отметим, что для решения задачи Z нужны не сами НМ ее прецедентных решений, а их приоритеты. Обычно для расчета приоритетов этих решений по полученным в процедурной матрице знаний их функциям принадлежности предлагаются различные процедуры определения количественных значений приоритетов прецедентов. Эти процедуры никак не учитывают специфику задачи Z. Однако для оперативного решения задачи Z на борту подвижного объекта можно предложить следующую процедуру расчета приоритетов прецедентов, учитывающих текущие условия, в которых появилась эта задача. Заметим, что каждый ситуационный вектор SV (Задача Z – Прецеденты) с количественными значениями его координат выделяет точку на УМ, на которой в процедурной матрице знаний можно для этой точки определить значение функции принадлежности НМ прецедента.

Используем этот факт, разработаем процедуру расчета количественных значений координат SV (Задача Z – Прецеденты), учитывающую оперативно поступившую информацию о сложившихся условиях возникновения задачи Z. Рассчитаем по этой процедуре значения координат SV (Задача Z – Прецеденты). В точке УМ, соответствующей полученному ситуационному вектору, определим значение функций принадлежности каждого прецедента, которое определяет приоритет прецедента. Прецедент с наибольшим значением приоритета будет решением задачи Z.

Покажем, как это делается. Пусть определились количественные значения координат ситуационного вектора. По этому вектору в процедурной матрице (табл. 2) последовательно активизируются строки матрицы, а в ней последовательно активизируются ячейки.

В активизированной ячейке по признаку столбца, в котором она находится, определяются НМ, которые заданы на одном и том же УМ. По координате ситуационного вектора, соответствующей рассматриваемому столбцу, на упомянутом в активизированной ячейке УМ выделяется точка. В этой точке находится значение функции принадлежности НМ, указанного в активизированной ячейке.

После прохождения всех ячеек активизированной строки по операции нечеткого отношения определяется значение функций принадлежности строчного НМ этой строки. Применяя операцию нечеткого объединения ко всем полученным строчным НМ блока, определим значение функции принадлежности прецедента этого блока в точке УМ, указанной ситуационным вектором. Это значение объявим приоритетом прецедента рассматриваемого блока.

Проведя эти процедуры для всех блоков процедурной матрицы, находим приоритеты всех входящих в матрицу прецедентов. Прецедент с наибольшим приоритетом будет решением задачи Z.

Описанный метод решения задач по прецеденту апробирован в решении двух задач в базах знаний бортовых оперативно советующих экспертных систем (БОСЭС): задачи назначения тактического приема в базе знаний БОСЭС “Ввод группы в воздушный бой” [1] и задачи усмирения дебошира в базе знаний БОСЭС “Оперативное целеполагание” для коллизии «Выполняемый этап полета пассажирского самолета “Маршрут” – Непосредственная угроза выполнению миссии самолета: “Дебошир в пассажирском салоне”» [1].

3. Пример решения по прецеденту конкретной задачи Z. Рассмотрим задачу, возникающую на борту пассажирского самолета при появлении коллизии «Взлет после прерванного пробег по ВПП – Задача “Куда лететь после взлета?”».

На борту самолета размещается БОСЭС-целеполагание (рис. 1). На вход БОСЭС-целеполагание поступает из ИИС СОЭ коллизия “Взлет после прерванного пробега по ВПП – Задача “Куда лететь после взлета?””, а из блока “Процедура расчета ...” количественное значение координат ситуационного вектора.

Полученной в процедурной матрице знаний решение задачи предъявляется экипажу на ИУП.

Для решения этой задачи по прецеденту необходимо пройти следующие этапы: 1) накопить прецеденты ее решения, оформив их в виде экспериментальной матрицы знаний для задачи “Куда лететь после взлета?”; 2) разработать процедурную матрицу знаний для решения задачи, 3) создать процедуру расчета количественного значения координат ситуационного вектора SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты), 4) по процедуре (см. п. 3) определить текущие количественные значения координат этого ситуационного вектора, 5) по текущим количественным значениям координат ситуационного вектора в процедурной матрице знаний рассчитать значения приоритетов прецедентов, входящих в процедурную матрицу знаний, 6) способ решения задачи в прецеденте, который имеет наибольший приоритет, использовать для решения задачи “Куда лететь после взлета?”.

Покажем конкретику каждого этапа, отражающую специфику предметной области.

3.1. Прецеденты для решения задачи “Куда лететь после взлета?”. Приведем примеры материалов, использованных для создания экспериментальной матрицы знаний для задачи “Куда лететь после взлета?” [4–6].

1. 2021 г. Рейс Москва (Домодедово) – Калининград (Храброво), самолет Боинг 737–800. Самолет производил посадку в сложных метеоусловиях с сильным попутным ветром при посадке. В процессе выравнивания перед касанием был затяжной пролет над началом ВПП (коллизия «Посадка: фаза “Выравнивание” – “Затяжной пролет над началом ВПП”»). После успешного касания ВПП и пробега по полосе была пересечена крайняя точка для остановки в пределах ВПП (коллизия «Пробег по ВПП – “Пересечение отметки для остановки в пределах ВПП”»). Пилоты приняли решение “Прервать пробег, взлет” и после отрыва от ВПП (коллизия «Отрыв от ВПП – “Над ВПП сильный попутный ветер”») решили “Уйти на второй круг”.

2. 1990 г. Рейс в аэропорту Диксон, самолет Як-40. Заход на посадку происходил ночью в сложных метеоусловиях. Посадка была произведена на скорости, значительно превышающей расчетную. При наличии попутного ветра и поземки торможение оказалось слабым (коллизия “Посадка: фаза “Пробег по ВПП” – Слабое торможение”). Экипаж прервал пробег и совершил взлет (коллизия “Самолет в воздухе – Ухудшение погодных условий”). После взлета уйти на второй круг не позволили ухудшившиеся погодные условия. Самолет ушел на запасной аэродром.

3. 2022 г. Рейс Москва (Шереметьево) – Красноярск (Емельяново), самолет А320. Посадка осуществлялась в сильный снегопад. Самолет коснулся ВПП и во время начала торможения потерял сцепление с ВПП, так как между шасси и поверхностью ВПП образовалась ледяная прослойка из-за резкого нагрева шасси после касания с ВПП (коллизия “Пробег по ВПП – Слабое торможение”). Экипаж прервал пробег и принял решение “Взлетать”. После взлета экипажу сообщили, что на аэродроме для расчистки полосы привлечены все снегоуборочные машины (коллизия “Самолет в воздухе – Расчистка полосы”). Экипаж принял решение “Уйти на второй круг”. Самолет успешно совершил посадку после расчистки полосы.

Анализ этих и других посадок с прерыванием пробега по ВПП и последующим взлетом показал, что:

использовались два способа решения задачи после отрыва от ВПП: уйти на второй круг или уйти на запасной аэродром (прецедентные решения для задачи “Куда лететь после взлета?”),

выделенные координаты ситуационного вектора SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты: “Уйти на второй круг”, “Уйти на запасной аэродром”) представляются ЛП.

Не приводя в статье все координаты ситуационного вектора, для демонстрационного примера выберем только четыре координаты:

ЛП-1 “Погода” = (благоприятная (блп), нормальная (норм), неблагоприятная (нбл), ужасная (ужс)). Термам этой ЛП поставлены в соответствие четыре НМ, определенные на одном УМ [2, 10], точки которого – баллы оценки погоды. Ансамбли функций принадлежности НМ, поставленных в соответствие термам этой ЛП, показаны на рис. 2.

ЛП-2 “Скорость снижения в момент касания ВПП” = (большая (блш), средняя (срд), малая (мал)). Термам этой ЛП поставлены в соответствие три НМ, определенные на одном УМ [0, 20], точки которого – скорость снижения в момент касания ВПП в м/с. Ансамбли функций принадлежности НМ, поставленных в соответствие термам этой ЛП, представлены на рис. 3.

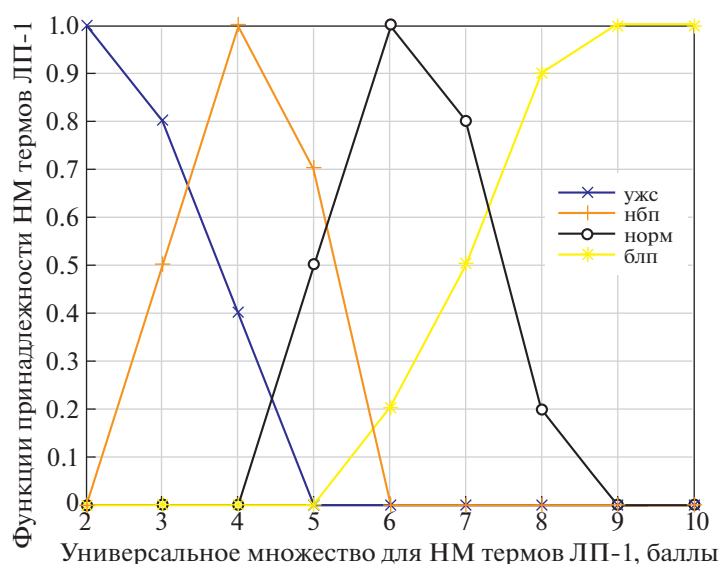


Рис. 2. Представление термов ЛП-1 "Погода" через НМ, определенные на УМ [2, 10], баллы

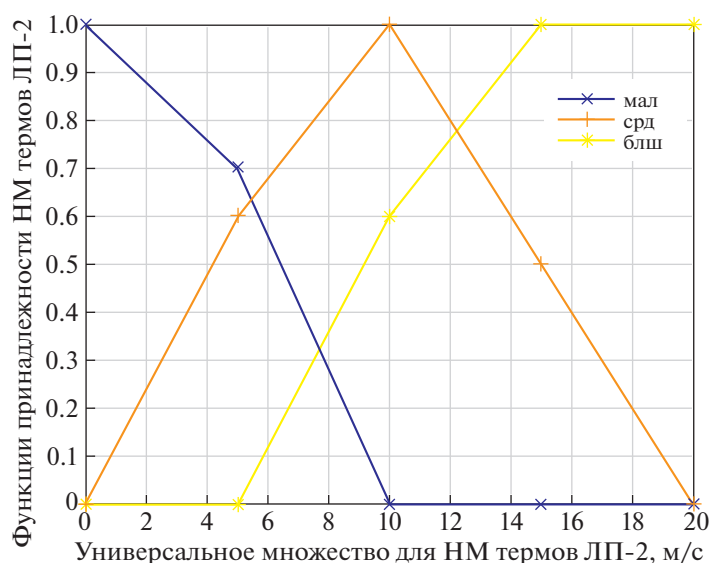


Рис. 3. Представление термов ЛП-2 "Скорость снижения в момент касания ВПП" через НМ, определенные на УМ [0, 20], м/с

ЛП-3 "Количество топлива на пробеге" = (много (мнг), нормально (нрм), мало (мал)). Термам этой ЛП поставлены в соответствие три НМ, определенные на одном УМ [1000, 5000]. Точки УМ — количество топлива в литрах (л). Ансамбли функций принадлежности этих НМ, поставленных в соответствие термам этой ЛП, даны на рис. 4.

ЛП-4 = "Амбиции экипажа" = (большие, средние, маленькие). Термам этой ЛП поставлены в соответствие три НМ, определенные на одном УМ [2, 10], точки которого — баллы оценки амбиции. Ансамбли функций принадлежности этих НМ, поставленные в соответствие термам этой ЛП, показаны на рис. 5.

Примечание 2. Следует отметить, что работа со специалистами по определению и согласованию количества термов каждой ЛП и конкретных значений функций принадлежности для каждого НМ, поставленного в соответствие терму ЛП, требует больших временных затрат.

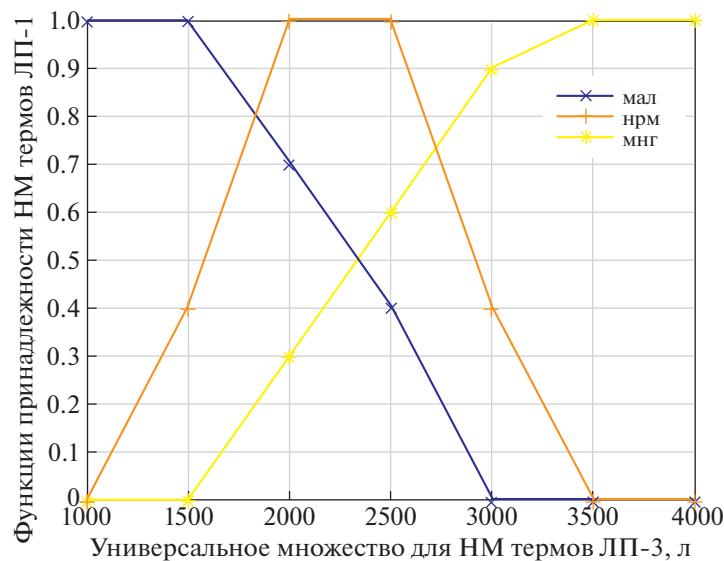


Рис. 4. Представление термов ЛП-3 “Количество топлива на пробеге” через НМ, определенные на УМ [1000, 4000], л

Представленные в демонстрационном примере наборы термов ЛП и ансамбли функций принадлежности не прошли такого согласования.

Экспериментальная матрица знаний для решения Задача “Куда лететь после взлета?” дана в табл. 3.

Сравнивая эту экспериментальную матрицу знаний, полученную для конкретной задачи “Куда лететь после взлета?”, со структурой предметно независимой экспериментальной матрицы знаний (см. табл. 1), отметим, что структуры их одинаковы, а конкретика предметной области отразилась только в конкретике ЛП и прецедентов.

3.2. БОСЭС-целеполагание: база знаний для решения задачи “Куда лететь после взлета?”. Для решения задачи по прецеденту в базе знаний БОСЭС-целеполагание размещены два блока (рис. 1): “Процедура расчета количественного значения координат ситуационного вектора SV (Задача Z – Прецеденты)” (табл. 4) и блок “Процедурная матрица знаний” (табл. 5). Оба блока учитывают специфику предметной области:

процедура расчета количественного значения координат ситуационного вектора SV (Задача Z – Прецеденты)” настроена на задачу Z = “Куда лететь после взлета?”,

процедурная матрица знаний задачи Z настроена на ситуационный вектор этой задачи и на прецеденты ее решения “Уйти на второй круг” или “Уйти на запасной аэродром”.

Покажем работу базы знаний БОСЭС-целеполагание. Пусть в блоке “Процедура расчета количественного значения координат ситуационного вектора SV (Задача – Прецеденты)” определились количественные значения координат ситуационного вектора, SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты)” = (5, 10, 2000, 4) (табл. 6). По этому вектору в процедурной матрице знаний этой задачи последовательно активизируются строки матрицы, а в каждой активизированной строке последовательно активизируются ячейки (табл. 7).

Пусть активизировалась первая строка 1.1 первого блока процедурной матрицы знаний (табл. 7), а в ней активизировалась первая ячейка. В активизированной ячейке определяется НМ (блп). По координате полученного ситуационного вектора ЛП-1 (Погода) = 5 баллов, в столбце активизированной ячейки указывается УМ [2, 10], на котором определено НМ (блп). В упомянутой точке 5 баллов УМ [2, 10] по функции принадлежности НМ (блп) определяется ее значение “0.0”, которое заносится в упомянутую активизированную ячейку (рис. 2).

После прохождения всех ячеек активизированной строки в ней по операции нечеткого отношения, примененной ко всем указанным в строке НМ, определяется значение функций принадлежности “0.0” строчного НМ этой строки в точке (5, 10, 2000, 4) универсального множества $УМ = [2, 10] \times [0, 20] \times [1000, 5000] \times [2, 10]$, на котором определено строчное НМ этой строки. После активизации всех строк первого блока определим значения функций принадлежности его

Таблица 3. Экспериментальная матрица знаний для задачи “Куда лететь после взлета?”

№ п/п задач, аналогичных задаче “Куда лететь после взлета?”	Координаты ситуационного вектора SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты)				Прецеденты
	ЛП-1 “Погода” = (термы). НМ термов, УМ [2, 10], баллы	ЛП-2 “Скорость снижения в момент касания ВПП” = (термы). НМ термов, УМ [0, 20], м/с	ЛП-3 “Количество топлива на пробеге” = (термы). НМ термов, УМ [1000, 5000], л	ЛП-4 “Амбиции экипажа” = (термы). НМ термов, УМ [2, 10], баллы	
	НМ (блп) благоприятная	НМ (блш) большая	НМ (мнг) много	НМ (блш) большие	
	НМ (норм) нормальная	НМ (срд) средняя	НМ (нрм) нормально	НМ (срд) средние	
	НМ (нбл) неблагоприятная	НМ (мал) маленькая	НМ (мал) мало	НМ (млн) маленькие	
	НМ (ужс) ужасная	—	—	—	
1.1	НМ (блп)	НМ (блш)	НМ (мал)	НМ (млн)	Уход на второй круг
1.2	НМ (блп)	НМ (блш)	НМ (нрм)	НМ (млн)	
1.3	НМ (норм)	НМ (блш)	НМ (мнг)	НМ (срд)	
2.1	НМ (ужс)	НМ (срд)	НМ (мнг)	НМ (блш)	Уход на запасной аэродром
2.2	НМ (нбл)	НМ (срд)	НМ (нрм)	НМ (срд)	

Таблица 4. Входная информация в блок “Процедура расчета значения координат ситуационного вектора SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты) базы знаний БОСЭС-целесолагание

Информация	Описание	Источник
Погода, баллы	Состояние метеоусловий, дальность видимости	Данные от диспетчера, ручной ввод
Скорость снижения в момент касания ВПП, м/с	Скорость в момент касания ВПП	Бортовой источник
Количество топлива на пробеге, л	Наличие топлива в момент касания ВПП	Бортовой источник
Амбиции экипажа, баллы	Склонность к риску	Ручной ввод

строчных НМ “0.0 0.0 0.3” в точке (5, 10, 2000, 4) того же универсального множества УМ = [2, 10] × [0, 20] × [1000, 5000] × [2, 10].

Применяя операцию нечеткого объединения ко всем полученным строчным НМ первого блока, найдем значения 0.3 функции принадлежности прецедента рассмотренного блока в точке (5, 10, 2000, 4) его универсального множества УМ = [2, 10] × [0, 20] × [1000, 5000] × [2, 10]. Это значение определяет приоритет прецедента данного блока.

Проведя такие же процедуры для второго блока матрицы знаний, найдем значения 0.5 функции принадлежности прецедента этого блока в точке УМ (5, 10, 2000, 4).

В результате определились приоритеты всех входящих в матрицу прецедентов: приоритет прецедента “Уход на второй круг” равен 0.3, а приоритет прецедента “Уход на запасной аэродром” равен 0.5. Отсюда следует, что задачу “Куда лететь после взлета?” следует решать по прецеденту “Уход на запасной аэродром”.

Таблица 5. Процедурная матрица знаний для задачи “Куда лететь после взлета?”

Координаты ситуационного вектора SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты)					Операция нечеткого отношения (min). Строчные НМ на $УМ = [2, 10] \times [0, 20] \times [1000, 5000] \times [2, 10]$	Операция нечеткого объединения НМ (max) НМ прецедентов на $УМ = [2, 10] \times [0, 20] \times [1000, 5000] \times [2, 10]$	Прецеденты
№ п/п задач, аналогичных задаче “Куда лететь после взлета?”	ЛП-1 “Погода” = = (термы). НМ термов, УМ [2, 10], баллы	ЛП-2 “Скорость снижения в момент касания ВПП” = = (термы). НМ термов, УМ [0, 20], м/с	ЛП-3 “Количество топлива на пробеге” = = (термы). НМ термов, УМ [1000, 5000], л	ЛП-4 “Амбиции экипажа” = = (термы). НМ термов УМ [2, 10], баллы			
	НМ (блп) благоприятная	НМ (блш) большая	НМ (мнг) много	НМ (блш) большие			
	НМ (норм) нормальная	НМ (срд) средняя	НМ (нрм) нормально	НМ (срд) средние			
	НМ (нбл) неблагоприятная	НМ (мал) маленькая	НМ (мал) мало	НМ (млн) маленькие			
	НМ (ужс) ужасная	—	—	—			
1.1	НМ (блп)	НМ (блш)	НМ (мал)	НМ (млн)	НМ строки 1.1	НМ (При-1). $УМ = [2, 10] \times [0, 20] \times [1000, 5000] \times [2, 10]$	НМ (Уход на второй круг)
1.2	НМ (блп)	НМ (блш)	НМ (нрм)	НМ (млн)	НМ строки 1.2		
1.3	НМ (норм)	НМ (блш)	НМ (мнг)	НМ (срд)	НМ строки 1.3		
2.1	НМ (ужс)	НМ (срд)	НМ (мнг)	НМ (блш)	НМ строки 2.1	НМ (При-2). $УМ = [2, 10] \times [0, 20] \times [1000, 5000] \times [2, 10]$	НМ (Уход на запасной аэродром)
2.2	НМ (нбл)	НМ (срд)	НМ (нрм)	НМ (срд)	НМ строки 2.1		

Таблица 6. Количественные значения координат ситуационного вектора SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты)

Координата SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты)	Количественное значение координат SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты)
Погода, баллы	5
Скорость снижения в момент касания ВПП, м/с	10
Количество топлива на пробеге, л	2000
Амбиции экипажа, баллы	4

Таблица 7. Процедурная матрица знаний для задачи “Куда лететь после взлета?” при поступлении ситуационного вектора SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты) = (5, 10, 2000, 4)

SV (Задача “Куда лететь после взлета?” – Прецеденты) при поступлении ситуационного вектора $SV = (5, 10, 2000, 4)$					Операция нечеткого отношения (min). Строчные НМ. УМ = $[2, 10] \times [0, 20] \times [1000, 5000] \times [2, 10]$	Операция объединения НМ (max). НМ прецедентов. УМ = $[2, 10] \times [0, 20] \times [1000, 5000] \times [2, 10]$	Прецеденты
№ п/ задач, аналогичных задаче “Куда лететь после взлета?”	ЛП-1 “Погода” = (термы). НМ термов. УМ [2, 10], баллы	ЛП-2 “Скорость снижения в момент касания ВПП” = (термы). НМ термов. УМ [0, 20], м/с	ЛП-3 “Количество топлива на пробеге” = (термы). НМ термов. УМ [1000, 5000], л	ЛП-4 “Амбиции экипажа” = (термы). НМ термов. УМ [2, 10], баллы			
	Благоприятная (блп)	Большая (блш)	Много (мнг)	Большие (блш)			
	Нормальная (норм)	Средняя (срд)	Нормально (нрм)	Средние (срд)			
	Неблагоприятная (нбл)	Маленькая (мал)	Мало (мал)	Маленькие (млн)			
	Ужасная (ужс)	—	—	—			
1.1	0.0 из НМ (блп)	0.6 из НМ (блш)	0.7 из НМ (мал)	0.7 из НМ (млн)	0.0	0.3	НМ (Уход на запасной аэродром). Приоритет 0.3
1.2	0.0 из НМ (блп)	0.6 из НМ (блш)	1.0 из НМ (нрм)	0.7 из НМ (млн)	0.0		
1.3	0.5 из НМ (норм)	0.6 из НМ (блш)	0.3 из НМ (мнг)	0.5 из НМ (срд)	0.3		
2.1	0.0 из НМ (ужс)	1.0 из НМ (срд)	0.3 из НМ (мнг)	0.0 из НМ (блш)	0.0	0.5	
2.2	0.7 из НМ (нбл)	1.0 из НМ (срд)	1.0 из НМ (нрм)	0.5 из НМ (срд)	0.5		

Заключение. Если для решения возникшей задачи Z не удастся сконструировать ее математическую модель, то единственным способом ее решения остается метод решения задачи по прецеденту.

Для использования этого метода в задаче Z необходимо: 1) разыскать достаточное количество задач, аналогичных задаче Z , 2) выделить те аналогичные задачи, которые в прошлом были успешно решены (прецеденты для задачи Z), 3) сконструировать для них ситуационный вектор SV (Задача Z – Прецеденты) и экспериментальную матрицу знаний задачи Z , 4) на базе экспериментальной матрицы знаний разработать процедурную матрицу знаний задачи Z , определив в ней операции над теми НМ, которые были заявлены в экспериментальной матрице знаний.

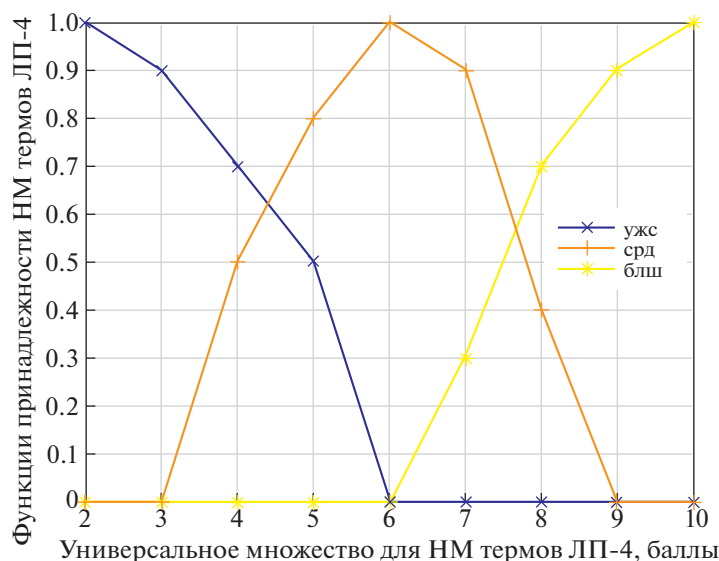


Рис. 5. Представление термов ЛП-4 “Амбиции экипажа” через НМ, определенные на УМ [2, 10], баллы

Процедурная матрица задачи Z позволяет найти функции принадлежности НМ прецедентов, входящих в эту матрицу. Для определения приоритетов этих прецедентов требуется разработать процедуру вычисления приоритетов прецедентов по их НМ, учитывающую особенность предметной области. Для подвижных объектов, действующих в агрессивной внешней среде, такая процедура предложена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федунев Б.Е. Бортовые интеллектуальные системы тактического уровня для антропоцентрических объектов (примеры для пилотируемых летательных аппаратов). М.: Де Либри, 2018. 246 с.
2. Грибков В.Ф., Федунев Б.Е. Бортовая информационная интеллектуальная система “Ситуационная осведомленность экипажа боевых самолетов” // “Интеллектуальные системы управления”/ Под. ред. акад. РАН С.Н. Васильева. М.: Машиностроение, 2010. С. 108–116.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. М.: Радио и связь, 1976.
4. Промежуточный отчет по результатам расследования авиационного происшествия – [Электронный ресурс] – https://mak-iac.org/upload/iblock/695/report_vq-brs.pdf.
5. Авиационные происшествия, инциденты и авиакатастрофы в СССР и России [Электронный ресурс] – <http://www.airdisaster.ru>.
6. Видео – Extreme Airliner Landings At Wellington Long Version <https://www.youtube.com/watch?v=m0-jnahV81AU>.