

Научная статья
УДК 004.832.2

URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=179686>

ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ (ЗАДАЧИ) ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Владимир Александрович Малышев¹, Дмитрий Викторович Митрофанов²✉

^{1,2}Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия

¹vamalyshv@list.ru

²mitrofanovd@mail.ru✉

Аннотация. Тенденции развития технологий искусственного интеллекта, внедрение их в сложные технические системы, такие как робототехнические комплексы, беспилотные летательные аппараты, минимизация роли человека в процессе анализа информации и выработки управляющих решений позволяют разрабатывать перспективные интеллектуальные технические системы, способные полностью имитировать интеллектуальную деятельность человека, связанную с решением проблемных ситуаций (задач), возникающих в ходе эксплуатации. Данное обстоятельство требует определения основных этапов когнитивных процессов, связанных с интеллектуальной деятельностью человека. В статье рассмотрены основные этапы решения проблемы (задачи). Выполнено их математическое

описание. Продемонстрирована графическая интерпретация процесса достижения цели в процессе решения проблемы (задачи). Выделены когнитивные операции, выполняемые в ходе решения проблемы (задачи). Каждая операция описана с точки зрения математической логики и теории множеств. Предложена схема решения проблемы (задачи).

Ключевые слова: мышление, проблема, задача, интеллектуальная задача, логика, интеллект

Для цитирования: Малышев В.А., Митрофанов Д.В. Логико-математическое описание процесса решения проблемы (задачи) при проектировании системы управления беспилотного летательного аппарата // Труды МАИ. 2024. № 135. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=179686>

Original article

LOGICO-MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PROBLEM-SOLVING PROCESS WHEN DESIGNING THE CONTROL SYSTEM OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

Vladimir A. Malyshev¹, Dmitry V. Mitrofanov²✉

^{1,2}Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh), Russia

¹yamalyshv@list.ru

²mitrofanovd@mail.ru✉

Abstract. Trends in the development of artificial intelligence technologies, their introduction into complex technical systems such as robotic complexes, unmanned aerial vehicles,

minimizing the human role in the process of analyzing information and developing control solutions allow us to develop promising intelligent technical systems capable of fully simulating human intellectual activity associated with solving problematic situations (tasks) that arise during operation. This circumstance requires the definition of the main stages and cognitive processes associated with human intellectual activity. The article discusses the main stages of solving the problem (task). Their mathematical description has been completed. A graphical interpretation of the process of achieving a goal in the process of solving a problem (task) is demonstrated. The cognitive operations performed during the solution of the problem (task) are highlighted. Each operation is described from the point of view of mathematical logic and set theory. A scheme for solving the problem (problem) is proposed.

Keywords: thinking, problem, task, intellectual task, logic, intelligence, intelligent control system, sophisticated technical system.

For citation: Malyshev V.A., Mitrofanov D.V. Logico-mathematical description of the problem-solving process when designing the control system of an unmanned aerial vehicle *Trudy MAI*, 2024, no. 135. URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=179686>

Введение

В настоящее время исследования ученых направлены на разработку искусственного интеллекта, позволяющего минимизировать интеллектуальные действия человека для повышения его производительности труда. Однако стоит отметить, что большинство действий, выполняемых искусственным интеллектом,

носят автоматический характер, т. е. выполняются по заранее заданному человеком алгоритму, который позволяет получить определенное решение. Это означает, что искусственный интеллект выполняет действия автоматически на основе анализа многократно обработанной информации по определенному разработчиком алгоритму, но такие действия искусственного интеллекта не в полной мере аналогичны действиям человека.

Целенаправленное изучение протекающих когнитивных процессов при решении проблемы (задачи) позволит внести вклад в смежные направления науки, такие как кибернетика, биокибернетика, нейрокибернетика, искусственный интеллект, психология и др. Таким образом, возникает необходимость определения когнитивных процессов, происходящих при решении возникшей проблемы (задачи), получения их математического описания, разработки схемы и функциональной модели решения проблемы (задачи).

Имеющиеся на борту беспилотного летательного аппарата системы управления, выполняют управление и контроль его работы без вмешательства человека, что позволяет классифицировать их как интеллектуальные системы управления. Типовая структурная схема комплекса бортового оборудования беспилотного летательного аппарата представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Типовая структурная схема комплекса бортового оборудования БПЛА

Комплекс оборудования включает в себя информационную, вычислительную и исполнительную системы, датчики контроля основных параметров при полете, приводы, а также интеллектуальную систему (программное обеспечение), обеспечивающую их функционирование и управление по вполне определенным алгоритмам, которая способна обеспечить выполнение большинства задач при полете в автоматическом режиме: планирование полета, следование по маршруту, соблюдение траектории полета, навигация, разведка местности, обнаружение объектов, а также их уничтожение. Указанные задачи полностью не могут быть решены интеллектуальной системой управления, построенной на базе технологий искусственного интеллекта, без учета и рассмотрения моделей когнитивных действий человека.

В процессе своей жизнедеятельности человек сталкивается с возникновением задач, требующих нахождения их решений. Мозг работает по определенным

правилам, которые формируются в процессе деятельности человека, а правила его работы – это закономерности, определяющие взаимодействие внешней среды и организма [1].

Согласно [2], решение задачи представляет собой последовательный переход от одного состояния осведомлённости к другому, а затем к следующему и т. д., пока не будет достигнуто требуемое окончательное состояние осведомлённости, т. е. решение. Следовательно, нахождение решения задачи – это выполнение действий или мыслительных операций, направленных на достижение цели, заданной в рамках проблемной ситуации [3].

Проблемная ситуация – это интеллектуальное затруднение человека, возникающее вследствие невозможности логического объяснения явления или факта, которое не позволяет достичь цели известным ему способом и стимулирующее к поиску новых способов его решения. Преобразование ситуации проблемной в задачу или серию задач есть акт продуктивного мышления [2].

Интеллект (от лат. *intellectus* – понимание, познание) – способность к осуществлению процесса познания и к эффективному решению проблем, в частности при овладении новым кругом жизненных задач, т. е. это способность решать задачи путем получения, сохранения знаний и целенаправленного их преобразования в процессе обучения на опыте и при адаптации к различным ситуациям [4].

Интеллектуальная задача – это задача, для решения которой у человека нет алгоритма. Это означает, что данная задача им еще не решалась, но имея исходные данные с учетом условий и критериев конкретной задачи на основе решений похожих

задач существует возможность получения ее решения.

Согласно [5] следует, что для решения любой задачи из некоторого данного класса (множества) задач необходимо иметь точное представление о порядке выполнения системы операций, ведущих (приводящих) к конечной цели. В данном случае – это решение проблемы (задачи), полученное с помощью мыслительного действия.

В [6] представлена схема выполнения мыслительного действия, результатом которого является решение задачи (выполнение определенного действия). Добавление в нее блоков «исходные данные» и «поиск известных решений (знания)» позволяет получить схему решения проблемы (задачи).

Используя алгебру логики и теорию множеств, опишем процесс решения проблемы (задачи), который будет являться упрощенной версией представления процесса решения и может включать в себя множество переменных, что может влиять на точность отражения реальной ситуации.

Рассмотрим этапы данной схемы.

1. Проблема (задача). Любое затруднение в процессе выполнения действий является проблемой (задачей), т. к. возникает потребность в достижении определенной цели W_i (желаемого результата).

Процесс получения решения задачи Z с набором исходных данных X можно представить, как функцию f , отображающую входные данные в результат Z .

Предположим, что:

X – множество всех возможных исходных данных, т. е. $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$;

Z – множество всех возможных решений задачи, т. е. $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$;

$f: X \rightarrow Z$ – функция, которая отображает каждый набор входных данных в соответствующий результат.

Тогда решение задачи Z можно представить:

1. Выбираем набор исходных данных x из множества X : $x \in X$;

2. Применяем функцию f к набору исходных данных x , чтобы получить решение z : $z = f(x)$.

Это означает, что для заданного набора исходных данных x , мы получаем решение задачи z .

Необходимо учитывать, что функция f может зависеть от множества факторов, в числе которых специфика самой задачи, доступные ресурсы и методы ее решения, что указывает на ее сложность.

Если для решения проблемы (задачи) Z необходимо выяснить каждый ли элемент входных данных является членом множества X , то такую операцию можно представить в виде: $\forall x_i (i \in \{1, 2, \dots, n\}): x_i \in X$.

Результатом решения проблемы (задачи) является достижение конкретной цели, как варианта выбранным из множества альтернатив, сформулированных на основе специального знания. Таким образом, с учетом того, что решение задачи Z_i , с исходными данными RD_i , состоит в нахождении такого алгоритма A_i , который позволяет достичь цели W_i , оно может быть представлено в виде

$$Z_i = \langle RD_i, A_i \rangle. \quad (1)$$

Графическая интерпретация процесса достижения цели имеет вид

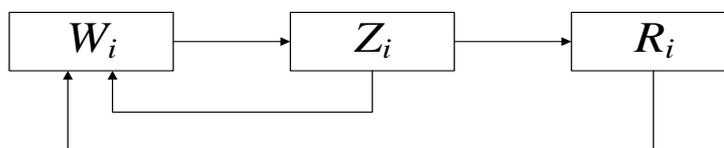


Рис. 2. Графическая интерпретация процесса достижения цели

При этом связь «цель-задача» соответствует процессу сбора исходных данных RD_i задачи Z_i , связь «задача-цель» – процессу уточнения цели W_i , связь «задача-результат» – процессу достижения результата, связь «результат-цель» – проверке полученного результата на соответствие цели.

2. Исходные данные. Исходными данными RD_i является начальная информация, необходимая для решения проблемы (задачи). Данная информация подвергается анализу – логическому приему, на основе которого происходит мысленное расчленение сложного объекта, явления или предмета, с целью выделения их отдельных частей, связей или свойств.

Анализ исходных данных является основной операцией, которая неразрывно связана с синтезом. С учетом этого, процесс получения решения может быть представлен как симбиоз анализа возникшей проблемы и синтеза ее решения.

Данную операцию можно представить, как серию операций над множеством исходных данных, которая может включать:

1. *Определение множества исходных данных* $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

2. *Анализ элементов множества исходных данных*, в процессе которого проверяется каждый его элемент. Например, можно проверить каждый ли элемент множества является положительным числом или нет: $\forall x_i \in X : x_i > 0$ или $\forall x_i \in X : x_i < 0$.

3. *Установка взаимосвязей между элементами множества*. Такую операцию можно представить в виде логических операций. Например, можно проверить будет ли сумма всех элементов множества больше 1000 или нет: $\Sigma x_i \in X : \Sigma x_i > 1000$ или $\Sigma x_i \in X : \Sigma x_i < 1000$.

4. *Определение подмножеств внутри множества исходных данных*. Например, можно определить подмножество K всех отрицательных элементов в X : $K = \{x_i \in X \mid x_i < 0\}$.

5. *Применение функции к множеству или его подмножеству*. Например, можно провести вычисление среднего значения всех элементов в X :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} (x_1 + \dots + x_n), \text{ где } n \text{ указывает на количество элементов в } X.$$

С учетом вышесказанного, исходные данные RD_i можно представить в виде

$$RD_i = X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (2)$$

где X – множество исходных данных.

Для упрощения действий с исходными данными RD_i , разделим их на

подмножества на основании различных критериев, например, по типу данных (числовые, текстовые, графические, табличные), по релевантности (значимости), по источнику информации и др. Такое разделение можно представить в виде

$$Y = \{x_n \in X | \text{условие}\},$$

где условие – это критерий, определяющий какие элементы будут включены в подмножество Y .

3. Осознание проблемы (задачи). Процесс осознания связан с пониманием конечной цели, интерпретацией исходных данных, алгоритма решения и результата решения проблемы, и может быть представлен в виде

$$\langle W_i, RD_i, A_i, R_i \rangle, \quad (3)$$

где W_i – цель задачи, RD_i – исходные данные, A_i – алгоритм решения, R_i – результат решения.

В [7] цель W_i – конкретное выражение потребности, сформулированной на основе имеющегося опыта, которая определяет точное функционирование формируемой системы.

Исходные данные RD_i – это информация, характеризующая проблемную ситуацию, необходимая при выполнении действия для решения проблемы. Данные могут представляться в числовом, текстовом, графическом, табличном и других форматах. В процессе осознания проблемы необходимо тщательно изучить

имеющуюся информацию, что позволит сформулировать дополнительные задачи, решение которых позволит достигнуть поставленной цели W_i .

Под алгоритмом A_i понимают точное предписание о выполнении в определенном порядке системы операций для решения любой задачи из некоторого данного класса (множества) задач. Задачи, связанные с разработкой алгоритма решения задач определенного типа, будем называть интеллектуальными [8, 9, 10]. Следовательно, задача тождественна проблеме, которую необходимо преобразовать для получения необходимого решения.

4. Поиск известных решений (знания). Знание представляет собой результат, полученный в процессе познания окружающего мира и его объектов. В простейших ситуациях знания рассматривают как констатацию фактов и их описание. Процесс поиска информации заключается в обращении к источникам информации в виде книг, статей, публикаций, сайтов в глобальной сети Internet, экспертов и др., и нахождении схожих решений. Следовательно, поиск известных решений можно представить в виде

$$\langle RD_{im}, A_{im}, R_{im} \rangle, \quad (4)$$

где RD_{im} – исходные данные известной задачи, A_{im} – известный алгоритм решения, R_{im} – известный результат решения.

5. Появление ассоциаций. Исходя из определения, приведенного в [11], ассоциация (лат. associatio – соединение, взаимосвязь), в психологии и философии –

это закономерно возникающая связь между отдельными событиями, фактами, предметами или явлениями, отражёнными в сознании индивида и закреплёнными в его памяти. Ассоциации возникают в результате применения исходной и найденной информации о проблеме, имеющемся опыте ее использования.

Для описания процесса появления ассоциаций определим множество всех задач

$$Z = \{ \text{элемент}_1, \text{элемент}_2, \dots, \text{элемент}_N \}.$$

Представим в виде множества элементов каждую задачу

$$S_i = \{ \text{элемент}_1, \text{элемент}_2, \dots, \text{элемент}_M \},$$

где i – конкретная задача, M – количество элементов в каждой задаче.

Далее, опишем связи между элементами задачи и ассоциациями, возникающими при решении задачи. Представим множество всех возможных элементов, которые могут быть ассоциированы с решением задачи, в виде универсального множества $U = \{ \text{элемент}_1, \text{элемент}_2, \dots, \text{элемент}_K \}$.

Для каждой задачи i определим множество элементов, которые активируются (включаются) в качестве ассоциаций при решении задачи $E_i \subseteq U$, т. е. это множество элементов, связанных с решением задачи. Для описания связей между элементами и ассоциациями будем использовать логические операции: пересечения множеств, объединения множеств и дополнения.

Тогда процесс возникновения ассоциаций между элементами при решении задачи i можно записать в виде

$$E_i = \text{элемент}_1 \cap \text{элемент}_2 \cap \dots \cap \text{элемент}_N. \quad (5)$$

Иначе, данный процесс можно представить в виде пересечения множеств. Допустим, существуют два множества $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ и $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_k\}$. Тогда нахождение общих элементов можно представить в виде (рисунок 3а)

$$X \cap Y = \{x | (x \in X) \wedge (x \in Y)\}. \quad (6)$$

6. Отсев ассоциаций. Данный этап связан с исключением неактивированных ассоциаций NE_i из общего числа возникших ассоциаций, т. е. тех, которые не подходят и не могут быть связаны с решением задачи Z .

Используя логику предыдущего этапа, можно представить отсеянные ассоциации NE_i в виде

$$NE_i = \neg(\text{элемент}_1 \cap \text{элемент}_2 \cap \dots \cap \text{элемент}_N). \quad (7)$$

Отсев ассоциаций можно представить в виде разности множеств (рисунок 3б)

$$X \setminus Y = \{x | (x \in X) \wedge (x \notin Y)\}. \quad (8)$$



Рис. 3а. Пересечение множеств

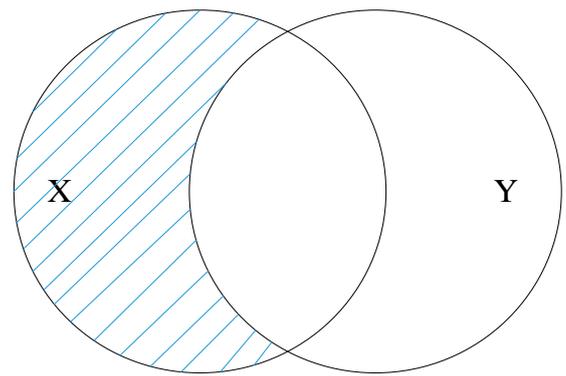


Рис. 3б. Разность множеств

7. Появление гипотезы. В результате отсева ассоциаций, на основе их применимости к решению возникшей проблемы (задачи), возникает гипотеза о ее решении. Используя множество всех активированных ассоциаций E_i , связанных с решением задачи i из множества Z , определим множество элементов A_i как множество необходимых и достаточных условий для ее решения

$$A_i \subseteq E_i.$$

Допустим, что существует некоторая гипотеза H_i о решении задачи i , которую представим в виде множества элементов

$$H_i \subseteq E_i.$$

Тогда процесс появления гипотезы P_i можно представить через пересечения множеств необходимых и достаточных условий для решения задачи и некоторой гипотезы о ее решении в виде

$$P_i = A_i \cup H_i. \quad (9)$$

8. Проверка гипотезы. Полученный вариант решения проблемы (задачи) в виде гипотезы P_i необходимо подвергнуть проверке, которая может быть осуществлена с помощью логического вывода, эксперимента или анализа полученных результатов. На основании логического вывода, применив логические правила, проверку гипотезы P_i о решении задачи Z_i можно представить с помощью импликации или эквивалентности в виде

$$Z_i \rightarrow P_i \vee Z_i \leftrightarrow P_i. \quad (10)$$

Если полученное выражение истинно, то искомое решение найдено. В противном случае необходимо повторить процесс выбора гипотезы с последующей ее проверкой. Тогда схема решения проблемы (задачи) примет вид

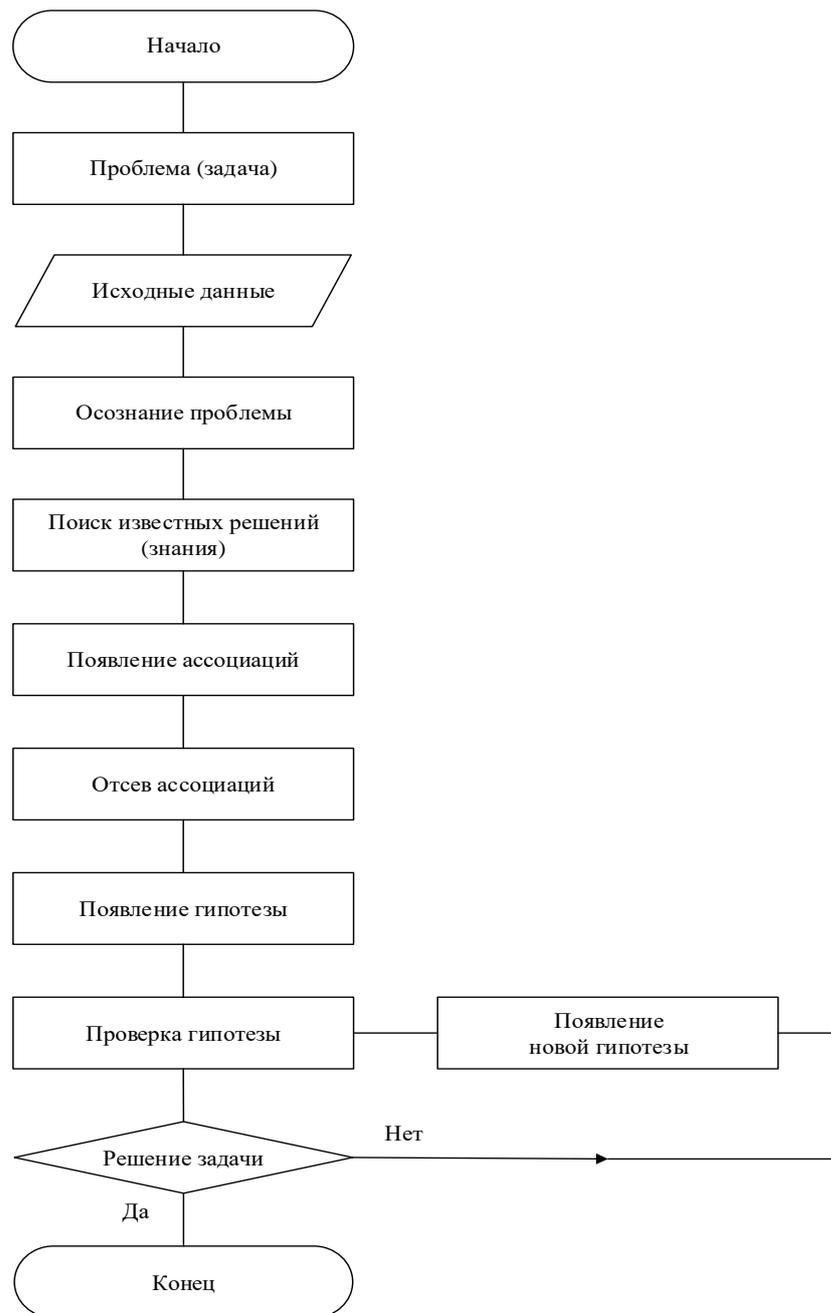


Рис. 4. Схема решения проблемы (задачи)

Следует отметить, что при решении задачи лицо, принимающее решение (ЛПР), должно не только иметь знания в проблемной области, но и обладать целостной моделью окружающего его мира для учета воздействий объектов окружающей среды (ОС) как на органы чувств, так и друг на друга. Модель

окружающего мира формируется у ЛПР в результате получения новых знаний и опыта при адаптации к условиям ОС.

В [6] представлена схема решения мыслительных задач, которая дает общее представление о процессе возникновения проблемной ситуации и ее решении.

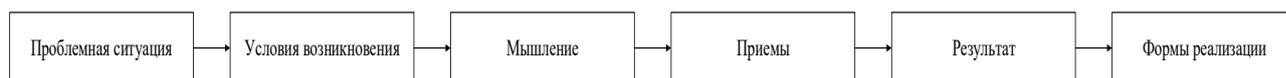


Рис. 5. Схема решения мыслительных задач

Проблема – это состояние системы, неудовлетворительно влияющее на ее работоспособность или противоречие, которое требует интеллектуального решения. Как известно, под ситуацией, в самом общем виде, понимается сочетание условий и обстоятельств, создающих определенную обстановку, положение. Следует, что проблемная ситуация – это ситуация затруднения, в процессе разрешения которой приобретаются знания, формируются новые умения и навыки.

В связи с тем, что для поиска способов решения проблемной ситуации необходимо выполнение мыслительных операций, т. е. задействование интеллектуальных способностей, навыков и умений человека, можно сделать вывод, что проблемная ситуация является интеллектуальной задачей.

Проблемная ситуация возникает в результате недостаточной ясности задачи, непонимания понятий, терминов, отсутствия полного анализа ситуации, недостатка исходной информации, а также неправильной ее интерпретации. Указанные причины (условия) при решении проблемы могут привести к неправильным действиям

(ошибочным решениям). Таким образом, проблемную ситуацию можно описать кортежем (1) исходных данных RD_i и алгоритма A_i , позволяющего достичь цели W_i

$$Z_i = \langle RD_i, A_i \rangle.$$

Любая деятельность человека непрерывно связана с принятием решений о выполнении того или иного действия для достижения определенного результата. При возникновении потребности в принятии решения, оно реализуется за счет мышления, которое непрерывно связано с интеллектом и обрабатывает информацию, поступающую из внешнего мира. Согласно [12], мышление – процесс решения проблем, выражающийся в переходе от условий, задающих проблему, к получению результата. Мышление заключается в конструктивной деятельности, направленной на анализ, синтез, сравнение, обобщение и абстрагирование [13].

Мысленное расчленение предмета на составные части называется анализом [14]. Анализ представляет собой процесс разбора и изучения задачи для уяснения и понимания ее сути, определения цели и требований, выявления ограничений и проблем. С помощью анализа возможно произвести декомпозицию сложной проблемы (задачи) на несколько простых [15-19].

Процесс анализа можно представить как функцию A , которая разбивает множество задачи Z_i на множество подзадач, являющихся более простыми задачами

$$A(Z_i) = \{Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n\}. \quad (11)$$

Мысленное соединение частей предмета, расчлененного анализом, называется синтезом [14], т. е. это мыслительный процесс объединения различных элементов и компонентов, ранее разрозненных между собой, установления их внутренних связей с целью получения нового решения. Синтез позволяет соединить (обобщить) различные концепции, идеи. Результатом такого процесса выступает целостное по своей сути решение проблемы (задачи).

Процесс синтеза можно представить как функцию S , которая позволяет преобразовать множество подзадач $\{Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n\}$ во множество задач Z

$$S(\{Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n\}) = Z. \quad (12)$$

Анализ и синтез непрерывно взаимосвязаны и взаимозависимы между собой. Анализ всегда предшествует синтезу, т. к. для получения решения задачи необходимо провести детальное и глубокое изучение проблемы. В процессе синтеза, в свою очередь, используются результаты анализа для получения эффективных и новых решений. С учетом того, что $A(Z_i) = \{Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n\}$, синтез может быть представлен в виде

$$S(A(Z_i)) = S(\{Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n\}) = Z', \quad (13)$$

где Z' – полученное в результате синтеза новое решение задачи.

Анализ и синтез являются важными этапами обработки информации при решении интеллектуальных задач, т. к. позволяют систематически подходить к

возникшей проблеме, детализировать ее, а также получать оптимальные решения.

Так как по своей сути любое исследование включает в себя анализ и синтез, то способом достижения цели задачи W_i может быть процесс симбиоза анализа проблемы и синтеза ее решения. Тогда функциональная модель решения проблемы может быть представлена в виде, изображенном на рисунке 6.

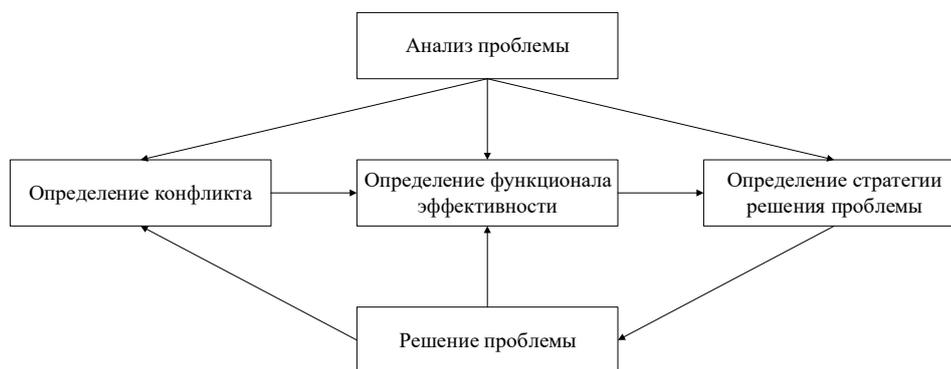


Рис. 6. Функциональная модель решения проблемы (задачи)

Логический прием, устанавливающий сходство или различие предметов действительности, называется сравнением [14]. Сравнение реализуется в процессе анализа и сопоставления различных объектов, элементов, аспектов и используется для выбора наилучшего варианта решения, определения наиболее эффективных стратегий, выявления закономерностей и тенденций. Данная операция может быть представлена как функция C , принимающая, как минимум, два объекта x, y и возвращающая результат их сравнения r , т. е.

$$C(x, y) \rightarrow r. \quad (14)$$

Прием, с помощью которого отдельные предметы на основе присущих им одинаковых свойств объединяются в группы однородных предметов, называется обобщением [14]. Обобщение позволяет объединять различные предметы, задачи, свойства в единый класс (множество) в соответствии с общими признаками, что приводит к формированию новых понятий. Оно определяет общие закономерности и тенденции (данное свойство может быть полезно при формулировании решения задачи) и уменьшает сложность задачи, акцентируя внимание на основных аспектах и идеях. Данная операция может быть представлена в виде функции G , преобразующей множество $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ в общее X , т. е.

$$\forall x \in \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\},$$

$$G(x) \rightarrow X, \quad (15)$$

где X – обобщенное множество (класс), объединяющее все элементы множества $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ с общими признаками.

Существенные признаки предмета определяются с помощью его анализа. Абстрагирование – это мысленное выделение отдельных признаков предмета и отвлечение от других признаков [14]. Данная операция может быть представлена в виде операции D , выделяющей отдельные признаки $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_n\}$ из общего множества признаков $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$, т. е.

$$D = X / SC = Y, \quad (16)$$

где SC – набор критериев для выделения отдельных признаков.

Таким образом, процесс мышления T может быть представлен в виде

$$T = \langle A, S, C, G, D \rangle, \quad (17)$$

где A – анализ, S – синтез, C – сравнение, G – обобщение, D – абстрагирование.

В свою очередь, интеллект связан с мышлением при решении проблемных ситуаций (задач) и может быть представлен в виде совокупности умственных способностей, позволяющих успешно реализовать функцию познания.

Процесс решения проблемы (задачи) требует от лица, принимающего решение, обладания необходимым набором компетенций, интеллектуальных навыков и умений, креативности, логического мышления и обладания опытом для эффективного решения сложных задач, т. е. существует необходимость постоянного обращения к информации, накопленной в процессе жизнедеятельности – база знаний.

Понятие N , как форма мышления, получается в результате деления проблемы на элементы, объединения существенных признаков, установления их сходства или различия, связывания однородных данных, выделения существенно влияющих на решение проблемы и игнорирования несущественных признаков.

Суждение J – это форма мышления, в которой утверждается или отрицается связь между предметом и его признаком или отношение между предметами [14, 20]. Суждение представляет собой вывод или заключение, основанное на анализе и интерпретации доступных данных и фактов, может быть выражено в виде

утверждения, оценки, предположения или рекомендации. Суждение может быть истинным, или ложным.

Умозаключение I – это форма мышления, посредством которой из одного или нескольких суждений выводится новое суждение [14, 21]. Оно является результатом, который достигается путем обработки исходных данных, а также фактов, аргументов и логических правил. Умозаключение может быть правильным или ошибочным.

Полученные понятия, суждения и умозаключения являются результатом решения проблемы (задачи) Z_i

$$\langle N, J, I \rangle \rightarrow Z_i, \quad (18)$$

где N – понятия, J – суждения, I – умозаключения, образованные в результате выполнения мыслительных приемов.

С учетом вышеизложенного, схема, представленная на рисунке 5, примет вид

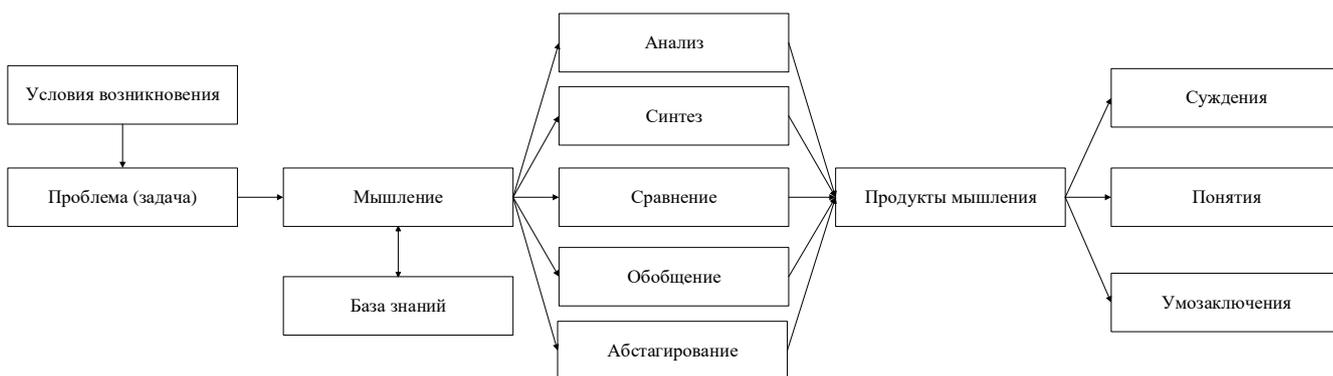


Рис. 6. Разработанная схема решения проблемы (задачи)

Формализация и структуризация мыслительных процессов, выполненные на основе алгебры логики и теории множеств, позволяют проводить решение сложных

задач, а также разрабатывать алгоритмы их решения, которые позволят перейти к разработке системы управления БПЛА, на основе технологий искусственного интеллекта, с возможностями, позволяющими полностью исключить человека из звена управления, для повышения его автономности и эффективности.

На рисунке 7 продемонстрирован вариант внедрения системы искусственного интеллекта в комплекс бортового оборудования БПЛА.



Рис. 7. Структурная схема комплекса бортового оборудования БПЛА с системой искусственного интеллекта

Заключение

Основываясь на операциях алгебры логики и теории множеств, предложено описание основных этапов решения проблемы (задачи) с их математическими выражениями, отображающими суть выполняемых операций.

Показана графическая интерпретация процесса достижения цели в процессе

решения проблемы (задачи), центральное место в которой занимает функционал эффективности. Данное обстоятельство указывает на то, что основное внимание должно быть уделено определению и достижению требуемой степени эффективности решения возникшей проблемы.

Выделенные основные когнитивные операции, позволяющие достичь решения проблемы (задачи), позволяют получить решение проблемы (задачи). Данные операции описаны с точки зрения математической логики и представлены в виде математических выражений, описывающих их суть.

Предложенная схема решения проблемы (задачи) демонстрирует процесс достижения цели в процессе решения возникшей проблемы (задачи). Важным отличием предложенной схемы является то, что она учитывает условия возникновения проблемы (задачи), а также накопленные умения, навыки и знания, полученные человеком в результате его практической жизнедеятельности, которое представлено на схеме в виде «базы знаний».

Внедрение системы искусственного интеллекта в систему управления БПЛА позволит повысить автономность за счет более точного анализа информации, поступающей в режиме реального времени и адаптации к условиям (сценариям) применения, надежность функционирования бортового оборудования и безопасность полетов, оптимизировать энергопотребление, взаимодействовать с другими БПЛА, самостоятельно обучаться на больших объемах данных.

Список источников

1. Jan Maarten Schraagen, Tom M.J. Fransen, Scott D.Wood. Cognitive Task Analysis,

2019, 587 p.

2. Линдсей П., Норман Д. Анализ процесса решения задач. - М.: Издательство Московского университета, 1981. - 400 с.

3. Академический словарь. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/677076>

4. Современная энциклопедия. URL: <https://rus-modern-enc.slovaronline.com>

5. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. Introduction to Algorithms, Third Edition, 2014, 1328 p.

6. Атлас по психологии: Информационно-методическое пособие курсу «Психология человека». - М.: Педагогическое общество России, 2004. - 276 с.

7. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. - М.: Московский рабочий, 1973. - 296 с.

8. Поспелов Г.С., Ириков В.А. Программно-целевое планирование и управление. - М.: Советское радио, 1976. - 440 с.

9. Thomas H. Cormen, Algorithms Unlocked, 2013, 208 p.

10. Stuart Russell, Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 2nd Edition, 2015, 1408 p.

11. Осипов Ю.С. Большая российская энциклопедия. Т. 2. - М.: Большая российская энциклопедия, 2005. - 766 с.

12. Кузнецов С.А. Современный толковый словарь русского языка. – М.: -СПб: Рипол-Норинт, 2008. - 960 с.

13. K. Anders Ericsson, Robert R. Hoffman, Aaron Kozbelt, A. MarkWilliams. The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance, 2018, 924 p.

14. Лепская Н.Д. Логика в схемах и таблицах. - Минск: МГЭУ имени А.Д. Сахарова, 2012. - 92 с.

15. Коровкин С.Ю., Савинова А.Д. Анализ и синтез как механизмы инсайтного решения // Психологический журнал. 2016. Т. 37. № 4. С. 32–43.
16. Заковряшин А.И. Особенности интеллектуальной поддержки принятия решений // Труды МАИ. 2012. № 61. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=35525>
17. Короткова Т.И. Многокритериальный алгоритм принятия решения в системе обеспечения информационной безопасности объектов гражданской авиации // Труды МАИ. 2015. № 84. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=63279>
18. Голомазов А.В. Метод информационной поддержки принятия решений реализуемый в среде мультиагентной системы // Труды МАИ. 2019. № 106. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=105738>
19. Белоконь А.М. Построение системы оперативного управления, ориентированного на стратегию // Труды МАИ. 2011. № 46. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=25984>
20. Лорьер Ж.Л. Системы искусственного интеллекта: пер. с французского. - М.: Мир, 1991. 568 с.
21. Люгер Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем: пер. с английского. - М.: Вильямс, 2003. - 864 с.

References

1. Jan Maarten Schraagen, Tom M.J. Fransen, Scott D. Wood. *Cognitive Task Analysis*, 2019, 587 p.
2. Lindsei P., Norman D. *Analiz protsessa resheniya zadach (Problem-solving process analysis)*, Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1981, 400 p.
3. *Akademicheskii slovar'*. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/677076>

4. *Sovremennaya entsiklopediya*. URL: <https://rus-modern-enc.slovaronline.com>
5. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. *Introduction to Algorithms*, Third Edition, 2014, 1328 p.
6. *Atlas po psikhologii (Atlas of Psychology)*, Moscow, Pedagogicheskoe obshchestvo Rossii, 2004, 276 p.
7. Al'tshuller G.S. *Algoritm izobreteniya (Invention algorithm)*, Moscow, Moskovskii rabochii, 1973, 296 p.
8. Pospelov G.S., Irikov V.A. *Programmno-tselevoe planirovanie i upravlenie (Program-target planning and management)*, Moscow, Sovetskoe radio, 1976, 440 p.
9. Thomas H. Cormen, *Algorithms Unlocked*, 2013, 208 p.
10. Stuart Russell, Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 2nd Edition, 2015, 1408 p.
11. Osipov Yu.S. *Bol'shaya rossiiskaya entsiklopediya. T. 2. (Great Russian Encyclopedia)*, Moscow, Bol'shaya rossiiskaya entsiklopediya, 2005, 766 p.
12. Kuznetsov S.A. *Sovremennyi tolkovyi slovar' russkogo yazyka (Modern explanatory dictionary of the Russian language)*, Moscow-Saint Petersburg, 2006, 960 p.
13. K. Anders Ericsson, Robert R. Hoffman, Aaron Kozbelt, A. MarkWilliams. *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*, 2018, 924 p.
14. Lepskaya N.D. *Logika v skhemakh i tablitsakh (Logic in diagrams and tables)*, Minsk, MGEU imeni A.D. Sakharova, 2012, 92 p.
15. Korovkin S.Yu., Savinova A.D. *Psikhologicheskii zhurnal*, 2016, vol. 37, no. 4, pp. 32–43.

16. Zakovryashin A.I. *Trudy MAI*, 2012, no. 61. URL:
<https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=35525>
17. Korotkova T.I. *Trudy MAI*, 2015, no. 84. URL:
<https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=63279>
18. Golomazov A.V. *Trudy MAI*, 2019, no. 106. URL:
<https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=105738>
19. Belokon' A.M. *Trudy MAI*, 2011, no. 46. URL:
<https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=25984>
20. Lor'er Zh.L. *Sistemy iskusstvennogo intellekta (Intelligence Artificielle)*, Moscow, Mir, 1991, 568 p.
21. Lyuger D.F. *Iskusstvennyi intellekt: strategii i metody resheniya slozhnykh problem (Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problems Solving)*, Moscow, Vil'yams, 2003, 864 p.

Статья поступила в редакцию 12.03.2024

Одобрена после рецензирования 18.03.2024

Принята к публикации 26.04.2024

The article was submitted on 12.03.2024; approved after reviewing on 18.03.2024; accepted for publication on 26.04.2024