



Автоматизированное решение задач по прецеденту

© 2026, Б.Е. Федунцов¹✉, В.О. Сергеев²

¹Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем (ГосНИИАС), Москва, Россия

²Раменское приборостроительное конструкторское бюро, Раменское Московской области, Россия

Аннотация

Многие задачи решаются по прецеденту. Рассматривается подход решения задач по прецеденту с использованием настраиваемой компьютерной предметно независимой системы. *Заказчик* представляет информацию о своей задаче и найденных для неё аналогичных задачах. Эта информация в диалоговом режиме заносится *заказчиком* в экспериментальную матрицу знаний, находящуюся в базе знаний системы. Настроенная на задачу *заказчика* система автоматически конструирует описание каждого прецедента его нечётким множеством и проектирует компьютерный блок «Решение задачи по прецеденту», который может работать автономно, обеспечивая решение задачи для всех оговоренных условий. Для решения конкретной задачи исходные данные поступают в названный блок, формируя вектор приоритета прецедентов с использованием функций принадлежности. Представленная в статье интеллектуальная система автоматически создаёт проектную документацию для разработки компьютерного блока «Решение задачи по прецеденту» в базе знаний системы *заказчика*. Приведены примеры решения задач по прецеденту, демонстрирующие работоспособность описанной системы.

Ключевые слова: прецедент, заказчик, проектировщик, матрица знаний, нечёткие множества, вектор приоритета прецедентов, принятие решения.

Цитирование: Федунцов Б.Е., Сергеев В.О. Автоматизированное решение задач по прецеденту. Онтология проектирования. 2026. Т.16, №3(61). С.415-427. DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-3-415-427.

Вклад авторов: Федунцов Б.Е. – разработка структуры статьи и подбор источников; Сергеев В.О. – разработка процедуры автоматического построения функций принадлежности.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Решение задачи по прецеденту (далее задачи Z) востребовано во многих предметных областях (ПрО). Прецедент – это апробированный на практике способ решения задачи Z путём использования опыта решения задач, аналогичных задаче Z . Под аналогичной задачей для задачи Z понимается любая успешно решённая задача из ПрО задачи Z , если: способ её решения применим для задачи Z ; условия, в которых решалась аналогичная задача, входят в область условий, в которых нужно решать задачу Z ; способ решения аналогичной задачи описан. Способы решения аналогичных задач – это прецеденты решений задачи Z .

Формализация процесса решения задачи Z разработана, например, в юриспруденции, где в судебном законодательстве определены статус прецедента, места накопления прецедентов и формы доступа к ним [1].

Известны способы формализации процесса решения для различных задач [2-4]. Опыт разработки алгоритмов решения задач по прецедентам, в т.ч. в базах знаний (БЗ) бортовых интеллектуальных систем тактического уровня [5, 6] показал, что процесс решения задачи Z по прецеденту содержит два этапа. На первом этапе проводится анализ содержания задачи Z , её ПрО и поиск прецедентов. На втором этапе выбирается наиболее подходящий способ ре-

шения задачи Z [7-9]. Для задачи Z создаётся настраиваемая предметно независимая система автоматизированного проектирования решения задачи Z по прецеденту (САПР-прецедент), которую используют два участника:

- *Заказчик*, у которого возникла потребность решения задачи Z , для которой найдены аналогичные задачи, и заказчик знает, в каком виде необходимо получить её решение;
- *Проектировщик*, который совместно с Заказчиком настраивает предметно независимую САПР-прецедент на конкретную задачу Z ; настроенная САПР-прецедент автоматически получает решение в виде, удовлетворяющем Заказчика.

1 Постановка задачи

Ожидания Заказчиков можно представить тремя типами А, Б и В (см. рисунок 1). *Ожидания типа А:* Заказчику необходимо быстро получить решение задачи Z . *Ожидания типа Б:* Заказчику требуется самостоятельно получать решения задачи Z в различных условиях. *Ожидания типа В:* Заказчик желает иметь блок «Решение задачи Z по прецеденту», который должен работать в информационной среде БЗ его компьютерной интеллектуальной системы.

Заказчик должен представить Проектировщику знания: по задаче Z – условия, в которых необходимо решать задачу Z ; по каждому прецеденту – условия, в которых решалась задача и конструктивное описание способа её решения. Эти знания Заказчик вместе с Проектировщиком заносят в САПР-прецедент (рисунок 1).

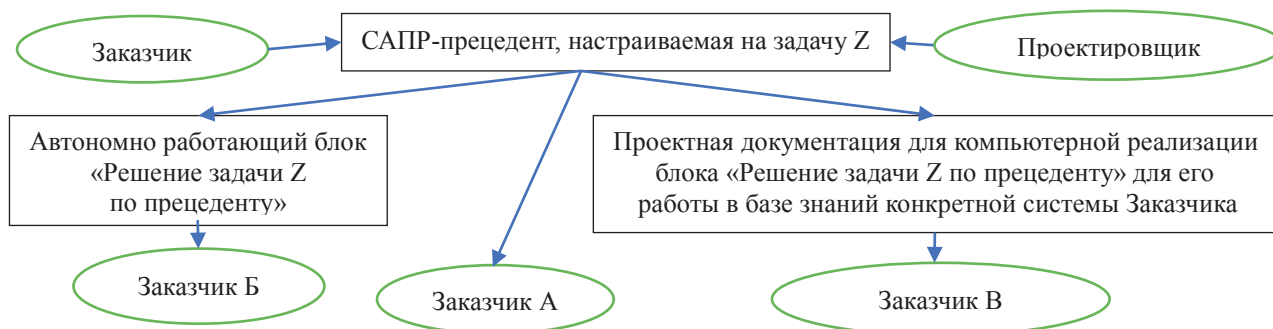


Рисунок 1 – Взаимодействия Проектировщика, Заказчика и САПР-прецедент

Заказчики будут удовлетворены, если после настройки САПР-прецедент Проектировщик в приемлемые для Заказчика сроки передаст:

- Заказчику А – решение его задачи Z в условиях, которые он сообщил Проектировщику;
- Заказчику Б – компьютерный блок, позволяющий решить задачу Z для набора оговоренных условий;
- Заказчику В – проектную документацию и результаты испытаний блока «Решение задачи Z по прецеденту», позволяющих разработать такую версию этого блока, которая будет работать в БЗ компьютерной системы Заказчика В.

Из каждой аналогичной задачи в САПР-прецедент передаются: условия, в которых она решалась (описываются ситуационным вектором (СВ), координаты которого представляются лингвистическими переменными (ЛП) с конечным числом термов); описание способа решения аналогичной задачи, позволяющего Заказчику получить решение конкретной задачи Z .

Цель работы. Создать предметно независимую САПР-прецедент, ориентированную на непрограммирующего пользователя (Заказчика), БЗ которой позволяет: настраивать систему на задачу Z и на её ПрО; автоматически решать задачу Z и представлять решение задачи Z в требуемом Заказчиком виде (А, Б, В); провести испытания созданного компьютерного блока «Решение задачи Z по прецеденту».

В работе используется метод решения задачи Z , описанный в [9] и апробированный в [6]. Согласно этому методу в БЗ САПР-прецедент представлены:

- предметно независимый макет экспериментальной матрицы знаний (ЭкМЗ) с процедурами наполнения знаниями, содержащимися в представленной Заказчиком задаче Z и в аналогичных задачах;
- предметно независимый макет процедурной матрицы знаний (ПрМЗ), используемый для решения задачи Z в общем виде (нечёткие множества (НМ) прецедентов) и в форме вектора приоритетов прецедентов для конкретных условий задачи Z .

Описание БЗ САПР-прецедент и использованных в ней процедур далее иллюстрируется Примером*, содержащим следующие условия. У Заказчика есть задача Z , для которой найдены четыре аналогичные задачи, две из которых решаются одним способом №1, а две другие – вторым №2. Условия, в которых необходимо решать задачу Z , описываются СВ, имеющим три координаты. Возможные числовые значения каждой координаты представлены универсальным множеством (УМ), являющимся отрезком числовой оси. Каждая координата СВ описывается ЛП, имеющей три термина [10].

2 Настройка предметно независимой САПР-прецедент на задачу Z

В БЗ САПР-прецедент для выполнения этого этапа работы содержатся макеты таблиц для диалоговых процедур с Заказчиком и Проектировщиком, а также макет ЭкМЗ. В диалоговом режиме с Проектировщиком и Заказчиком предметно независимая САПР-прецедент настраивается на ПрО задачи Z Заказчика (см. рисунок 2).



Рисунок 2 – Диалоговая настройка САПР-прецедент на предметную область задачи Z и на аналогичные задачи

Для записи информации САПР-прецедент предоставляет Проектировщику соответствующие таблицы, информацию из которых САПР-прецедент переносит в макет ЭкМЗ. Заполненная ЭкМЗ представляет собой упорядоченное описание условий использования найденных способов решения аналогичных задач.

В начале работы для адаптации макета ЭкМЗ к задаче Z у Проектировщика и Заказчика запрашиваются (см. рисунок 2, диалог №1 и информацию Примера*) число координат СВ, а по каждой координате СВ: число термов ЛП, которой описывается эта координата; множество числовых значений, которые может принимать координата (УМ этой координаты); размерность точек УМ. Эти знания о задаче Z (см. таблицы 1 и 2) автоматически заносятся в «шапку» макета ЭкМЗ.

Таблица 1 – Координаты ситуационного вектора $X-1$, $X-2$, $X-3$ и их представление лингвистическими переменными (ЛП)

ЛП	Число термов в ЛП
$X-1$: ЛП-1	3
$X-2$: ЛП-2	3
$X-3$: ЛП-3	3

Для адаптации макета ЭкМЗ к аналогичным задачам Z САПР-прецедент запрашивает у Проектировщика и Заказчика конкретную информацию (см. рисунок 2, диалог №2 и таблицу 3): число способов (прецедентов решения задачи Z), которыми решались аналогичные задачи; для каждого способа – число аналогичных задач, решённых этим способом; условия, в которых решалась каждая аналогичная задача, описываемые терминами ЛП.

Таблица 2 – Диапазон и размерность точек универсального множества (УМ) каждой координаты ситуационного вектора (СВ)

Координата СВ СВ(X1, X2, X3)	Универсальные множества возможных значений координат СВ	Размерность точек координаты
X-1	1УМ[X1_min; X1_max]	1УМ
X-2	2УМ[X2_min; X2_max]	2УМ
X-3	3УМ[X3_min; X3_max]	3УМ

Таблица 3 – Число прецедентов и число строк в каждом блоке прецедента

Число прецедентов: (способов решения задачи Z)	Число аналогичных задач, решенных этим способом
1-й способ	2
2-й способ	2

По завершении первого и второго диалогов в САПР-прецедент внесены знания:

- в «шапку» макета ЭкМЗ – условия, в которых Заказчику необходимо решать задачу Z;
- число блоков прецедентов, соответствующее числу способов решения аналогичных задач;
- в каждый блок прецедента макета ЭкМЗ – количество строк, соответствующих числу аналогичных задач, решённых этим прецедентом;
- в каждую строку блока прецедента – условия, в которых решалась аналогичная задача, описываемые терминами ЛП соответствующей координаты СВ.

В заполненной ЭкМЗ САПР-прецедент запускает процедуру проверки уникальности всех строк по всем блокам прецедентов ЭкМЗ. При проверке уникальности применяется сравнение всех ячеек строки с соответствующими ячейками остальных строк.

В представленной ЭкМЗ (см. таблицу 4) и далее в САПР-прецедент вместо уникальных названий Заказчика используются универсальные понятия (координаты СВ называются X1, X2 и т.д.; соответствующие ЛП – ЛП1, ЛП2 и т.д., их термы, например, для ЛП1 – Терм 1.1, Терм 1.2, Терм 1.3 и т.д., а вводимые далее соответствующие термам НМ – НМ 1.1, НМ 1.2, НМ 1.3; прецеденты называются Прецедент №1, Прецедент №2 и т.д.

Таблица 4 – Экспериментальная матрица знаний, настроенная на задачу Z

Номер блока прецедента	Номер строки блока	X1 – ЛП1 Терм 1.1 Терм 1.2 Терм 1.3 1УМ [X1_min; X1_max]	X2 – ЛП2 Терм 2.1 Терм 2.2 Терм 2.3 2УМ [X2_min; X2_max]	X3 – ЛП3 Терм 3.1 Терм 3.2 Терм 3.3 3УМ [X3_min; X3_max]	Прецеденты
1	1.1	Терм 1.1	Терм 2.2	Терм 3.2	Прецедент №1
	1.2	Терм 1.2	Терм 2.3	Терм 3.2	
2	2.1	Терм 1.3	Терм 2.1	Терм 3.1	Прецедент №2
	2.2	Терм 1.2	Терм 2.2	Терм 3.1	

На рисунке 3 представлены диалоги с САПР-прецедент для документирования уникальных названий Заказчика (диалог №3) и описания способов решения задачи Z, используемых в

аналогичных задачах (диалог №4). В диалоге №3 САПР-прецедент предлагает Проектировщику ввести уникальные названия координат СВ, ЛП, их термов и прецедентов в прилагаемую к ЭкМЗ таблицу 5. Цель диалога №4 – создание блока «Конструктивное описание способов решения задачи Z». Формат и глубина описания каждого способа определяется Заказчиком. Этот блок семантически прикреплен к заполненной ЭкМЗ. После окончания диалогов с Заказчиком и Проектировщиком САПР-прецедент: автоматически заполняет знаниями макет ЭкМЗ; контролирует неповторимость строк в блоках прецедентов ЭкМЗ; создаёт первый набор проектной документации: «ЭкМЗ задачи Z» (таблица 4), «Конструктивное описание способов решения задачи Z», «Уникальные названия Заказчика» для ЭкМЗ (таблица 5).

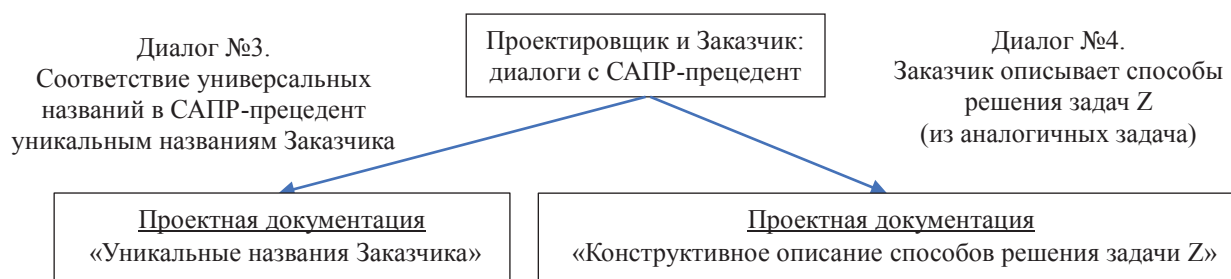


Рисунок 3 – Диалоги с САПР-прецедент для документирования уникальных названий Заказчика и способов решения задачи Z

Таблица 5 – Уникальные названия элементов ЭкМЗ задачи Z

Координата ситуационного вектора	Уникальные названия Заказчика	Координата ситуационного вектора	Уникальные названия Заказчика	Координата ситуационного вектора	Уникальные названия Заказчика
X1		X2		X3	
ЛП1		ЛП2		ЛП3	
Терм 1.1		Терм 2.1		Терм 3.1	
Терм 1.2		Терм 2.2		Терм 3.2	
Терм 1.3		Терм 2.3		Терм 3.3	
1УМ		2УМ		3УМ	
Уникальное название прецедента №1					
Уникальное название прецедента №2					

3 Решение задачи Z в форме нечётких множеств прецедентов

В БЗ САПР-прецедент находится макет ПрМЗ, в который автоматически переносятся все знания из настроенной на задачу Z ЭкМЗ (см. рисунок 4). В макете ПрМЗ содержатся:

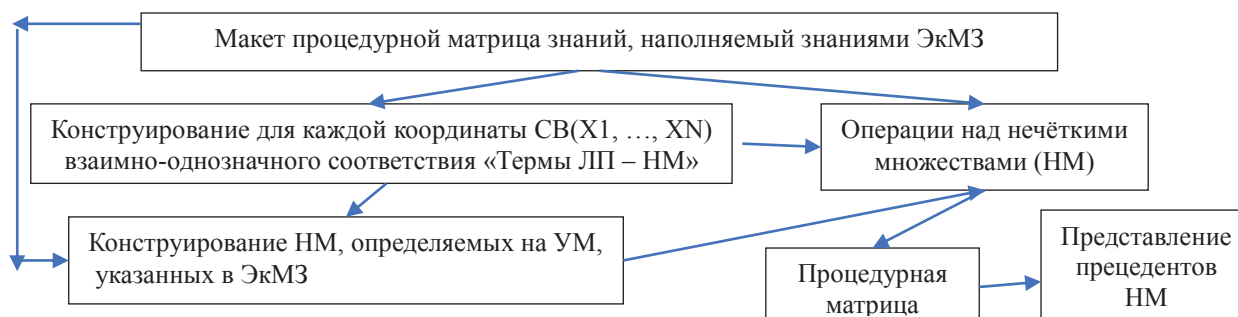


Рисунок 4 – Этапы решения задачи Z: описание прецедентов нечёткими множествами

- процедура введения по каждой координате СВ набора НМ, взаимно однозначно поставленных в соответствие термам той ЛП, которой описывается эта координата в ЭкМЗ;

- по каждой координате СВ – процедура автоматического построения ансамбля функций принадлежности (ФП) НМ, которые определены на одном УМ, указанном для этой координаты в ЭкМЗ;
- процедуры двух нечётких операций над введёнными НМ: операция нечёткого отношения над стоящими в строках прецедентов НМ, в результате выполнения которой создаются строчные НМ, и операция нечёткого объединения полученных строчных НМ в каждом блоке прецедентов; результатом этой операции являются НМ прецедентов.

Эти процедуры показаны ниже на Примере*.

По введённому в ПрМЗ взаимно-однозначному соответствию «Термы ЛП – НМ» в САПР-прецедент автоматически создаётся «Блок нечётких множеств для задачи Z». НМ, поставленные в соответствие термам каждой ЛП, определены на указанном для этой координаты УМ. В САПР-прецедент построение ансамблей ФП НМ выполняется по алгоритму, имеющему следующие особенности.

- ФП НМ – трапециевидные, принимающие значения 1 на верхней полке трапеции, боковые склоны трапеции – линейные. ФП начального НМ, находящегося у левой границы УМ, и ФП конечного НМ, примыкающего к правой границе УМ – урезанные трапеции.
- Протяжённости l_n полок ФП у всех ФП НМ одинаковые.
- Расстояние между полками ФП соседних НМ (стыковочный бок ансамбля НМ) составляет заданную долю $0 < s < 1$ полки НМ. В стыковочном блоке находятся только части линейных склонов ФП НМ, а оставшиеся их части находятся под полками ФП соседних НМ, не выходя за их пределы (требования полноты ансамбля ФП). Величина s задаётся Проектировщиком при согласии Заказчика.
- Составляется уравнение для определения значения величины полки для каждого ансамбля ФП. Для ансамбля ФП с тремя ФП, определёнными на УМ, представляемом отрезком длиной L , и, соответственно, двумя стыковочными блоками. Величина полки l_n каждой ФП определяется в БЗ САПР-прецедент из уравнения $3l_n + 2s l_n = L$.
- Для определения линейных склонов ФП Проектировщик при согласии Заказчика задаёт ординату «а» точки пересечения линейных склонов ФП в стыковочных блоках, значение которой назначается Проектировщиком из условия $0.5 < a < a_{пред}$, где $a_{пред} = (1+0.5s):(1+s)$. Абсцисса этой точка пересечения совпадает с абсциссой середины стыковочного блока.

Примеры* автоматически построенных ансамблей ФП НМ, введённых в ПрМЗ (см. рисунок 4) и определённых на 1УМ = [2; 10], 2УМ = [0; 20], 3УМ = [1000; 4000], показаны на рисунках 5–7 соответственно.

Описание операций над НМ в Примере*.

В настроенном на задачу Z макете ПрМЗ с введённым взаимно-однозначным соответ-

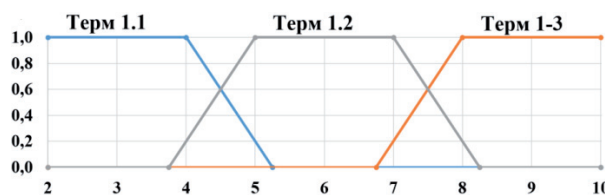


Рисунок 5 – Ансамбль ФП НМ, поставленных в соответствие термам ЛП1, построенный на универсальном множестве 1УМ

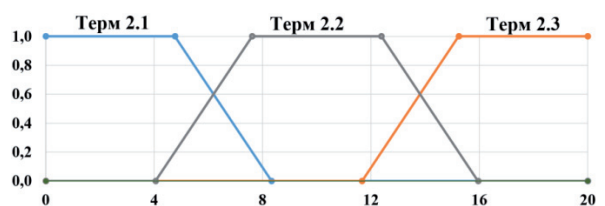


Рисунок 6 – Ансамбль ФП НМ, поставленных в соответствие термам ЛП2, построенный на универсальном множестве 2УМ

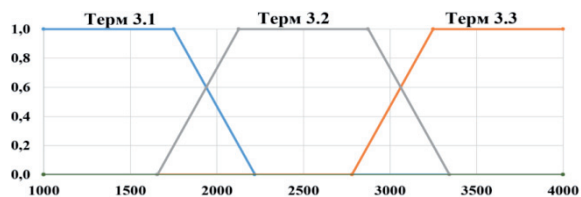


Рисунок 7 – Ансамбль ФП НМ, поставленных в соответствие термам ЛП3, построенный на универсальном множестве 3УМ

ствием «Термы ЛП – НМ» (таблица 4) с использованием ансамблей ФП НМ (см. рисунки 5-7) выполняются следующие операции для каждого конкретного/оцифрованного СВ(X1, X2, X3), у которого X1 взято из 1УМ, X2 взято из 2УМ, X3 взято из 3УМ.

- Операция нечёткого отношения над НМ, стоящими в строке блока прецедента НМ. Результат выполнения операции (строчное НМ) помещается в столбец «Операция нечёткого отношения над НМ строки» (таблица 6). Все полученные строчные НМ строки блока прецедента определены на одном УМ = 1УМ x 2УМ x 3УМ и конструируются так же, как это показано для первой строки блока прецедента №1: $\text{ФП(строчного НМ первой строки блока прецедента №1)} = \min(\text{ФП(НМ-1.1)}, \text{ФП(НМ-2.2)}, \text{ФП(НМ-3.2)})$.
- В каждом блоке прецедентов над полученными в нём строчными НМ САПР-прецедент выполняет операцию их нечёткого объединения [2], результат которой заносится в следующий правый столбец макета ПрМЗ. Это НМ прецедентов, которые помещаются в их столбец (таблица 6, крайний правый столбец ПрМЗ).
- Все НМ прецедентов определены на одном и том же УМ = (УМ1 x УМ2 x УМ3), а их ФП конструируются так же, как это показано для блока прецедента №1, где $\text{ФП(НМ блока прецедента №1)} = \max(\text{ФП(строчное НМ-строки 1.1)}, \text{ФП(строчное НМ-строки 1.2)})$ (таблица 6).

Таблица 6 – Процедура матрица знания задачи Z с полученными НМ прецедентов

Номер Блока прецедента	Номер строки блока	СВ(X1, X2, X3)			Операция нечёткого отношения над НМ строки (min)	Операция объединения над строчными НМ-строки (max)	Нечёткие множества прецедентов на УМ = 1УМ x 2УМ x 3УМ
		X1 – ЛП1 Терм 1.1 НМ-1.1 Терм 1.2 НМ-1.2 Терм 1.3 НМ-1.3 1УМ [2, 10] ед. изм.X1	X2 – ЛП2 Терм2.1 НМ-2.1 Терм2.2 НМ -2.2 Терм2.3 НМ-2.3 2УМ [0; 20] ед. изм.X2	X3 – ЛП3 Терм 3.1 НМ-3.1 Терм 3.2 НМ-3.2 Терм 3.3 НМ-3.3 3УМ [1000, 4000] ед. изм.X3			
1	1.1	Терм 1.1 НМ-1.1	Терм 2.2 НМ-2.2	Терм 3.2 НМ-3.2	Строчное НМ-строки 1.1	НМ блока прецедента №1	НМ прецедента №1
	1.2	Терм 1.2 НМ-1.2	Терм 2.3 НМ-2.3	Терм 3.2 НМ-3.2	Строчное НМ-строки 1.2		
2	2.1	Терм 1.3 НМ-1.3	Терм 2.1 НМ-2.1	Терм 3.1 НМ-3.1	Строчное НМ-строки 2.1	НМ блока прецедента №2	НМ прецедента №2
	2.2	Терм 1.2 НМ-1.2	Терм 2.2 НМ-2.2	Терм 3.1 НМ-3.1	Строчное НМ-строки 2.2		

4 Решение задачи Z в форме вектора приоритетов прецедентов

При поступлении в САПР-прецедент оцифрованного СВ, которым описаны конкретные условия задачи Z, ищется точка, определяемая оцифрованным СВ в УМ = 1УМ x 2УМ x 3УМ ансамбля ФП прецедентов. Если точка, заданная этим СВ, найдена, то значение ФП каждого прецедента в этой точке определяет его приоритет. Если нет, то САПР-прецедент оповещает проектировщика «Числовое значение координаты X выходит за границу УМ этой координаты» и отправляет Проектировщика к возможной корректировке УМ в ЭкМЗ с последующим внесением изменений во все ранее созданные САПР-прецедентом проектные документы.

При этом САПР-прецедент автоматически корректирует и создаёт новую версию проектных документов.

*Пример** процедуры определения вектора приоритета прецедентов, реализованной в САПР-прецедент. Пусть Заказчик задал для координат СВ следующие УМ (см. таблицу 7).

Таблица 7 – Диапазон точек универсальных множеств лингвистических переменных ситуационного вектора

Координата ситуационного вектора СВ(X1, X2, X3)	Универсальные множества возможных значений координат ситуационного вектора	Размерность точек координаты
X-1	1УМ[2; 10]	Размерность точек 1УМ
X-2	2УМ[0; 20]	Размерность точек 2УМ
X-3	3УМ[1000; 4000]	Размерность точек 3УМ

Пусть в САПР-прецедент получены: настроенная на задачу Z ПрМЗ (см. таблицу 6), ансамбли ФП НМ (см. рисунки 5–7) и построены НМ прецедентов.

Пусть в САПР-прецедент поступил оцифрованный СВ(X1, X2, X3) = (4.00, 15.00, 2000.00), который выделил точку в УМ (прецедентов) = 1УМ x 2УМ x 3УМ. Значение ФП НМ прецедента в этой точке, полученное после применения к ней операций, которые описаны в конце раздела 3, определяет приоритет прецедента. Прецедент с наибольшим приоритетом – эффективное решение задачи Z в условиях, описанных поступившим СВ.

ПрМЗ, сформированная по СВ(X1, X2, X3) = (4.00, 15.00, 2000.00), показана в таблице 8. Рекомендованное решение задачи Z – прецедент № 1 – дано в блоке «Конструктивное описание способов решения задачи Z», созданном Заказчиком и Проектировщиком (см. раздел 2).

Итак, настроенная на задачу Z САПР-прецедент разработала компьютерный блок «Решение задачи Z по прецеденту», включающий: ПрМЗ, настроенную на задачу Z; ансамбли ФП НМ, поставленных в соответствие термам ЛП; процедуру определения вектора приоритета прецедентов решения задачи Z в условиях, описанных поступившим СВ.

Созданный в САПР-прецедент блок «Решение задачи Z по прецеденту» подвергается Проектировщиком испытаниям в среде САПР-прецедент на наборе СВ, подтверждающих его эффективную работу на УМ = (1УМ x 2УМ x 3УМ).

Таблица 8 – Пример сформированной ПрМЗ по СВ(X1, X2, X3) = (4.00, 15.00, 2000.00)

Процедурная матрица знания										
Но- мер бло- ка	Но- мер стро ки	SV (X1, X2, X3) = (4;15;2000)						Операция нечёткого отноше- ния	Операция объедине- ния строч- ных НМ (max)	Преце- денты (Прц)
		ЛП-1	[2;10]	ЛП-2	[0;20]	ЛП-3	[1000;4000]	Строчные НМ на УМ = УМ1 x УМ2 x УМ3	НМ (Прц) на УМ = УМ1 x УМ2 x УМ3	
		4.0	ОК	15.0	ОК	2000	ОК			
		Терм 1.1	1.00	Терм 2.1	0.00	Терм 3.1	0.47			
		Терм 1.2	0.20	Терм 2.2	0.27	Терм 3.2	0.73			
		Терм 1.3	0.00	Терм 2.3	0.93	Терм 3.3	0.00			
1	1.1	Терм 1.1		Терм 2.2		Терм 3.2		0.27	0.27	Выбор Преце- дент № 1
		1.00		0.27		0.73				
	1.2	Терм 1.2		Терм 2.3		Терм 3.2		0.20		
		0.20		0.93		0.73				
2	2.1	Терм 1.3		Терм 2.1		Терм 3.1		0.00	0.20	Преце- це- дент №2
		0.00		0.00		0.47				
	2.2	Терм 1.2		Терм 2.2		Терм 3.1		0.20		
		0.20		0.27		0.47				

После окончания работы САПР-прецедент Проектировщик передаёт:

Заказчику А – решение задачи Z, эффективное в условиях, которые Заказчик описал оцифрованным СВ, переданным Проектировщику;

Заказчику Б – компьютерный блок «Решение задачи Z по прецеденту», инструкцию по решению задачи Z в задаваемых Заказчиком условиях;

Заказчику В – проектную документацию для компьютерной реализации названного блока, способного работать в БЗ компьютерной интеллектуальной системы Заказчика, в составе:

- таблицы уникальных названий Заказчика;
- конструктивного описания способов решения задачи Z;
- ЭкМЗ, настроенной на задачу Z (см. таблицу 4);
- ПрМЗ (см. таблицу 4) с её ансамблями ФП НМ (см. рисунки 5–7) и процедурами построения НМ прецедентов;
- результатов испытаний в САПР-прецедент блока «Решение задачи Z по прецеденту».

Предметно независимая САПР-прецедент позволяет Проектировщику [11]:

- совместно с Заказчиком настроить САПР-прецедент на его задачу Z;
- запустить автоматическое решение задачи Z Заказчика для любых условий, получая решение задачи Z в форме «Прецедент - Описывающее его НМ»;
- ввести в САПР-прецедент СВ, описывающий условия задачи Z, и получить её решение в форме вектора приоритетов прецедентов.

5 Обсуждение

Создание настраиваемой предметно независимой автоматической системы решения задачи Z по прецеденту позволяет (как и в [12]) обеспечить междисциплинарную кооперацию Заказчиков, решателей аналогичных задач, математиков, программистов.

САПР-прецедент находится в эксплуатации, и конкурентные ей компьютерные системы найдены только в медицине. Сопоставление этих систем представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Сопоставление созданных компьютерных систем решения задач по прецеденту

Практически использованные Заказчиками компьютерные системы решения задач по прецеденту		
№	САПР-прецедент	Системы поддержки врачебных решений [3, 13]
1	<i>Настройка системы на задачу Z Заказчика без смены программного кода системы</i>	
	Есть	Нет
2	<i>Настроена на задачу Z Заказчика</i>	
	Настроена в диалоге с САПР-прецедент Проектировщиком и Заказчиком [11]	Создана под задачу Z Заказчика [13]
3	<i>Типы Заказчиков, на которых ориентированы системы</i>	
	А, Б, В.	Б (лечащие врачи)
4	<i>Индивидуальное использование системы на компьютере Заказчика</i>	
	Предусмотрено	Не предусмотрено
5	<i>Встраивание спроектированного блока «Решение задачи Z по прецеденту» в компьютерные системы Заказчика</i>	
	Обеспечено созданной в системе проектной документацией и результатами испытаний блока «Решение задачи Z по прецеденту»	Не обеспечено
6	<i>Автоматизированное испытание базы знаний системы</i>	
	Обеспечено	Не предусмотрено
7	<i>Упорядочен поиск аналогичных задач для задачи Z Заказчика</i>	
	Нет	Работа проводится с цифровыми медицинскими картами пациентов [13]

САПР-прецедент может автоматически решать по прецеденту любые задачи Z , для которых Заказчик нашёл необходимое количество аналогичных задач. Например, в [14] перечисляются источники, где можно найти аналогичные задачи, однако оценка необходимого количества аналогичных задач в этой ПрО пока не проводилась. Трудно найти аналогичные задачи и оценить необходимое их количество для БЗ интеллектуальных систем «Умная ферма» [15]. В [16] ищется решение задач, применяя «рассуждения по прецедентам», рискуя получать ненадёжные решения.

Предлагаемый в статье способ решения задач Z для создания компьютерного блока «Решение задачи Z по прецеденту» применён в БЗ компьютерной интеллектуальной системы Заказчика В «Система интеллектуальной поддержки экипажа воздушного судна на завершающих фазах посадки» [17].

Заключение

Создана предметно независимая компьютерная САПР-прецедент, которая после её настройки на задачу Z и на её аналогичные задачи позволяет Заказчику быстро решать по прецеденту задачу Z .

САПР-прецедент, реализованная в программной среде *MS Excel* 2016, в диалоге с Проектировщиком и Заказчиком настраивается на конкретную задачу Z , для которой Заказчик нашёл аналогичные задачи с описанием способов их решения (прецеденты для задачи Z) и с условиями, в которых они решались. Настроенная на конкретную задачу Z Заказчика САПР-прецедент автоматически создаёт компьютерный блок «Решение задачи Z по прецеденту», который Проектировщик подвергает в САПР-прецедент испытаниям.

Выделенный из настроенной САПР-прецедент компьютерный блок «Решение задачи Z по прецеденту» передаётся Заказчику. Заказчик может самостоятельно получать решения задачи Z для конкретных условий.

Заказчик, который намерен использовать блок «Решение задачи Z по прецеденту» в БЗ своей компьютерной интеллектуальной системы, получает автоматически подготовленную в САПР-прецедент проектную документацию, позволяющую создать компьютерную реализацию этого блока, учитывающую особенности программной среды.

Список источников

- [1] **Рожкова М.А.** Судебный прецедент и судебная практика. В кн.: *Иски и судебные решения. Сборник статей*. М.: Статут. 2009. С.320-353. <https://rozhkova.com/pdf/SUDACT-2009.pdf>.
- [2] **Ротштейн А.П.** Медицинская диагностика на нечёткой логике. Винница: Континент-ПРИМ. 1996. 132 с.
- [3] **Прокопенко Н.Ю.** Системы поддержки принятия решений. Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. 188 с.
- [4] **Вагин В.Н., Еремеев А.П.** Некоторые базовые принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени. *Известия РАН. Теория и системы управления*. 2001. №6. С.114-123.
- [5] **Федунов Б.Е.** Бортовые интеллектуальные системы тактического уровня для антропоцентрических объектов (примеры для пилотируемых летательных аппаратов). М.: Де'Либри. 2018. 246 с.
- [6] **Коконцева С.Ю., Федунов Б.Е., Юневич Н.Д.** Бортовые интеллектуальные системы тактического уровня на фазах посадки воздушного судна. *Известия РАН. Теория и системы управления*. 2025. №1. С.96-114. DOI: 10.31857/S0002338825010105.
- [7] **Норенков И.П.** Основы автоматизированного проектирования. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009. 430 с.
- [8] **Болотова Л.С.** Системы и методы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях. М.: Финансы и статистика. 2023. 666 с.
- [9] **Федунов Б.Е.** Решение задач по прецеденту в базах знаний бортовых интеллектуальных систем тактического уровня на этапах выполнения миссии подвижным объектом. *Известия РАН. Теория и системы управления*. 2023. №1. С.137–147. DOI: 10.31857/S0002338823010018.

- [10] **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир. 1976. 165 с.
- [11] **Федунов Б.Е., Юневич Н.Д., Сергеев В.О.** САПР-прецедент. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2025697516 от 25 декабря 2025 г. Патентообладатель: ГосНИИАС.
- [12] **Грибова В.В., Кульчин Ю.Н., Никитин А.И., Тимченко В.А.** Ансамбль онтологической поддержки лазерных аддитивных технологических процессов. *Онтология проектирования*. 2024. Т.14, №2(52). С.279-300. DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-2-279-300.
- [13] **Moja L., Kwag K.H., Lytras T., Bertizzolo L., Brandt L., Pecoraro V., Rigon G., Vaona A., Ruggiero F., Mangia M., Iorio A., Kunnamo I., Bonovas S.** Effectiveness of computerized decision support systems linked to electronic health records: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Public Health*. 2014. Vol.104, no.12. P.e12–22. DOI: 10.2105/ajph.2014.302164.
- [14] **Иванов И.Г.** Поддержка принятия решений в процессе испытаний перспективных космических средств на основе прецедентов. *Вопросы электромеханики*. Труды ВНИИЭМ. 2020. Т.175. №2. С.51-56
- [15] **Глухих И.Н., Прохошин А.С., Глухих Д.И.** Сравнение и отбор ситуаций в системах вывода решений на прецедентах для «умной» фермы. *Информатика и автоматизация*. 2023. Т.4. №22. С.853-879. DOI: 10.15622/ia.22.4.6.
- [16] **Кочкин Г., Кочкина В., Шуршев В.** Модель системы поддержки принятия решений на основе рассуждений по прецедентам. *Вестник Астраханского государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика*. 2013. №2. С.175-183.
- [17] **Федунов Б.Е., Юневич Н.Д., Коконцева С.Ю., Безмен М.П., Еремин А.И., Аспидова А.М.** Система интеллектуальной поддержки экипажа воздушного судна на завершающих фазах посадки при возникновении внешних угроз. *Патент на изобретение №2845717* Роспатента. Патентообладатель: ГосНИИАС. Приоритет изобретения 18.06.24.

Сведения об авторах

Федунов Борис Евгеньевич, 1936 г. рождения. Окончил Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе (1960), Московский государственный университет (1965). д.т.н. (1990), профессор (1994). В списке научных трудов более 200 работ в области систем управления и бортовых интеллектуальных систем тактического уровня. Author ID (РИНЦ): 657687740. ORCID: 0009-009-3569-3111. boris_fed2@rambler.ru ✉.



Сергеев Владимир Олегович, 1988 г. рождения. Окончил Орловский государственный университет (2011), к.ф.-м.н. (2015). В списке научных трудов 5 работ. Научные интересы: интеллектуальная поддержка экипажа летательного аппарата. Author ORCID: 0009-0009-1627-6929. Инженер-программист АО "Раменское приборостроительное конструкторское бюро". VSergeev@rpkb.ru.

Поступила в редакцию 15.01.2026, после рецензирования 07.07.2026. Принята к публикации 20.07.2026.



Automated precedent-based problem solving

© 2026, B.E. Fedunov¹, V.O. Sergeev²

¹ State Research Institute of Aviation Systems (GosNIIAS), Moscow, Russia.

² Ramenskoye Instrument-Making Design Bureau, Ramenskoye, Moscow Region, Russia.

Abstract

Many problems are solved using precedents. This article examines an approach to precedent-based problem solving using a configurable, domain-independent computer system. The customer provides information about the problem to be solved and about similar problems identified for it. In an interactive mode, this information is entered into an experimental knowledge matrix stored in the system knowledge base. Once configured for the customer's problem, the system automatically constructs a fuzzy-set representation of each precedent and designs a computer module entitled "Precedent-Based Problem Solving," which can operate autonomously and provide solutions under all specified conditions. To solve a specific problem, the input data are supplied to this module, which generates a precedent priority vector using membership functions. The intelligent system presented in this article automatically generates design documentation for the development of the "Precedent-Based Problem Solving" computer module in the customer's knowledge base. Examples of precedent-based problem solving are provided to demonstrate the operability of the proposed system.

Keywords: precedent, customer, designer, knowledge matrix, fuzzy sets, precedent priority vector, decision-making.

For citation: Fedunov B.E., Sergeev V.O. Automated precedent-based problem solving [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2026; 16(3): 415-427. DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-3-415-427.

Contribution of the authors: Fedunov B.E. – development of the article structure and selection of sources; Sergeev V.O. – development of the procedure for the automatic construction of membership functions.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

List of figures and tables

Figure 1 – Interaction among the Designer, the Customer, and the CAD-precedent

Figure 2 – Interactive configuration of the CAD-precedent for the domain of problem Z and its analogous problems

Figure 3 – Dialogues with the CAD-precedent system for documenting the customer's unique names and the solution methods for problem Z

Figure 4 – Stages of solving problem Z: presentation of precedents using fuzzy sets

Figure 5 – Family of membership functions (MFs) for the fuzzy sets (FSs) corresponding to the terms of LV1, defined over universe of discourse UD1

Figure 6 – Family of membership functions (MFs) for the fuzzy sets (FSs) corresponding to the terms of LV2, defined over universe of discourse UD2

Figure 7 – Family of membership functions (MFs) for the fuzzy sets (FSs) corresponding to the terms of LV3, defined over universe of discourse UD3

Table 1 – Coordinates X1, X2, and X3 of the situation vector and their representation by linguistic variables (LVs)

Table 2 – Range and units of the universe of discourse (UD) for each coordinate of the situation vector (SV)

Table 3 – Number of precedents and number of rows in each precedent block

Table 4 – Experimental knowledge matrix (EKM) configured for problem Z.

Table 5 – Unique names of the EKM elements for problem Z

Table 6 – Procedural knowledge matrix for problem Z with the resulting fuzzy sets representing the precedents

Table 7 – Ranges of the universes of discourse of the linguistic variables of the situation vector (SV)

Table 8 – Example of a generated procedural knowledge matrix (PKM) for SV(X1, X2, X3) = (4.00, 15.00, 2000.00)

Table 9 – Comparison of the developed computer systems for precedent-based problem solving

References

- [1] **Rozhkova MA.** Judicial precedent and judicial practice [In Russian]. *Lawsuits and judicial. Collection of articles.* Moscow. Statute. 2009. S.3020 -353 <https://rozhkova.com/pdf/SUDACT-2009.pdf>.
- [2] **Rothstein AP.** Medical diagnostics on fuzzy logic [In Russian]. Vinnitsa, APPROX. 1996. 132 p.
- [3] **Prokopenko NYu.** Decision support systems. Tutorial [In Russian]. Nizhny Novgorod. 2017. 188 p.
- [4] **Vagin VN, Ereemeev AP.** Some basic principles of building intelligent systems for supporting real-time decision-making [In Russian]. *Rev. RAS. TSU.* 2001; 6: 114-123.
- [5] **Fedunov BE.** Onboard tactical level intelligent systems for anthropocentric objects (examples for manned aircraft) [In Russian]. Moscow, ed. De Libry. 2018. 246 pp.
- [6] **Kokontseva SYu, Fedunov BE, Yunevich ND.** Tactical-level onboard intelligent systems during the phases of aircraft landing [In Russian]. *News of the Russian Academy of Sciences. Theory and control systems.* 2025; 1: 96 - 114. DOI: 10.31857/S0002338825010105.
- [7] **Norenkov IP.** Fundamentals of computer-aided design [In Russian]. Moscow: MSTU named after N.E. Bauman. 2009. 430 p.
- [8] **Bolotova LS.** Artificial intelligence systems and methods: knowledge-based models and technologies [In Russian]. Moscow: Finance and Statistics. 2012. 666 p.
- [9] **Fedunov BE.** Solution of problems according to precedent in knowledge bases of tactical onboard intelligent systems during the mission phases of a moving object [In Russian]. *Izv. RAS. TSU.* 2023; 1: 137–147. DOI: 10.31857/S0002338823010018.
- [10] **Zade L.** The concept of a linguistic variable and its application to approximate decision-making [In Russian]. Moscow: World., 1976. 165 p.
- [11] **Fedunov BE, Yunevich ND, Sergeev VO.** CAD-Precedent. Certificate of State Registration of Computer Software No. 2025697516 dated December 25, 2025. Right holder: GosNIIAS.
- [12] **Gribova VV, Kulchin YuN, Nikitin AI, Timchenko VA.** Ensemble of ontological support of laser additive technological processes [In Russian]. *Ontology of designing.* 2024; 14(2): 279-300. DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-2-279-300.
- [13] **Moja L, Kwag KH, Lytras T, Bertizzolo L, Brandt L, Pecoraro V, Rigon G, Vaona A, Ruggiero F, Mangia M, Iorio A, Kunnamo I, Bonovas S.** Effectiveness of computerized decision support systems linked to electronic health records: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Public Health.* 2014; 104(12): e12–22. DOI:10.2105/ajph.2014.302164.
- [14] **Ivanov IG.** Support of decision-making during tests of perspective space areas based on precedents [In Russian]. *Issues of Electromechanics.* Proceedings of VNIIE. 2020; 175(2): 51-56.
- [15] **Glukhikh IN, Prokhoshin AS, Glukhikh DI.** Comparison and selection of situations in decision-making systems based on precedents for a «smart» farm [In Russian]. *Informatics and Automation.* 22(4),8S. 2023. P.853-879.
- [16] **Kochkin G, Kochkina V, Shurshev V.** Model of case-based reasoning decision-making support system [In Russian]. *Bulletin of Astrakhan State University. Series: Management, Computer Engineering and Informatics.* 2013; 2: 175-183.
- [17] **Fedunov B.E., Yunevich N.D., Kokontseva S.Yu., Bezmen M.P., Eremin A.I., Aspidova A.M.** Intelligent Support System for an Aircraft Crew during the Final Phases of Landing under External Threats. Patent for Invention No. 2845717, Rospatent. Patent holder: GosNIIAS. Priority date: June 18, 2024.

About the authors

Boris Evgenievich Fedunov (b. 1936) graduated from the Sergo Ordzhonikidze Moscow Aviation Institute (1960) and Moscow State University (1965). Doctor of Technical Sciences (1990), Professor (1994). The list of scientific papers includes more than 200 works in the field of control systems and onboard intelligent systems of the tactical level. Author ID (РИНЦ): 657687740 ID (Scopus): Researcher ID (WoS): Author: ORCID 0009-009-3569-3111. boris_fed2@rambler.ru ✉.

Vladimir Olegovich Sergeev (b. 1988) graduated from Orel State University (2011), Candidate of Physical and Mathematical Sciences (2015). He is the author of five scientific publications. His research interests include intelligent support systems for aircraft crews. Author ORCID: 0009-0009-1627-6929. Software Engineer at JSC Ramenskoye Instrument-Making Design Bureau. VSergeev@rpkb.ru.

Received January 15, 2026. Revised July 07, 2026. Accepted July 20, 2026.