

ЛОГИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГРУППОВОГО ПРЕЦЕДЕНТА

Михайлова Е.С.

ПАО НПО «Алмаз» им. академика А.А. Расплетина, Москва, Россия
Ekaterinaolimp89@gmail.com

Аннотация. В последнее время активно развивается групповое управление беспилотной техникой. В связи с этим появляются вопросы внедрения искусственного интеллекта в управление такими группами. В статье предлагается логико-лингвистическая модель группового прецедента. Показано, что такая модель упростит поиск прецедентов и принятие решений при выполнении поставленной задачи перед группой.

Ключевые слова: групповое управление, искусственный интеллект, логико-лингвистическая модель, прецедент.

Введение

Групповое управление беспилотной техникой на сегодняшний день активно исследуется и развивается. Одним из направлений исследований является разработка систем группового управления беспилотными летательными аппаратами, которые позволяют им работать в режиме совместной работы для выполнения сложных задач. Особое внимание уделяется внедрению технологий искусственного интеллекта в управление. В настоящее время управление беспилотными летательными аппаратами в основном осуществляется с помощью оператора. Работа в условиях неопределенности среды, потери связи между объектами группы или оператором, затрудняет обмен информацией и выполнение задания. Современные системы должны быть способны самостоятельно адаптироваться к изменениям в окружающей среде, распределять задачи между аппаратами, обеспечивать автономное принятие решений при потере связи с оператором.

Другим важным направлением развития является внедрение искусственного интеллекта, в частности машинного обучения и нейронных сетей, для повышения автономности беспилотных летательных аппаратов. Это позволяет им самостоятельно обучаться на основе опыта, принимать решения на основе собранных данных и обеспечивать более гибкое и адаптивное управление.

Использование искусственного интеллекта направлено на применение в системах управления, в частности, при принятии решений для решения поставленной задачи. В данной работе предлагается использовать теорию прецедентов. Искусственный интеллект и теория прецедентов позволяют создать систему, способную самостоятельно принимать решения на основе анализа данных и опыта. Прецеденты представляют собой решения, принятые в прошлых ситуациях, которые могут быть использованы для анализа и принятия решений в будущем. Такой подход позволяет улучшить качество принимаемых решений, так как система может учитывать не только текущие данные, но и опыт предыдущих решений. Кроме того, использование искусственного интеллекта позволяет автоматизировать процесс принятия решений и улучшить эффективность работы системы управления.

В работе предлагается и рассматривается логико-лингвистическая модель прецедента. Модель состоит из набора классов, которые подробно раскрывают те или иные аспекты прецедента. Логико-лингвистическая модель прецедента позволяет систематизировать и анализировать различные аспекты прецедентов и раскрывать их роль в принятии решений.

Для поиска нужного прецедента в работе предлагается использовать логико-лингвистическую модель. С помощью этой модели в базе данных прецедентов происходит поиск прецедента, состоящего из ситуации и решения, принятого по этой ситуации. По составляющим модели подбираются наиболее близкие варианты прецедентов. Таким образом, используя логико-лингвистическую модель, можно быстро и эффективно найти нужный прецедент и применить его к текущей ситуации. Это позволит снизить количество ошибок и принимать правильные решения на основе опыта прошлых случаев.

1. Формализация терминов

Для представления логико-лингвистической модели группового прецедента будет введен и разобран ряд терминов.

1.1. Прецедент

В литературе [1] прецедент определяется как случай, имевший место ранее и служащий примером или оправданием для последующих случаев подобного рода, а рассуждение на основе прецедентов является подходом, позволяющим решить новую, неизвестную задачу, используя или адаптируя решение уже известной задачи.

Рассуждение на основе прецедентов базируется на идее, что решения прошлых задач могут быть использованы для решения новых задач, анализируя их сходство и применяя подобные методы и стратегии. Этот подход особенно эффективен в ситуациях, когда имеется ограниченное количество информации или, когда нет четкого алгоритма для решения задачи.

Прецеденты, используемые в рассуждении на основе прецедентов, обычно представляют собой пары «проблема-решение», где проблема — это конкретная ситуация или задача, а решение — это способ, которым она была решена. Когда поступает новая задача, анализируются уже имеющиеся прецеденты, находится наиболее подходящий, и адаптируется для новой ситуации.

Прецеденты могут применяться в различных системах (например, для обучения группы беспилотных летательных аппаратов или организации поиска решения в проблемных ситуациях), что позволяет повысить эффективность принятия решений в различных проблемных ситуациях.

Прецедентный подход широко применяется в различных областях, таких как искусственный интеллект, системы группового управления, медицина, техническое обслуживание, финансы и многое другое. Он позволяет создавать гибкие и адаптивные системы, способные быстро реагировать на изменяющиеся условия и эффективно решать сложные задачи.

1.2. Логико-лингвистическая модель

Одним из главных направлений развития логики во второй половине XX-го века стало ее активное применение в информатике и искусственном интеллекте. Обычно выделяются три "языковые" функции логики в ИИ: а) логика как язык представления знаний (суждений, мнений) и формализации рассуждений; б) логика как язык программирования; в) логика как инструмент исследования естественного языка (включая синтаксический и семантический анализ лингвистических моделей, определение правил и норм преобразования фиксированной в языке информации). Раскрывая последнюю функцию, А.А. Зиновьев утверждает, что логика есть наука об искусственных средствах оперирования языком. В этом плане язык можно представлять как множество правил и схем конструирования лингвистических единиц (слов, предложений) вместе со способами осмысливания и интерпретации языковых конструкций. [2]

Логика в искусственном интеллекте играет ключевую роль в разработке алгоритмов, которые позволяют компьютерам принимать решения на основе логических заключений. Она также используется для формализации знаний и рассуждений, что помогает создавать более эффективные и умные системы. Применение логики в информатике позволяет разрабатывать логические модели, которые помогают компьютерам обрабатывать и понимать информацию на естественных языках.

Исследование естественного языка с использованием логики позволяет создавать системы, способные анализировать тексты, выявлять семантические отношения между словами и предложениями, а также интерпретировать смысловую нагрузку высказываний. Это важно не только для развития искусственного интеллекта, но и для создания инструментов автоматического обработки текста, перевода языков и других приложений, связанных с обработкой текстовой информации.

Таким образом, логика играет важную роль в развитии информатики и искусственного интеллекта, помогая создавать более эффективные и интеллектуальные системы, способные обрабатывать и понимать информацию на более высоком уровне.

Для повышения эффективности работы систем, основанных на логике, предлагается совмещение их с прецедентным подходом. Поиск прецедентов для принятия решений в новых ситуациях предлагается осуществлять с помощью логико-лингвистической модели прецедента.

Логико-лингвистическим моделированием называется математическое моделирование, в котором переменными выступают не числа, а слова и словосочетания, и вместо математических функций используются высказывания на естественном языке. [3]

Под логико-лингвистической моделью группового прецедента будет пониматься формула, состоящая из лингвистических переменных, являющимися классами прецедента. В свое время, каждого класс — это набор характеристик, подробно описывающих различные аспекты ситуации, в которой находится группа объектов управления.

Поиск нужного прецедента в базе данных прецедентов заключается в нахождении наиболее близкого прецедента к текущей ситуации. В базе данных все прецеденты размещены по группам в зависимости от своих характеристик и представляют из себя логико-лингвистическую формулу, в которой характеристики объединены в конъюнктивно-дизъюнктивными конструкции.

При выполнении задания группой объектов управления фиксация информация о текущей ситуации происходит с помощью интеллектуальной системы технического зрения (видео- и фотокамеры, сканеры, датчики глубины и др.) с ее последующей обработкой и преобразованием. Информация

преобразовывается в логико-лингвистическую форму, опираясь на эту полученную модель искусственный интеллект ищет в базе данных схожий по нескольким признакам прецедент. Найдя прецедент, искусственный интеллект анализирует связку «проблема-решение». В случае неэффективного решения в найденном прецеденте, продолжается поиск прецедентов, с учетом меньшего количества признаков, то есть в логико-лингвистической формуле прецедента из базы данных и зафиксированной информации будут совпадать не все значения характеристик. В этом случае решение, принятое для решения проблемы, будет модифицировано под текущие условия.

Данное представление прецедентов помогает избежать повторения ошибок, ускорить процесс принятия решений и повысить качество их выполнения. Кроме того, анализ прецедентов может способствовать поиску новых подходов к решению задач и обеспечить более эффективное использование ресурсов.

2. Описание логико-лингвистической модели

Анализ образов объектов, самой группы и среды показывает, что соответствующие параметры состояния при возникновении прецедента могут либо проявляться, либо отсутствовать. Поэтому для формализации условий возникновения и развития группового прецедента необходимо, с одной стороны, зафиксировать одновременность, а с другой - зафиксировать избирательность проявления различных факторов. Математическим представлением такого рода условий являются формулы алгебры логики – совершенные дизъюнктивные и конъюнктивные нормальные формы [4].

Совершенные дизъюнктивные и конъюнктивные нормальные формы являются способом представления логических выражений в виде соединения логических операций ИЛИ или И, соответственно. Такие формы позволяют формализовать условия возникновения прецедента и учитывать одновременность или избирательность проявления различных факторов.

Действительно, минимальная конъюнктивная нормальная форма (МКНФ) для логической функции – это конъюнкция с минимальным числом элементарных дизъюнкций с минимальным числом аргументов (либо самих, либо их отрицаний) данной функции. В совершенной дизъюнктивной нормальной форме нет одинаковых простых конъюнкций, а каждая простая конъюнкция полная.

Вследствие того, что при описании прецедента необходимо описывать одновременно имеющие место различные сущности, с точки зрения алгебры логики прецедент может быть представлен в виде дизъюнктивно-конъюнктивной нормальной формы следующих составляющих:

- объектов;
- вида группы;
- текущего состояния внешней среды;
- наблюдаемых ситуаций;
- принимаемых решений;
- оценок эффективности принимаемых решений.

Этот подход позволяет более эффективно моделировать объекты в групповых задачах, учитывая их интеллектуальные и функциональные характеристики. Благодаря этому можно описать различные проявления параметров внутри подклассов с помощью конъюнктивно-дизъюнктивных конструкций. Таким образом групповой прецедент можно представить в виде конъюнктивных шести основных формирующих прецедент сущностей / классов (Объекты D (Drone), Группа G (Group), Среда E (Environment), Ситуация S (Situation), Решение R (Resolution), Эффект B (Benefit), что определяет как необходимость, так и одновременность их проявления в групповом прецеденте.

Класс «Объекты» описывается многими сотнями различных (в том числе и интегральных, комплексных) параметров и такая детализация для представления объекта, попадающего либо самостоятельно, либо в составе группы в прецедентную ситуацию, не требуется. Хорошо известно, что в групповых задачах объект целесообразно описывать как интеллектуального агента, обладающего возможностями и потребностями, а его состояние-совокупностью данных о возможностях и потребностях. (см, например. [5]) Возможности описываются характеристиками эксплуатационных свойств, потребности – необходимыми и достаточными условиями функционирования объекта. Для перспективных БПЛА, по аналогии с [6], можно вести следующие основные элементы эффективности БПЛА: «Роль в групповой задаче» RL (Role), «Автономность» A (Autonomy), «Дальность полета» DS (Distance), «Уязвимость» V (Vulnerability), «Эффективность» EF (Efficiency). Кроме этого, необходимо учитывать, «Тип объекта управления» TY (Type) и «Обученность» TR (Training).

Задача объекта в группе характеризуется ролью объекта управления в группе при выполнении групповой миссии. При анализе литературы [7–10] было выделено несколько основных ролей

двойного назначения вида «Разведчик», «Транспорт», «Ретранслятор», «Имитатор», «Камикадзе», РЛС. В зависимости от поставленной задачи объектам управления группы присваиваются та или иная роль. Группе может быть присвоена как одна роль для всех объектов, так и различные, разбивая тем самым группу на подгруппы.

Автономность группы – возможность функционирования без оператора и описывается лингвистической переменной. Данный параметр имеет различные уровни автоматизации: неавтономный, полуавтономный, автономный. Уровень автоматизации зависит от включения человека в управление, количество систем в объекте, способных работать автономно, наличие искусственного интеллекта, обучаемость.

Дальность полета определяется протяженностью маршрута с учетом запаса топлива или энергетики объекта управления и записывается расстоянием в километрах или метрах.

Уязвимость объекта управления определяется устойчивостью систем к появлению ошибок в работе и взлому систем управления злоумышленниками. Данная характеристика записывается лингвистической переменной.

В данной работе под эффективностью понимается вероятность успеха решения задачи в рамках миссии, например вероятность доставки груза. Эффективность представляется в виде матрицы вероятностей.

Тип объекта управления представляется одной из разновидностей объектов управления. Например, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), безэкипажный катер (БЭК), автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА) и другие. В группе могут присутствовать различные типы объектов.

Обученность объекта характеризуется парадигмой участия объекта управления в решении коллективных задач. Обученность объекта управления может быть представлена парадигмой: «альтруист», «прагматик» или «эгоист». В зависимости от парадигмы у объекта управления будет отличаться поведение в группе.

В классе «Группа» учитываются три основных аспекта и четыре уточняющих. К основным относятся: «Тип группы» F (Form), «Миссия группы» M (Mission), «Стратегия группы» ST (Strategy). К уточняющим: «Вид группы» K (Kind), «Геометрия в пространстве» FT (Formation), «Мощность группы» N (Number), «Типаж группы» TP (Type).

Тип группы определяет ее состав. По типу группа может быть гомогенная или гетерогенная, то есть состоять из одинаковых объектов или из различных, соответственно.

Под миссией будет пониматься задача, поставленная перед группой. Основные миссии для группы можно выделить такие: мониторинг (наблюдение, контроль), патрулирование, инспектирование, поиск, доставка груза, ретрансляция и др.

Стратегия управления группой определяется взаимодействием между объектами управления. В работе рассматривается два типа: конкурентная стратегия и коллективная стратегия. Коллективная стратегия означает, что объекты управления группы работают над одной или несколькими задачами, делясь информацией и ресурсами между собой. Конкурентная стратегия означает, что объекты в группе соперничают за доступ к ограниченным ресурсам, например, информация и пространство. [11]

Виды группы различаются по ее организации: группа с лидером, стая, рой, самоорганизующаяся группа.

Геометрия в пространстве определяется примерной геометрической формой группы в процессе выполнения коллективной миссии. Форма может быть задана: свободным распределением, кубом, параллелепипедом, цепочкой, эллипсом, иной формой.

Данные классы записываются лингвистической переменной.

Под мощностью группы понимается количество объектов управления в группе, данная характеристика записывается числом.

Типаж группы определяется количеством типов объектов управления в группе и описывается числом объектов в том или ином типе.

Класс «Среда» описывается несколькими факторами: «Географический район» GE, «Сложность местности» S, «Пассивные факторы среды» PF, «Активные факторы среды» AF, «Тип противодействия среды» TS.

Географический район описывается лингвистической переменной и может принимать одно из значений: Европа, Азия, Америка, Африка, Арктика, Иное. Аналогично описываются и остальные факторы класса. Сложность может быть охарактеризована следующими терминами: равнина, лесополоса, город, руины, горы, береговая линия. Пассивные факторы среды описываются условиями окружающей среды: день, ночь, сумерки, яркое солнце, туман, дождь, снег. Активные факторы – противодействие миссии посредством оказания влияния на: функции/ перемещение/ связь/

управление/ ресурсы. Под типом противодействия понимается: вероятность огневого поражения/ вероятность радиоэлектронного поражения/ вероятность поражение соударением.

Совокупность событий, происшедших за некоторый, отличный от нуля промежуток времени, формирует ситуацию. Ситуация фиксируется системами технического зрения или внешними наблюдательными системами. Следует уточнить, что фиксируются не все ситуации, а только те, в которых появились внешние влияющие на эффективность выполнения групповой миссии факторы и такие ситуации будут являться прецедентами. Класс «Ситуация» состоит из «Фактов» T1 (фиксация происходящего Situation awareness – task №1), «Событий как логической связки фактов» T2 (анализ совокупности фактов - Situation awareness – task № 2), «Ситуации как логической связки событий» T3 (прогноз ситуации - Situation awareness – task № 3).

В признаке класса «факты» характеризуется зафиксированными проявлениями различных факторов пассивной и активной среды средствами системы технического зрения объектов группы или внешними информационными системами. «События как логическая связка фактов» характеризуются состоянием группы и объектов в ней, среди них: нарушение связи в группе, обнаружение группы, потеря функционала (ориентации, движения, восприятия среды), невозможность выполнения задачи в заданное время, неисправность объектов группы. «Ситуация как логическая связка событий» описывает невыполнение значений показателей параметров критериев эффективности миссии по требуемым свойствам:

- по оперативности;
- по целеполаганию (точность обеспечения целевых задач);
- по быстроходности;
- по безопасности;
- по подвижности;
- по проходимости;
- по маневренности;
- потребность в помощи (функция, ресурсы)

Класс «Решение» включает в себя: Решения для одиночного объекта, включенного в группу RO и Решения для группы RG. В данном классе представлены потенциально возможные решения по групповым прецедентам. Варианты решений для одиночного объекта: невмешательство в принятие решения группой, выполнение поручения группы, отказ от выполнения решения группы, откладывание выполнения собственной задачи, откладывание выполнения коллективной задачи, прекращение выполнения задачи, запрос помощи функцией, запрос помощи ресурсами, воздействие на влияющий фактор среды, возврат на базу по выбранному или пройденному маршруту. Варианты решений для группы: отложить выполнение миссии, приостановить выполнение миссии, прекратить выполнение миссии, запросить помощь функцией, оказать воздействие на влияющий фактор среды, реконфигурировать группу, перераспределить роли в группе, перераспределить задачи в группе, реализовать требуемую формацию (для роевой структуры).

3. Формульное представление логико-лингвистической модели

Логико-лингвистическая модель группового прецедента может быть представлена в виде:

$$GP = D \wedge G \wedge E \wedge S \wedge R \wedge B. \quad (1)$$

Внутри указанных классов проявление соответствующих параметров в подклассах можно описывать соответствующими конъюнктивно-дизъюнктивными конструкциями, где дизъюнкции определяют одновременность проявления параметров, а конъюнкции – избирательность параметров внутри подкласса.

Каждый класс модели прецедента является собой конъюнктивные и дизъюнктивные формулы:

$$D = RL \vee TY \wedge A \vee DS \vee V \wedge EF \vee TR, \quad (2)$$

$$G = F \wedge M \wedge ST \vee TP \vee N \vee K \vee FT, \quad (3)$$

$$E = GE \wedge C \wedge PF \vee AF \vee TC, \quad (4)$$

$$S = T1 \vee T2 \vee T3, \quad (5)$$

$$R = RO \vee RG. \quad (6)$$

Расписанные классы подставляются в модель группового прецедента, в результате получается расширенная модель группового прецедента:

$$GP = (RL \vee TY \wedge A \vee DS \vee V \wedge EF \vee TR) \wedge (F \wedge M \wedge ST \vee TP \vee N \vee K \vee FT) \wedge \\ \wedge (GE \wedge C \wedge PF \vee AF \vee TC) \wedge (T1 \vee T2 \vee T3) \wedge (RO \vee RG). \quad (7)$$

Примером может послужить прецедентная ситуация, заключающаяся в возникновении ситуации типа «невыполнение миссии» по критерию «оперативность», которая складывается из событий «неисправность объекта» и «нарушение связи в группе», зафиксированных системой технического зрения БПЛА, соседнего с неисправным, и системой организации связи Лидера группы, происходящая на протяжении времени Δt в гомогенной группе из пяти одинаковых полуавтономных БПЛА с высокими показателями эффективности, обученных в парадигме «прагматик», выполняющих ночью, в средней полосе Европейской части России в условиях слабого радиоэлектронного покрытия коллективную задачу по контролю возникновения и развития лесного пожара с построением формации типа «плоский одновысотный квадрат» и реализацией стратегии коллективного управления под управлением Лидера и Оператора, с известным решением по реконфигурации целей, перераспределением задач группы и предоставление самостоятельности оставшимся БПЛА, которое позволяет успешно завершить выполнение миссии, но за большее время, формально запишется в виде следующей дизъюнктивно-конъюнктивной формы:

$$D = TY(\text{БПЛА}) \wedge A(\text{полуавтономная}) \vee V(\text{высокая}) \wedge EF(\text{высокая}) \vee TR(\text{прагматик}), \\ G = F(\text{гомогенная}) \vee K(\text{с лидером}) \vee N(5) \vee M(\text{разведка}) \vee ST(\text{коллективная}) \vee FT(\text{иное}), \\ E = GE(\text{Европа}) \vee C(\text{лес}) \vee PF(\text{ночь}) \vee AF(\text{связь}) \vee TC(\text{РЭП}), \\ S = T1(\text{фиксация техническим зрением}) \vee T2(\text{неисправность объекта} \wedge \text{нарушение связи}) \vee \\ \vee T3(\text{оперативность}), \\ R = RG(\text{перераспределение задач в группе}), \\ GP = (TY(\text{БПЛА}) \wedge A(\text{полуавтономная}) \vee V(\text{высокая}) \wedge EF(\text{высокая}) \vee TR(\text{прагматик})) \wedge \\ \wedge (F(\text{гомогенная}) \vee K(\text{с лидером}) \vee N(5) \wedge M(\text{разведка}) \wedge ST(\text{коллективная}) \vee FT(\text{иное})) \wedge \\ \wedge (GE(\text{Европа}) \wedge C(\text{лес}) \wedge PF(\text{ночь}) \vee AF(\text{связь}) \vee TC(\text{РЭП})) \wedge \\ \wedge (T1(\text{фиксация техническим зрением}) \vee T2(\text{неисправность объекта} \wedge \text{нарушение связи}) \vee \\ \vee T3(\text{оперативность})) \wedge RG(\text{перераспределение задач в группе}). \quad (8)$$

Выражение (8), представленные в дизъюнктивно-конъюнктивной или конъюнктивно-дизъюнктивной форме являются довольно удобным представлением групповых прецедентных ситуаций в базах данных. По существу, они определяют иерархическую структуру таких баз, что, в свою очередь, делает удобным и релевантным поиск необходимой информации.

Логическое представление прецедента имеет важное практическое значение. Действительно, мнение о том, что поиск ближайшего прецедента необходимо осуществлять по базе данных прецедентов поддерживается многими исследователями (см, например, [12, 13, 14]. Остается построить интегральный критерий такой близости. В процессе поиска сравниваются атрибуты и определяется вероятностная или нечеткая мера их подобия. Такого типа критерии уже предлагаются [13, 15].

Разрабатываемые с использованием дизъюнктивно-конъюнктивных форм базы прецедентов существенно упрощают как построение указанных критериев сходства, так и сам процесс поиска.

К недостаткам метода поиска рационального решения в базе прецедентов относят необходимость наличия большой базы данных, а также проблемы с формулировкой критериев сравнения атрибутов [16].

4. Заключение

Понятие прецедента активно используется для построения решающих правил в сложных практических ситуациях принятия решений на методической основе близости текущего прецедента и нахождения аналогов. Как правило, прецедент формально представляется в виде записи в некоторой базе данных. Несмотря на то, что он формируется на основе значительного количества разнообразных

факторов, в литературе они часто интегрируются, порой и игнорируются, что приводит к огрублению в поиске решений, а для «чувствительных» задач может даже привести к ошибкам в принятии решений.

В работе предложена логико-лингвистическая модель группового прецедента. Используемые совершенные дизъюнктивные и конъюнктивные нормальные формы являются способом представления логических выражений в виде соединения логических операций. Такие формы позволяют формализовать условия возникновения прецедента и учитывать одновременность или избирательность проявления различных факторов. Этот подход позволяет более эффективно моделировать объекты в групповых задачах, учитывая их интеллектуальные и функциональные характеристики.

Одновременность проявления факторов может быть выражена с помощью конъюнктивных форм, в которых несколько условий должны быть выполнены одновременно для возникновения прецедента.

Избирательность проявления факторов может быть выражена с помощью дизъюнктивных форм, в которых возникновение прецедента зависит от проявления хотя бы одного из нескольких условий.

Таким образом, использование формул алгебры логики позволяет формализовать условия возникновения и развития группового прецедента, учитывая различные параметры состояния объектов, группы и среды.

Логическое представление прецедента играет важную роль в поиске рациональных решений. Использование базы данных прецедентов и построение интегрального критерия близости помогают определить подходящий прецедент для решаемой задачи. Однако, существуют недостатки, такие как необходимость большой базы данных и сложности с формулировкой критериев сравнения атрибутов. Несмотря на это, разработка базы прецедентов с использованием дизъюнктивно-конъюнктивных форм может значительно упростить процесс поиска и сравнения прецедентов.

Литература

1. *Епишкин Н.И.* Исторический словарь галлицизмов русского языка. – М. 2010: Словарное издательство ЭТС http://www.ets.ru/pg/r/dict/gall_dict.htm.
2. *Тарасов В.Б.* Логико-лингвистические модели в искусственном интеллекте: прошлое, настоящее, будущее // URL: <https://www.posp.raai.org/data/posp2005/Tarasov/tarasov.html> (дата обращения 10.05.2024).
3. *Новосельцев В.И., Бублик Н.Г., Евстигнеев В.Е. и др.* Логико-лингвистические модели в военных системных исследованиях. - М.: Воениздат, 1988. - 232 с.
4. *Глухов М.М., Шишков А.Б.* Г 55 Математическая логика. Дискретные функции. Теория алгоритмов: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 416 с.
5. *Абросимов В.К.* Коллективы интеллектуальных летательных аппаратов // Издательский дом «Наука», М.: 2017.– 350 с.
6. Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года, введена в действие УТВЕРЖДЕНА распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 1630-р.
7. *Капитанов В.В., Немтинов В.А.* Анализ организации связи с применением беспилотных летательных аппаратов малой дальности// Вестник ТГТУ, т 22, № 4.2022. - С 606-614.
8. *Пестов С.М., Воробьев И.В., Плитинь П.А.* Применение беспилотных летательных аппаратов для решения задач технического обеспечения при проведении технической разведки // Актуальные исследования. 2024. №5 (187). Ч.1. С. 24-26. URL: <https://apni.ru/article/8327-primenenie-bespilotnikh-letatelnykh-apparatov> (дата обращения: 11.05.2024).
9. *Кутахов В.П., Мецераков Р.В.* Принципы организации групп БЛА транспортного назначения: направления научных исследований// VI Всероссийский научно-практический семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта», 2021. С 86-92 — URL: aiuv2021_book_86-92.pdf (ai-uv.ru) (дата обращения: 11.05.2024).
10. *Бабич, Л. А.* Групповое применение разведывательных и ударных беспилотных летательных аппаратов / Л. А. Бабич. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 45 (283). — С. 3-6. — URL: <https://moluch.ru/archive/283/63683/> (дата обращения: 11.05.2024).
11. *Повный А.* Групповое управление роботами: определение, классификация, назначение, методы и применение//Школа для электриков — URL: <https://electricalschool.info/robot/2959-grupповое-upravlenie-robotami.html> (дата обращения 22.05.2024).
12. *Варшавский П.Р., Еремеев А.П.* Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений//Искусственный интеллект и принятие решений 2, 2009. С 45-57.
13. *Карпов Л.Е., Юдин В.Н.* Методы добычи данных при построение локальной метрики в системах вывода по прецедентам // — URL: https://www.ispras.ru/preprints/docs/prep_18_2006.pdf?ysclid=lu4b25sank558269010.
14. *Симонова Л.А., Насыров И.И.* Формирование базы прецедентов экспертной системы при диагностировании сложного оборудования// Научно-технические ведомости СПбГПУ Информатика. Телекоммуникации.

Управление, №2, 2011. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-bazy-pretsedentov-ekspertnoy-sistemy-pri-diagnostirovanii-slozhnogo-oborudovaniya/viewer>.

15. Дородных Н.О., Малтугуева Г.С., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Поддержка принятия решений на основе прецедентов // Институт динамики систем и теории управления СО РАН, г. Иркутск. С. 35.
16. Кучуганов, В.Н. Онтология и анимация прецедентов / В.Н. Кучуганов // Онтология проектирования, 2016. – т.6. - № 3(21). - С. 287-296. - DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-287-296.