

Санкт-Петербургский государственный университет

КОЗЛОВА Анастасия Дмитриевна

Выпускная квалификационная работа

**Семантический анализатор глагольно-предложных конструкций со
значением математических действий на основе модельной базы данных**

Уровень образования: магистратура

Направление 45.04.02 «Лингвистика»

Основная образовательная программа ВМ.5805. «Компьютерная и
прикладная лингвистика»

Научный руководитель:
к.ф.н., доцент, Кафедра
математической лингвистики,
Захаров Виктор Павлович
Рецензент:
к.ф.-м.н., доцент,
федеральное
государственное
автономное
образовательное
учреждение высшего
образования
«Национальный
исследовательский
университет ИТМО»,
Боярский Кирилл Кириллович

Санкт-Петербург
2023

Аннотация. В данной работе рассмотрена проблема омонимии глагольно-предложных конструкций, глаголы в составе которых могут принимать математическое или нематематическое значения. Целью исследования является создание семантического анализатора, способного с высокой точностью распознать значение глагола с возможной математическо-бытовой омонимией и обеспечить правильность перевода глагола на английский и французский языки после определения его значения. Исследованы основные глагольно-предложные конструкции с математическим значением, на основании исследования создана модельная база данных валентностей и семантических классов глаголов. В практической части данного исследования описана разработка семантического анализатора, основанного на модельной базе данных. В семантический анализатор также встроена функция переводного словаря, работающего для английского и французского языков. Представлен анализ эффективности семантического анализатора и оценка полученных результатов.

Ключевые слова: автоматическая обработка текста, семантика, словарь валентностей, валентность, семантический анализатор.

Abstract. This paper deals with the problem of homonymy of verbal-prepositional phrases, in which verbs can take mathematical or non-mathematical meanings. The aim of the study is to create a semantic analyzer capable of recognizing the meaning of a verb with a possible mathematical homonymy with high accuracy and to correctly translate the verb into English and French after having determined its meaning. The main verbal-prepositional phrases with mathematical meaning are investigated, a model database of valences and semantic classes of verbs is created on the basis of the study. The practical part of this study describes the development of a semantic analyzer based on a model database. The semantic analyzer also has a built-in translation dictionary function that works for English and French. An analysis of the effectiveness of the semantic analyzer and an assessment of the results obtained are presented.

Keywords: automatic text analysis, semantics, valence dictionary, valence, semantic analyzer.

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Глаголы со значением математических действий	9
1.1. Возможные значения глаголов, входящих в конструкции	9
1.2. Модельная база данных валентностей	13
Глава 2. Функция переводного словаря семантического анализатора.....	20
Глава 3. Создание семантического анализатора	23
3.1. Представление базы данных	23
3.2. Функции в составе анализатора.....	27
3.3. Вывод результатов	30
Глава 4. Результаты.....	32
4.1. Тестирование семантического анализатора.....	32
4.2. Оценка результатов	35
Заключение	37
Список литературы	39
Приложение А	41
Таблица со значениями глаголов, входящих в глагольно-предложные конструкции со значением математических действий	41
Приложение Б.....	59
Таблица модельной базы данных валентностей глаголов	59
Приложение В	80
Программный код для семантического анализатора глагольно-предложных конструкций со значением математических действий	80

Введение

В данной работе описывается структура, этапы создания и возможные сферы применения семантического анализатора глагольно-предложных конструкций со значением математических действий на основе модельной базы данных. В условиях стремительного развития искусственного интеллекта и расширения области его применения возникает необходимость в адаптации естественного языка для обрабатывающих его программ, так как программы нередко допускают грубые ошибки в интерпретации текстов, что в большинстве случаев объясняется омонимией, присутствующей в человеческой речи. Оптимальным способом борьбы с омонимией является создание семантических анализаторов, которые способны различать спектр значений токена в контексте, и внедрение их в программы. Рассматриваемый в этой работе семантический анализатор предназначен для борьбы с омонимией и неточностями в области глагольно-предложных конструкций, глаголы внутри которых могут иметь математическое значение.

Во всех сферах профессиональной лексики насчитывается большое количество устойчивых словосочетаний, имеющих чётко определённую семантику и служащих своеобразными сложносочинёнными терминами. Математическая профессиональная лексика – не исключение: существует множество специализированных математических выражений, которые помогают точно определить, какое именно математическое явление имеется в виду.

Отдельная группа в этой сфере профессиональной лексики – это глаголы со значением математических действий. Словосочетания, в состав которых входят такие глаголы, активно используются математиками как в устной речи, так и в письме, в том числе в научных статьях и исследованиях, например: “выколоть точку”, “ориентировать граф”, “разложить на множители”. Большинство из них широко известно из школьного курса математики.

Словосочетания, строящиеся на глаголах со значением математических действий, имеют одну особенность: глаголы, входящие в их состав, очень часто

используются и в нематематическом значении. Пример: в словосочетании “транспонировать матрицу” глагол “транспонировать” имеет чётко выраженное математическое значение («заменить в матрице строки соответствующими столбцами»); при этом существует выражение “транспонировать мелодию” («переложить какое-либо музыкальное сочинение из одной тональности в другую»), смысл которого хоть и обнаруживает отдалённое сходство с математическим, но всё же является полностью самостоятельным и придаёт глаголу совершенно иное значение. Также хорошим примером двойственности значения может послужить глагол “описать”: в математическом смысле можно описать окружность, а в бытовом, нематематическом – описать характер человека.

Таким образом, у глаголов математических действий в большинстве случаев наблюдается ярко выраженная омонимия – различаются их математический и нематематический смысл.

Какие же проблемы влечёт за собой омонимия глаголов со значением математических действий? Полисемия влечёт за собой определённые проблемы автоматической обработки [1], и если в русском языке один и тот же глагол может использоваться как в математическом, так и в бытовом смысле, то в других языках, например, в английском или французском, эти значения могут определяться совершенно различными глаголами. Приведём пример: в русском языке в словосочетаниях “касаться окружности” и “касаться плеча” употребляется один и тот же глагол, в то время как в английском эти словосочетания будут соответственно переводиться как ‘to be tangent to a circle’ и ‘to touch one’s shoulder’ – в них используются два различных глагола, ‘to be tangent’ и ‘to touch’ [2].

Особенно уязвимыми к описанной выше омонимии являются онлайн-переводчики: очень часто встречается сделанный ими неправильный перевод, при котором переводчик не определяет глагол как математический и приписывает ему перевод нематематического значения. Это объясняется тем, что математические глаголы принадлежат узкой профессиональной сфере и редко используются большинством пользователей; кроме того, в интернете существует сравнительно

небольшое количество текстов с подобными вхождениями, на которых можно было бы обучать переводчики. Даже такие масштабные проекты, как Google Translate [3] и Яндекс Переводчик [4], не всегда справляются с задачей. Ниже представлена табл. 1, в которой приведены неверные переводы глаголов в их математическом значении.

Таблица 1 – Примеры неверного перевода глаголов

Словосочетание	Язык перевода	Перевод Google Translate	Перевод Яндекс Переводчика	Правильный перевод
Исходить из вершины	Английский	To come from the top	To start from a vertex	To emanate from a vertex
Привести подобные члены	Французский	Apporter des membres similaires	Citer des membres similaires	Réduire les termes similaires
Прямые скрещиваются	Английский	Straight lines cross	Straight lines are crossed	Straight lines are skew
Вынести за скобки	Английский	To take out of brackets	To put out of brackets	To factor out
Выделить полный квадрат	Французский	Marquer le point	Piquer le point	Exclure le point

На рис. 1 и 2 приведена наглядная демонстрация неправильного перевода.

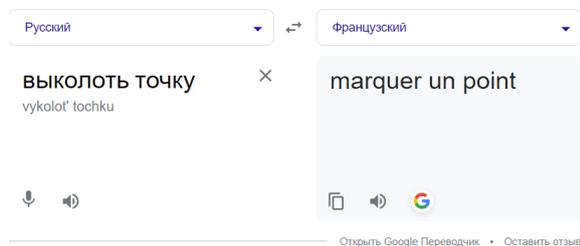


Рисунок 1 – Пример неправильного перевода на французский (Google Translate)

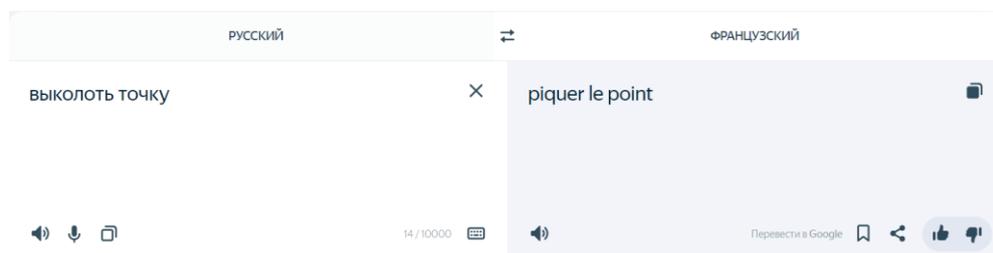


Рисунок 2 – Пример неправильного перевода на французский (Яндекс Переводчик)

Очевидно, что неверные переводы получаются по причине того, что онлайн-переводчики не способны распознать математический смысл глагола.

Помимо проблем перевода существуют также проблемы [5], связанные с неверным спряжением глаголов внутри конструкций со значением математических

действий, неверным определением их валентности и изменением при переводе в другую часть речи.

Решением обозначенной проблемы является создание семантического анализатора, способного определять, в каком значении – математическом или нематематическом – употреблён данный глагол, и на основании этого выбирать правильный вариант перевода или правильный вариант спряжения.

Актуальность темы исследования заключается в том, что при использовании семантического анализатора для обозначенных задач значительно повысится качество функционирования искусственного интеллекта в сфере интерпретации естественного языка. Данная работа посвящена созданию семантического анализатора глагольно-предложных конструкций со значением математических действий на основе модельной базы данных.

Научная новизна работа состоит в исследовании и реализации алгоритма для проблематики семантического анализа текстов с математической тематикой для русского языка. В работе будет описан первый образец подобной программы; использование семантического анализа является одной из ключевых составляющих уникальности анализатора, так как требует подробного исследования терминов и составления словаря валентностей [6]. Практическая ценность семантического анализатора, исключающего ошибки при переводе глаголов со значением математических действий, обусловлена тем, что его использование позволит осуществлять качественный автоматический анализ и перевод научных и учебных текстов.

Итак, целью данной работы является создание семантического анализатора, способного с высокой точностью распознать значение глагола с возможной математическо-бытовой омонимией и обеспечить правильность перевода глагола на английский и французский языки после определения его значения.

Основными задачами являются:

1. Определение списка глаголов со значением математических действий, подверженных омонимии и создание базы данных валентностей и базы данных семантических классов для этих глаголов;
2. Создание базы данных перевода на английский и французский язык для этих глаголов в их математическом значении в качестве вспомогательной функции семантического анализатора;
3. Создание семантического анализатора и написание программы, реализующей обработку глаголов;
4. Получение результатов работы семантического анализатора; тестирование, отладка и повторное тестирование программы с целью достижения наибольшей точности её функционирования.

При выполнении обозначенных выше задач наиболее целесообразным будет проведение исследования научных текстов в сфере математики для анализа содержащихся в них глагольно-предложных конструкций со значением математических действий. При тестировании программы, на этапе оценки результатов, необходимо участие двух экспертов – это обеспечит точность и независимость оценки.

Глава 1. Глаголы со значением математических действий

1.1. Возможные значения глаголов, входящих в конструкции

В качестве подготовительного этапа для создания семантического анализатора необходимо составить список глаголов со значением математических действий. Список создавался комбинированным методом: эмпирически; с использованием Национального Корпуса Русского Языка (далее – НКРЯ) [7] и прочих русскоязычных корпусов; с использованием математических словарей [8, 9]. Было выявлено 118 наиболее общеупотребительных глаголов, которые могут иметь как математическое, так и нематематическое значение.

Для этих глаголов составлена таблица значений с указанием значения глаголов в их математическом и нематематическом смыслах (расположены в двух столбцах с соответствующими заголовками), представленная целиком в приложении А. В табл. 2, для удобства демонстрации, представлен лишь фрагмент таблицы значений глаголов – приведены примеры семи глаголов, изучив которые, можно получить представление о направлении исследования. Конечно же, математических значений практически у каждого глагола меньше, чем бытовых, что объясняется узостью математической сферы. В таблице учтены не только словарные толкования, но и, в случае нематематических значений, устойчивые словосочетания с глаголами, такие как поговорки и фразеологизмы (выделены курсивом).

Таблица 2 – Значения глаголов

Слово	Математическое значение	Нематематическое значение
выколоть	исключить точку из промежутка	1) проткнуть острием 2) прокалывая чем-либо острым, нанести какой-либо узор, рисунок и т.п. 3) вырубить из массы чего-либо 4) <i>хоть глаз выколи</i>
выносить	представить алгебраическую сумму произведений в виде произведения с использованием дистрибутивности	1) неся, удалять откуда-либо, доставлять куда-либо 2) увлекая за собой, выбрасывать, выкидывать, приносить куда-либо (течением, ветром и т.п.). 3) выдвигать вперед; помещать, располагать каким-либо образом, где-либо 4) предлагать, представлять для ознакомления, обсуждения, рассмотрения

	умножения относительно сложения/вычитания	<ul style="list-style-type: none"> 5) вытерпеть, выдержать 6) получать, приобретать в результате наблюдения, ознакомления с чем-либо, изучения чего-либо и т.п. 7) приняв (в результате рассмотрения, обсуждения) какое-либо решение, объявлять о нём 8) обдумывать до полной ясности, зрелости 9) родить, проносив ребёнка нормальный срок 10) приводить в ветхость, негодность от длительной носки; изнашивать 11) обладать приспособленностью к чему-либо, способностью выдерживать что-либо 12) <i>не выносить</i> 13) <i>хоть святых выноси</i> 14) <i>выносить сор из избы</i> <i>кривая вынесет</i>
делить	находить одно из сомножителей c (частного или отношения) по данному произведению a (делимому) и другому сомножителю b (делителю)	<ul style="list-style-type: none"> 1) разъединять на части, распределять по частям; разграничивать 2) предоставлять, давать кому-либо часть чего-либо своего; совместно пользоваться чем-либо 3) производить раздел, распределение чего-либо, давая, предназначая каждому часть 4) <i>делить нечего</i> 5) <i>делить шкуру неубитого медведя</i>
исходить ь	иметь начало в вершине угла	<ul style="list-style-type: none"> 1) ходя, побывать во многих местах 2) выходить откуда-либо 3) выделяясь откуда-либо, распространяться (о звуках, запахах, тепле, дыме и т.п.) 4) выделять что-либо в большом количестве 5) брать что-либо за основу 6) осуществить доказательство тезиса через опровержение отрицания этого тезиса
опираться	образовывать в результате пересечения двух определяющих угол лучей и прямой отрезок	<ul style="list-style-type: none"> 1) прислоняться к кому-либо, чему-либо, налегать на кого-либо, что-либо, перенося на него часть тяжести своего тела 2) лежать всей тяжестью на чём-либо (что является опорой, основанием чего-либо) 3) находить себе поддержку в ком-либо 4) пользоваться чем-либо в качестве основы или отправной точки (рассуждений, деятельности и т.п.)
решать	<ul style="list-style-type: none"> 1) вести рассуждения, при помощи которых получают все решения задачи [неравенства, системы уравнений, уравнения] 2) найти все элементы треугольника по некоторым заданным элементам 	<ul style="list-style-type: none"> 1) после обдумывания приходиться к какому-либо выводу, к необходимости каких-либо действий 2) в результате обсуждения выносить заключение, принимать постановление 3) находить требующийся ответ, определять искомое 4) находить разрешение чему-либо или способ осуществления, исполнения чего-либо 5) становиться определяющим, наиболее существенным в чём-либо

считать	1) называть числа в последовательном порядке 2) определять количество, сумму чего-либо	1) знать названия, последовательность чисел, уметь производить арифметические действия с числами 2) исчислять в каком-либо количестве, сумме; иметь, насчитывать 3) пользоваться при исчислении какими-либо единицами измерения; системой показаний каких-либо приборов и т.п. 4) принимать в расчёт, во внимание; учитывать 5) расценивать, воспринимать каким-либо образом 6) читать, сличить, проверить (какой-либо текст) 7) <i>считать ворон/галок/мух</i> 8) <i>считать звёзды</i>
экспонировать	возвести в степень	1) выставлять для обозрения (на выставке) 2) подвергать действию света светочувствительный материал (фотопластинку, фото- или киноплёнку и т.п.) 3) в шахматной игре: ставить фигуру под удар

В табл. 2 для каждого глагола приведён исчерпывающий перечень его возможных значений как в математическом, так и в нематематическом смысле.

Из данных, представленных в табл. 2, можно сделать вывод о том, что глаголы со значением математических действий, описанных в ней, в большинстве своём довольно многозначны и широко применимы. У некоторых глаголов есть несколько форм совершенного и несовершенного вида: например, у несовершенной формы “считать” есть три формы совершенного вида – “сосчитать”, “посчитать” и “счесть” (последняя относится к нематематическому значению). Кроме того, все глаголы делятся на два типа:

1. Глаголы, у которых математические и нематематические значения практически не отличаются по смыслу; различие наблюдается только в сфере приложения (пример – глагол “решать”: в словосочетаниях “решать задачу” и “решать квартирный вопрос” подразумевается одно и то же значение когнитивной деятельности);
2. Глаголы, у которых математические и нематематические значения частично или полностью различны, и различие состоит не в контексте и не в сфере приложения, а в самой сути определения (пример – глагол “выносить”: в словосочетаниях “выносить за скобки” и “не выносить

запаха бензина” значения глагола не сопоставимы, как несопоставимы и значения глагола “исходить” в примерах “исходить всю землю” и “исходить из угла”.

Очевидно, что омонимия, по определению, может возникать только в глаголах второго типа [10]. Глаголы первого типа, как не имеющие возможности предрасполагать к смешению значений, с научной точки зрения не интересны для обработки семантическим анализатором, ведь для них сам анализ становится бессмысленным: оба значения, и математическое, и нематематическое, совпадают по смыслу. Анализатор предназначен для обработки глаголов второго типа, так как именно в них возможна омонимия, которую необходимо снимать с помощью анализатора.

Таким образом, целесообразно сократить список глаголов до тех, в которых математическое и нематематическое значения заметно разнятся, убрав из списка глаголы первого типа. Содержимое таблицы было проанализировано экспертами, после чего из неё были удалены все глаголы без омонимии. Получившийся перечень состоит из 34 глаголов: *возводить | возвести; вписывать | вписать; выделять | выделить; выкалывать | выколоть; выносить | вынести; вычитать | вычитывать | вычесть; дифференцировать; задавать | задать; заключать | заключить; замыкать | замкнуть; извлекать | извлечь; интегрировать; интерполировать; исходить | изойти; касаться | коснуться; находить | найти; описывать | описать; относиться | отнестись; переносить | перенести; подставлять | подставить; покрывать | покрыть; приводить | привести; проходить | пройти; раскладывать | разложить; раскрывать | раскрыть; решать | решить; сводить | свести; складывать | сложить; скрециваться | скреститься; сокращать | сократить; считать | сосчитать | посчитать | счесть; транспонировать; убывать | убыть; экспонировать.*

Данный перечень можно считать практически исчерпывающим в области глаголов со значением математических действий – это наиболее общеупотребительные глаголы [8, 9]. Поэтому его можно использовать в качестве

базы данных, на которой будет основываться семантический анализатор глагольно-предложных конструкций со значением математических действий на основе модельной базы данных.

1.2. Модельная база данных валентностей

Принцип работы семантического анализатора заключается в том, чтобы определить, в каком значении – математическом или нематематическом – употреблён глагол, используя вспомогательную информацию. Конечно же, в текстах с математической тематикой глаголы также будут с наибольшей долей вероятности употреблены в математическом значении – однако же существует множество текстов общей тематики, в которых встречаются глаголы в математическом значении, и наоборот – в математических текстах омонимичные глаголы могут встречаться и в бытовом значении. Информацией, помогающей определить значение глагола, могут послужить предлоги, присоединяющиеся к глаголу; зависимые слова; их часть речи и падеж. Предлоги очень часто являются чётким определителем значения глагола [11], поэтому в базе данных в основном будут рассмотрены глагольно-предложные конструкции.

Способность слова вступать в связь с другими словами называется валентностью [6]. Именно такую способность глагольно-предложных конструкций и нужно выявить для составления базы данных. Следовательно, семантический анализатор должен основываться на базе данных валентностей [12].

В базу данных входит следующая информация:

1. Глагол;
2. Имеющиеся у него значение (математическое и нематематическое).

Для каждого из значений:

- 2.1. Грамматическая информация валентности: предлог (если имеется), часть речи и падеж зависимого слова;

- 2.2. Семантическая информация валентности: семантические классы [12], к которым относятся зависимые слова, обычно присоединяемые к предлогу;
- 2.3. Объекты валентности: типичные зависимые слова, образующие с глагольно-предложной конструкцией устойчивые сочетания.

Информация, содержащаяся в модельной базе данных валентностей глаголов, представленной в Приложении Б, была получена путём анализа текстов из Основного корпуса НКРЯ [7]. В табл. 3 для удобства демонстрации приведён лишь фрагмент базы данных. Для каждого из тридцати четырёх глаголов был собран подкорпус, состоящий из 100 случайных предложений. После получения информации из корпуса база данных была дополнена примерами устойчивых сочетаний с глаголами со значением математических действий, приведёнными в математических словарях [8, 9]. Зависимые слова из поговорок и фразеологизмов также включены в базу данных. Семантические классы были обозначены с опорой на классификацию Г.А. Золотовой [13].

Таблица 3 – Модельная база данных валентностей

Слово	Значение	Грамматика	Семантический класс	Примеры
вписывать; вписать	Математическое	NOUN, accs	Фигура	сферу, многоугольник, треугольник, прямоугольник, круг, кольцо, кружок, эллипс, окружность, мандалу, ломаную, многогранник, угол
		в NOUN, accs	Фигура	круг, куб, цилиндр, квадрат, габариты, окружность
	Нематематическое	NOUN, accs	Информация	фамилию, имя, данные, адрес, тираж, слово, ответ, строку, рост, цвет, главу, дату, стихотворение, цифру, определение, сумму, результат, текст, паспорт, номер, статью, факт, подробность, название, букву, предмет, отзыв, замечание
			Объект	проект, сцену, арию, здание, ремарку, объект, страницу
		NOUN, ablt	Человек	санитаркой
		в NOUN, accs	Окружающая среда	ландшафт, композицию, снег, конструкцию, рельеф, пространство, среду

			Текст	договор, акт, лист, донесение, блокнот, клеточку, квадратик, строку, счёт, летопись, свиток, мандат, дневник, заключение, бланк, таблицу, паспорт, гроссбух, полномочия, книгу, книжку, тетрадь, расход, материалы, число, формуляр, биографию		
			Объект (обстоятельство)	современность, ситуацию, систему, контекст, представление, жизнь, окружение, модель, структуру, концепцию, задачу, отношения, реальность, проект, речь, время, план, историю, вертикаль, ментальность		
задавать; задать	Математическое	NOUN, accs	Объект (информация)	значение, параметр, величину, координату, расположение		
			Объект	точку, модель, функцию, матрицу, структуру, вектор, множество		
	Нематематическое	NOUN, accs	Вопрос	вопрос, загадку		
			Задание	задачу, работу, программу, урок, задание, сочинение		
			Процесс	трёпку, взбучку, пир, бал, обед, головомойку, тряску		
			Еда	корм		
			Объект (информация)	синтаксис, свойство, ответ, изменение, требование, рубеж, число, степень, показатель, шаг, область, траекторию, квадрат, трафик, режим, процедуру, критерий, тему, программу, концентрацию, форму, условие, направление, ритм, темп, курс, рамку, скорость, стандарт, план, объём, границу, тон, стиль, тональность		
			NOUN, gent	Испытание	хлопот, переживаний, жару, перцу, стрекача, стречка, чёсу, дёру, тягу, страху, звону, пару	
				Еда	овса, сена	
касаться; коснуться	Математическое	NOUN, gent	Фигура	окружности, прямой, дуги, отрезка, стороны		
			Нематематическое	NOUN, gent	Человек	воспитателя, олигарха, участника, врача
					Страна	Ирака, России, Европы, Латвии, Эстонии, Афганистана, страны
			Часть тела	глаза, губ, плеча, лица, щеки, руки, ладони, кожи, шеи, тела, лба, языка, груди, головы, пальца		

			Объект	дна, сосуда, стенки, головки, корпуса, бумаги, земли, пола, подушки, поверхности, воды, части, места, клавиши, социологии, физики, образа, миллиона, приоритета, необходимости, уровня, констатации, строительства, нефти, газа, вопроса, возможности, мейнфрейма, принятия, утилизации, взаимодействия, предмета, автомата, ограничения, системы, весны, урока, реализации, величины, разрыва, военкомата, унификации, развития, суммы, ведения, растения, даты, передачи, позиции, нарушения, отношения, вещи, теракта, работы, лозунга, употребления, СМИ, отходов, способа, метода, переоценки, мира, зарплаты, совершенствования, бюджета, развлечения, симбиоза, регулирования, домовитости, красоты, выплаты, борьбы, безделья, давления, техники, песен, программы, разрешения, бензина, договора, порядка, двигателя, инцидента, платежа, вздутия, луны, молока, влияния, тарифа, денег, проблемы, слоя, темы
относиться; отнести сь	Математическое	к NOUN, NUMR datv	Число	иксу, игреку, длине, массе, величине
	Нематематическое	к NOUN, datv	Человек	личности, работнику, герою, человеку, учителю, преемнику, приезжему, дочери, Карениной, ребёнку, ветерану, инвалиду, стороннику, славянину, новичку, новобранцу, соседу
			Группа	полу, классу, группе, области, этапу, меньшинству, категории, виду, отделению, отделу, когорте, типу, ряду, разряду, сфере, числу, времени
			Объект	сообщению, школе, судьбе, средству, инфекции, делу, контакту, проблеме, условию, услуге, форме, стране, языку, атрибуту, потери, активу, желанию, оценке, недоразумению, операции, обработке, учёту, недостатку, периоду, году, минералу, предпочтению, инициативе, преступлению, сырью, армии, обязанности, государству, СМИ, роли, идее, олигарху, экологии, элите, олигархии, возрасту, ведению, компетенции, выбору, вопросу, особенности, началу, веку, тысячелетию, домостроительству, документу, интересу, призыву, теме, кооперации, программе, теории, действительности
	с NOUN, abl	Чувство	уважением, юмором, долей, теплотой, участием, пониманием, презрением, почтением, подозрением, осторожностью	
проходить;	Математическое	Через NOUN, accs	Точка	точку, переменную, вершину

пройти	еское			
	Нематематическое	NOUN, accs	Процесс	стажировку, трансформацию, регистрацию, этап, собеседование, каторгу, контроль, горнило, школу, чтение, лагерь, тур, курс, службу, практику, войну, блокаду, концлагерь, ссылку, тюрьму, комиссию, границу, огонь, воду, трубы
			Путь	расстояние, мост, путь, километр, метр, отрезок, дорогу, шаг, стометровку, дистанцию, половину, км, м
			Объект	лес, поле, больницу, площадку, поворот, дом, положение, пласт, грядку, существительное, глагол, дробь, уравнение, Чехова, сцену, симфонию
		NOUN, ablt	Объект	мелом, лаком, пылесосом, трактором, нитью
	в NOUN, loc		Место	Лужниках, кабинете, Пекине, музее, селе, атмосфере, Лионе, столице, Москве, Швеции
			Время	феврале, ноябре, конце, начале, июне, марте
			Состояние	режиме, состоянии, хлопотах
	в NOUN, accs		Место	думу, сад, зал, дверь, трюм, штат, жизнь
			Человек	депутаты, председатели
	мимо NOUN, gent		Объект	человека, кафе, ребёнка, буя, рта, парка, факта, события
	через NOUN, accs		Объект (препятствие)	испытание, банк, маршрутизатор, систему, войну, симфонию, творчество, регистратуру, руки
	через/сквозь NOUN, accs		Объект	зал, кольцо, сосуд, пластину, призму, тело, линзу, город, туннель, бумагу, стену, рубашку, скважину, ушко
	по NOUN, datv		Объект	столбцу, залу, сцене, маршруту, мосту, проспекту, лестнице, стене
	без NOUN, gent		Результат	следа, последствия
сводить; свести	Математическое	к NOUN, datv	Объект	пределу, уравнению, пропорции, формуле
	Нематематическое	NOUN, accs	Растение	рощу, лес, березняк
			Часть тела	скулы, ногу, губу, глаз, челюсть, руку, палец, взор, тело, бровь, зуб, рот, челюсть
			Объект (пятно)	загар, пятно, веснушки
			Объект	сюжет, измерение, риск, тип, заслугу, социализм, проблему, счёт, постановку, вероятность, полемику, результат, разговор, мысль, речь, беседу, данные, человека, Лаврова, конец, ветку, мост, арку, кровлю, купол, свод, знакомство
	с NOUN, ablt	Объект	человеком, концом, Екатериной	

		с NOUN, gent	Объект	ума, двора, горы, престола, пьедестала, шоссе, дороги
		к NOUN, datv	Объект	подсчёту, минимуму, прототипу, нулю, пиару, насилию, угрозе, проверке, сокращению, прошлому, никчемности, шутке, понятию, облигации, проблеме, процессу, балагану
		в NOUN, accs	Место	кафе, могилу, отделение, театр, парк, хлев, сарай
			Объект (целое)	базу, приложение, одно, целое, точку, полк, таблицу, табун, том
		на NOUN, accs	Объект	нет, огород, концерт, вернисаж, выставку, охоту, водопой, кальку
сокращать; сократить	Математическое	на NOUN, NUMR accs	Число	множитель, число
		NOUN, accs	Объект	дробь, выражение
	Нематематическое	NOUN, accs	Информация	число, длину, время, частоту, численность, срок, количество, объём, длительность, площадь, дистанцию
			Деньги	затрату, налог, эмиссию, издержки, расход, сумму, бюджет
			Название	имя, форму, день, вид, вариант, кличку, название, выражение, слово
			Человек	человека, работника, Елену, штат, должность, армию, персонал
Объект	риск, вред, отставание, рекорд, сферу, аппарат, рамку, программу, переговоры, тропу, путь, час, инструкцию, разрыв, прогулку, рассказ, спектакль, год, известие, расстояние, население, вмешательство, статью, ожидание, жизнь, потребление, производство, мышцу, список, общение, визит, текст, маршрут, финансирование, процесс, нагрузку			
транспонировать	Математическое	NOUN, accs	Матрица	матрицу, данные
	Объект	аспект, фразу, модальность, форму, опыт, ситуацию, обряд, энергию, изображение, содержание, композицию, описание, свойство, сознание, модель		
	в NOUN, accs	Музыка	ре, минор, тональность, ми, бемоль	
		Объект	версию, сферу, язык, зону, ситуацию, сюжет, литературу	
	на NOUN, accs	Язык	язык	
		Музыка	интервал, тон, октаву, полтона	
	для NOUN, gent	Музыка	баритона	

На примере глагола “транспонировать” можно заметить, насколько разнообразна его валентность. Во-первых, в предложных конструкциях к нему могут присоединяться слова как в винительном, так и в родительном падежах; во-вторых, сами зависимые слова представляют собой достаточно широкий ряд и образуют словосочетания от “транспонировать матрицу” в математическом значении до “транспонировать в другой тональности” в нематематическом.

Информация из представленной базы данных позволит семантическому анализатору определить, в каком значении употреблён глагол. Конечно же, список зависимых слов формально не полон, но он будет пополняться при каждой новой отладке анализатора с помощью тестирования его на новой тестовой выборке с целью выявления не воспринимаемых анализатором словосочетаний.

Глава 2. Функция переводного словаря семантического анализатора

Одним из возможных практических применений семантического анализатора является обеспечение правильного перевода глаголов в их математическом значении на другие языки. Функцию переводного словаря решено было включить в анализатор в качестве встроенной, для наглядной демонстрации его функционирования в реальных условиях.

В табл. 3 приведены самые распространённые глагольно-предложные конструкции со значением математических действий, в которых наблюдается омонимия. Именно эта омонимия и препятствует точности автоматического перевода терминов на другие языки. Онлайн-переводчики не всегда способны учесть контекст глагольно-предложной конструкции и проанализировать, в каком значении – математическом или нематематическом – она употреблена. Однако, с использованием информации из табл. 3, семантическому анализатору не составит труда определить правильное значение глагола.

Последним подготовительным этапом к построению семантического анализатора является создание базы данных верных переводов глагольно-предложных конструкций в их математическом значении. Причина того, что перевод глаголов будет осуществляться только в их математическом значении, состоит в том, что только это значение является редким и сложным для определения онлайн-переводчиками, поэтому нуждается в доработке; перевод же в нематематическом значении осуществляется ими в обычном режиме и является эффективным, поэтому не требует вмешательства анализатора.

Создание базы данных перевода производился с использованием специализированных русско-английских [2] и русско-французских математических словарей [14]. Он представлен в табл. 4.

Таблица 4 – Перевод глаголов в математическом значении

Несовершенный вид	Совершенный вид	Значение	Перевод (английский)	Перевод (французский)
-------------------	-----------------	----------	----------------------	-----------------------

возводить	возвести	Математическое	raise	élever
вписывать	вписать	Математическое	inscribe	inscrire
выделять	выделить	Математическое1	express	déterminer
выделять	выделить	Математическое2	complete	compléter
выкалывать	выколоть	Математическое	exclude	exclure
выносить	вынести	Математическое	factor out	mettre en facteur
вычитать	вычесть	Математическое	subtract	soustraire
дифференцировать	дифференцировать	Математическое	differentiate	différencier
задавать	задать	Математическое	specify	donner
заключать	заклчить	Математическое	enclose	placer
замыкать	замкнуть	Математическое	close	fermer
извлекать	извлечь	Математическое	extract	extraire
интегрировать	интегрировать	Математическое	integrate	intégrer
интерполировать	интерполировать	Математическое	interpolate	interpoler
исходить		Математическое	emanate	émaner
касаться	коснуться	Математическое	be tangent to	toucher
находить	найти	Математическое	find	trouver
описывать	описать	Математическое	describe	circonscrire
относиться		Математическое	be	se référer
переносить	перенести	Математическое1	translate	transférer
переносить	перенести	Математическое2	transpose	transposer
подставлять	подставить	Математическое	substitute	substituer
покрывать	покрыть	Математическое	cover	couvrir
приводить	привести	Математическое1	collect	réduire
приводить	привести	Математическое2	reduce	réduire
приводить	привести	Математическое3	bring	réduire
проходить	пройти	Математическое	pass	passer
раскладывать	разложить	Математическое1	break	exprimer
раскладывать	разложить	Математическое2	factorise	décomposer
раскрывать	раскрыть	Математическое1	distribute	ouvrir
раскрывать	раскрыть	Математическое2	evaluate	lever
решать	решить	Математическое	solve	résoudre
сводить	свести	Математическое	reduce	réduire
складывать	сложить	Математическое	add	additionner
скрециваться		Математическое	be skew	être oblique
сокращать	сократить	Математическое	reduce	réduire
считать	сосчитать	Математическое	count	compter
считать	посчитать	Математическое	count	compter
транспонировать	транспонировать	Математическое	transpose	transposer
убывать		Математическое	decrease	décroître
экспонировать	экспонировать	Математическое	exponentiate	mettre en exponentiation

Можно заметить, что для многих глаголов их переводы на английский и французский языки являются однокоренными [14]. Английский и французский были выбраны как наиболее популярные языки у русскоязычной аудитории.

Глава 3. Создание семантического анализатора

3.1. Представление базы данных

Семантический анализатор глагольно-предложных конструкций со значением математических действий в данной работе представлен в виде программы (см. Приложение В). Программа получает информацию из базы данных, основанной на информации, описанной в предыдущих главах. Она содержит функции, обеспечивающие работу анализатора, и модуль вывода.

Ядром семантического анализатора, цель которого – определение значения глагольно-предложных конструкций со значением математических действий, является база данных [12]. База данных состоит из двух основных частей:

1. База данных глаголов:
 - 1.1. Грамматика;
 - 1.2. Семантика;
 - 1.3. Примеры зависимых слов в словосочетаниях валентности;
2. База данных переводного словаря:
 - 2.1. Перевод на английский;
 - 2.2. Перевод на французский.

Семантический анализатор был создан с использованием языка программирования Python, так как наличие множества библиотек, предназначенных для работы с большими данными, и в особенности наличие специализированных библиотек для обработки естественного языка делает Python наиболее удобным для этой задачи: ведь для успешной работы анализатора потребуется возможность программы обрабатывать полученный на вход текст с целью приведения его в необходимый для дальнейшей обработки вид и получения нужной грамматической информации, которая будет использоваться для поиска верного значения глагольно-предложной конструкции.

База данных также должна иметь формат, подходящий для обработки программами Python. Наиболее целесообразным решением является использовать

для этой задачи встроенную библиотеку Pandas, существующую для хранения и обработки информации, содержащейся в базе данных или таблице.

С помощью функции `read_excel` часть базы данных, содержащая информацию о валентности глаголов, была переведена в формат таблицы pandas и названа `Valency_examples_table` (рис. 3).

```
[ ] valency_examples_table = pandas.read_excel('/content/Словарь валентностей_только значимые.xlsx', sheet_name='Примеры')
```

valency_examples_table

	Несовершенный вид	Совершенный вид	Значение	Предлог	Часть речи	Падеж	Примеры
0	возводить	возвести	Математическое	в	NOUN	accs	степень, квадрат, куб
1	возводить	возвести	Нематематическое	NaN	NOUN	accs	дворец, трамплин, горку, арену, мансарду, стад...
2	возводить	возвести	Нематематическое	в	NOUN	accs	атрибут, принцип, культ, закономерность, систе...
3	возводить	возвести	Нематематическое	к	NOUN	datv	Кеплеру, тексту
4	возводить	возвести	Нематематическое	на	NOUN	accs	небеса, пьедестал, уровень, помост, трон, престол
...
207	экспонировать	экспонировать	Математическое	NaN	NOUN	accs	число, переменную, функцию
208	экспонировать	экспонировать	Математическое	NaN	NUMR	accs	число, переменную, функцию
209	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	NaN	NOUN	accs	картину, портрет, произведение, пейзаж, живопи...
210	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	в	NOUN	loct	зале, музее, Эрмитаже, Третьяковке, России, эк...
211	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	на	NOUN	loct	выставке, салоне, аукционе

212 rows x 7 columns

Рисунок 3 – База данных валентностей

Можно заметить, что зависимые слова, представленные в столбце “Примеры”, стоят не в начальной форме. Такое представление было удобно для словаря валентностей, изучаемого человеком, но, на этапе обработки его программой, правильнее поставить каждый токен в начальную форму. С помощью функций для обработки естественного языка библиотеки `rumorphy2` каждое слово было автоматически оставлено в начальную форму (рис. 4):

valency_examples_table

	Несовершенный вид	Совершенный вид	Значение	Предлог	Часть речи	Падеж	Примеры
0	возводить	возвести	Математическое	в	NOUN	accs	[степень, квадрат, куб]
1	возводить	возвести	Нематематическое	NaN	NOUN	accs	[дворец, трамплин, горка, арена, мансарда, ста...
2	возводить	возвести	Нематематическое	в	NOUN	accs	[атрибут, принцип, культ, закономерность, сист...
3	возводить	возвести	Нематематическое	к	NOUN	datv	[кеплер, текст]
4	возводить	возвести	Нематематическое	на	NOUN	accs	[небо, пьедестал, уровень, помост, трон, престол]
...
207	экспонировать	экспонировать	Математическое	NaN	NOUN	accs	[число, переменный, функция]
208	экспонировать	экспонировать	Математическое	NaN	NUMR	accs	[число, переменный, функция]
209	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	NaN	NOUN	accs	[картина, портрет, произведение, пейзаж, живоп...
210	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	в	NOUN	loct	[зал, музей, эрмитаж, третьяковка, россия, экс...
211	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	на	NOUN	loct	[выставка, салон, аукцион]

212 rows × 7 columns

Рисунок 4 – Оптимизированная база данных валентностей

Вторая часть базы данных, содержащая информацию о семантических классах, также была переведена в формат таблицы pandas и названа `Valency_semantics_table` (рис. 5).

valency_semantics_table

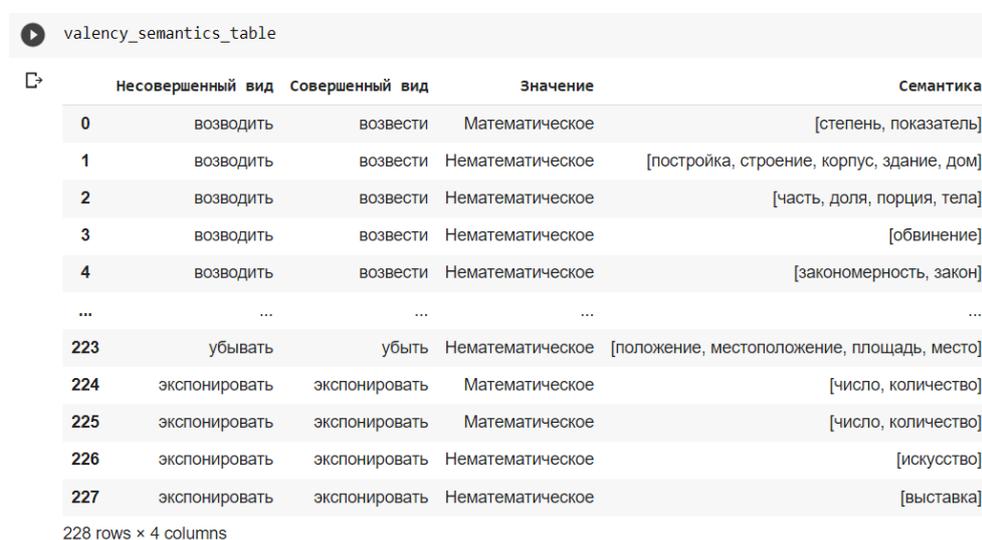
	Несовершенный вид	Совершенный вид	Значение	Семантика
0	возводить	возвести	Математическое	Степень
1	возводить	возвести	Нематематическое	Строение
2	возводить	возвести	Нематематическое	Часть тела
3	возводить	возвести	Нематематическое	Обвинение
4	возводить	возвести	Нематематическое	Закон
...
351	экспонировать	экспонировать	Математическое	Число
352	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	Искусство
353	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	Объект
354	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	Объект (место)
355	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	Выставка

356 rows × 4 columns

Рисунок 5 – База данных семантических классов

Эта база данных также требует некоторых изменений, обусловленных необходимостью представления её в удобном для машинной обработки формате. Во-первых, можно заметить, что семантический класс «Объект» несёт в себе мало

полезной для анализатора информации: практически каждому слову можно формально приписать семантический класс «Объект», что, с большой вероятностью, и сделает в таком случае семантический анализатор. Следовательно, строки с таким семантическим классом было решено удалить из базы данных. После их удаления было проведено переиндексирование таблицы для удобства в дальнейшей работе с ней. Во-вторых, библиотека WordNet позволяет искать синонимы к данным словам, поэтому поиск синонимов к имеющимся названиям семантических классов значительно повысил бы эффективность поиска. Пример: вместо одного названия класса “строение” с помощью данной функции можно получить гораздо более подробное описание: “строение”, “постройка”, “корпус”, “здание”, “дом”. Расширенное описание позволяет подобрать для данного семантического класса как можно больше подходящих слов, являющихся гипонимами для любого из приведённых выше гиперонимов из расширенного списка. Итак, список возможных гиперонимов для каждого семантического класса был расширен, и полученная таблица представлена на рис. 6:



	Несовершенный вид	Совершенный вид	Значение	Семантика
0	возводить	возвести	Математическое	[степень, показатель]
1	возводить	возвести	Нематематическое	[постройка, строение, корпус, здание, дом]
2	возводить	возвести	Нематематическое	[часть, доля, порция, тела]
3	возводить	возвести	Нематематическое	[обвинение]
4	возводить	возвести	Нематематическое	[закономерность, закон]
...
223	убывать	убыть	Нематематическое	[положение, местоположение, площадь, место]
224	экспонировать	экспонировать	Математическое	[число, количество]
225	экспонировать	экспонировать	Математическое	[число, количество]
226	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	[искусство]
227	экспонировать	экспонировать	Нематематическое	[выставка]

228 rows x 4 columns

Рисунок 6 – Оптимизированная база данных семантических классов

Также в виде таблицы pandas была представлена база данных переводного словаря для английского языка (объявлена под именем English_table, рис. 7) и база данных переводного словаря для французского языка (объявлена под именем French_table, рис. 8):

```
[ ] english_table = pandas.read_excel('/content/Словарь валентностей_только значимые.xlsx', sheet_name='Перевод_английский')
```

```
english_table
```

	Несовершенный вид	Совершенный вид	Значение	Перевод
0	возводить	возвести	Математическое	raise
1	вписывать	вписать	Математическое	inscribe
2	выделять	выделить	Математическое1	express
3	выделять	выделить	Математическое2	complete
4	выкалывать	выколоть	Математическое	exclude
5	выносить	вынести	Математическое	factor out
6	вычитать	вычесть	Математическое	subtract
7	дифференцировать	дифференцировать	Математическое	differentiate
8	задавать	задать	Математическое	specify
9	заключать	заклчить	Математическое	enclose
10	замыкать	замкнуть	Математическое	close

Рисунок 7 – База данных переводного словаря для английского языка

```
[ ] french_table = pandas.read_excel('/content/Словарь валентностей_только значимые.xlsx', sheet_name='Перевод_французский')
```

```
french_table
```

	Несовершенный вид	Совершенный вид	Значение	Перевод
0	возводить	возвести	Математическое	élever
1	вписывать	вписать	Математическое	inscrire
2	выделять	выделить	Математическое1	déterminer
3	выделять	выделить	Математическое2	compléter
4	выкалывать	выколоть	Математическое	exclure
5	выносить	вынести	Математическое	mettre en facteur
6	вычитать	вычесть	Математическое	soustraire
7	дифференцировать	дифференцировать	Математическое	différencier
8	задавать	задать	Математическое	donner
9	заключать	заклчить	Математическое	placer
10	замыкать	замкнуть	Математическое	fermer

Рисунок 8 – База данных переводного словаря для французского языка

3.2. Функции в составе анализатора

На подготовительных этапах была составлена модельная база данных, необходимая для функционирования семантического анализатора, поэтому теперь возможно написание программы самого анализатора. Так как программа анализатора осуществляется на языке Python, она является совокупностью функций, которые, при верном порядке их запуска, обеспечивают выполнение

поставленных целей. Таким образом, можно рассмотреть устройство анализатора, проанализировав каждую из функций, входящих в него.

На вход анализатору поступает текст в любом формате – это может быть как непосредственно текстовый файл, так и размеченный текст, помещённый в файл формата `xlsx`. Текст разбивается на предложения, каждое из которых по порядку помещается в массив `sentences`.

С помощью библиотеки `natasha` происходит парсинг каждого предложения; так возникает разметка предложения, которая показывает связи зависимости между словами.

Функция `find_verbs` обеспечивает поиск всех глаголов внутри предложения. Этот процесс происходит с помощью библиотеки `rumorphy2`: для каждого токена находится его начальная форма, а затем одна из встроенных в библиотеку функций, обеспечивающая парсинг, находит часть речи данного токена. Если часть речи – глагол, то слово заносится в массив `verbs`.

Функция `find_dependents` обеспечивает поиск всех зависимых слов для всех глаголов внутри предложения. Используя разбор, произведённый с помощью библиотеки `natasha`, функция ищет все токены, у которых `id` зависимости совпадает с `id` данного глагола; поиск происходит только по существительным, местоимениям и предлогам. Таким образом внутри массива глагола возникает подмассив с информацией о его зависимых словах, в том числе с их падежом и частью речи. На этом этапе зависимые слова заносятся не в текстовом виде, а только лишь идентифицируются с помощью `id`.

Функция `find_prepositions` обеспечивает поиск всех предлогов для всех глаголов внутри предложения. Предлоги ищутся в массиве с зависимыми словами: если цикл встречает предлог, то его `id` выносится в отдельный подмассив и удаляется из подмассива зависимых слов. Это нужно для более быстрой и лёгкой работы анализатора – прямая доступность предлогов делает его более оперативным.

Функции `decipher_dependents` и `decipher_prepositions` расшифровывают зависимые слова и предлоги, до этого этапа хранящиеся в массиве только в виде `id`. Функции ищут слово по его `id` внутри результатов разбора парсинга и записывают в массив токен в его текстовой форме.

Функция `delete_id` удаляет из массива ставшие теперь ненужными `id`, оставляя лишь текстовую форму слов.

Функция `get_hyponyms_for_word` обеспечивает определение возможных семантических классов для каждого из зависимых слов. Она работает с помощью библиотеки `WikiWordnet`, одной из возможностей которой является поиск гиперонимов. Все синсеты, полученные для данного слова, заносятся в подмассив семантических классов.

Функция `find_sense` обеспечивает поиск значения для каждого глагола внутри предложения. Она является самой главной функцией анализатора и работает с помощью всех вышеописанных функций. Сначала происходит поиск глагола по базам данных `Valency_examples_table` или `Valency_semantics_table` (база данных зависимых слов и база данных семантических классов соответственно), в совершенном или несовершенном виде: если глагола был найден в базе, то он рассматривается анализатором, и ему в дальнейшем будет приписано математическое или нематематическое значение; если же глагола нет в базе, ему приписывается ярлык «Не определено», так как он не интересует анализатор по причине отсутствия в нём омонимии математического и нематематического значений. Далее с помощью описанных ранее функций для прошедших отбор глаголов определяются: зависимые слова, в том числе их грамматические признаки; семантические классы зависимых слов; предлоги. Когда глагол получил полный набор необходимой информации, он сравнивается с информацией в базах данных: например, если у глагола есть зависимое слово, которое наличествует в базе данных у того же глагола с математическим значением, исходному глаголу также приписывается математическое значение, и так далее. Подобный анализ происходит для каждого глагола, и результатом работы функции является глагол с

приписанным ему значением – математическим, нематематическим, или же меткой «Не определено».

Функции `find_english_translation` и `find_french_translation` обеспечивают поиск правильного перевода на английский или французский соответственно для глагола, значение которого уже определено. Функции ищут верный перевод в отдельных базах данных переводов `English_translation` и `French_translation` и возвращают его на выходе.

Эти несколько функций составляют семантический анализатор для определения математического и нематематического значений глагола и перевода их на английский и французский языки.

3.3. Вывод результатов

Результаты представляются в виде трёх таблиц. В первой таблице показан непосредственно результат определения значения глагола (рис. 9). В таблице отображается исходное предложение, глагол, его зависимые слова и найденное значение.

results				
	Предложение	Глагол	Зависимые слова	Значение
0	Я возвожу число в степень	возводить	[[число, NOUN, номн, []]]	Математическое
1	Я возвожу двойку в куб	возводить	[[двойка, NOUN, accs, []], [куб, NOUN, номн, [...	Математическое
2	Мама возвела на меня напраслину	возвести	[[мама, NOUN, номн, []], [напраслина, NOUN, ас...	Нематематическое
3	Нужно выделить полный квадрат	выделить	[[квадрат, NOUN, номн, []]]	Математическое2
4	Предприятие выделило участок под огород	выделить	[[предприятие, NOUN, номн, []], [участок, NOUN...	Нематематическое
5	Мальчик выколот глаз терновым кустом	выколоть	[[мальчик, NOUN, номн, []], [глаз, NOUN, gent,...	Нематематическое
6	На этом промежутке мы выкололи точку	выколоть	[[промежуток, NOUN, loc, [на]], [точка, NOUN,...	Математическое
7	Попробуй извлечь квадратный корень из 81	попробовать	[]	Не определено
8	Попробуй извлечь квадратный корень из 81	извлечь	[[корень, NOUN, номн, []]]	Математическое
9	Трудно извлекать пользу из этого	извлекать	[[польза, NOUN, accs, []]]	Нематематическое
10	Водоросли покрывают дно	покрывать	[[водоросль, NOUN, номн, []], [дно, NOUN, accs...	Нематематическое
11	Вокруг сферы описали квадрат	описать	[[сфера, NOUN, gent, [вокруг]], [квадрат, NOUN...	Математическое

Рисунок 9 – Результат определения значения глагола

Во второй таблице (рис. 10) выводится перевод всех глаголов в математическом значении на английский язык:

english_translation_results

	Предложение	Глагол	Значение	Перевод
0	Я возвожу число в степень	возводить	Математическое	raise
1	Я возвожу двойку в куб	возводить	Математическое	raise
3	Нужно выделить полный квадрат	выделить	Математическое2	complete
6	На этом промежутке мы выкололи точку	выколоть	Математическое	exclude
8	Попробуй извлечь квадратный корень из 81	извлечь	Математическое	extract
11	Вокруг сферы описали квадрат	описать	Математическое	describe

Рисунок 10 – Результат перевода на английский язык

Во третьей таблице (рис. 11) выводится перевод всех глаголов в математическом значении на французский язык:

french_translation_results

	Предложение	Глагол	Значение	Перевод
0	Я возвожу число в степень	возводить	Математическое	élever
1	Я возвожу двойку в куб	возводить	Математическое	élever
3	Нужно выделить полный квадрат	выделить	Математическое2	compléter
6	На этом промежутке мы выкололи точку	выколоть	Математическое	exclure
8	Попробуй извлечь квадратный корень из 81	извлечь	Математическое	extraire
11	Вокруг сферы описали квадрат	описать	Математическое	circonscrire

Рисунок 11 – Результат перевода на французский язык

В данном разделе рассматривается лишь один из возможных форматов вывода результатов работы семантического анализатора – также существует вывод с помощью текстового файла или таблицы. Сами результаты и их оценка представлены в следующей главе.

Итоговый, оптимизированный и дополненный вариант программы представлен в данной работе в Приложении В.

Глава 4. Результаты

4.1. Тестирование семантического анализатора

Тестирование семантического анализатора проводилось в два этапа. В обоих этапах использовались корпуса текстов [7, 15] с глагольно-предложными конструкциями со значением математических действий. Целью первого этапа тестирования была оценка ошибок, анализ причин их возникновения, нахождение возможных уязвимостей программы, а затем – последующая отладка семантического анализатора, основанная на сделанных выводах. После отладки семантического анализатора, заключающейся в дополнении базы данных и совершенствовании программы, был проведён второй этап тестирования, результаты которого можно считать итоговыми и наиболее показательными. Необходимо отметить, что в предыдущих главах данной работы база данных и семантический анализатор представлены уже в конечном виде.

В качестве источников материалов для тестирования были выбраны Национальный Корпус Русского Языка [7] и корпус Araneum Russicum Russicum Maius [15] на базе корпусного менеджера Sketch Engine. Большая часть подкорпуса для тестирования была взята из НКРЯ, так как именно этот корпус позволяет находить учебно-научные тексты с математической тематикой, что существенно упрощает процесс тестирования – глагольно-предложные конструкции с математическим значением крайне редки в языковых корпусах, и отдельного математического корпуса русского языка на данный момент не существует. В выбранных корпусах встречались как математические трактаты, так и прикладные задачи школьной программы, включая задачи математических кружков. Наибольшую часть входящих в выбранный подкорпус текстов можно отнести скорее к геометрии, чем к алгебре – это несколько затрудняло поиск примеров использования нескольких глаголов, относящихся исключительно к алгебраическим терминам. Однако получившаяся выборка обладает свойствами как полноты, так и репрезентативности [16].

Следует ещё раз отметить, что результатом разбора глагольно-предложной конструкции семантическим анализатором является одно из трёх значений, приписываемых глаголу: «Математическое», «Нематематическое» и «Не определено» (в случае, если глагол, встретившийся в предложении, отсутствует в базе данных и, таким образом, не является объектом данного исследования). В табл. 5 приведены примеры разбора анализатором нескольких предложений из корпуса НКРЯ (для наглядности результаты с ярлыком «Не определено» были удалены как не несущими смысловой нагрузки в данном исследовании).

Таблица 5 – Результаты тестирования семантического анализатора

Предложение	Глагол	Зависимые слова	Значение
Если точка инцидентна прямой, то говорят, что точка лежит на этой прямой, а прямая проходит через эту точку.	проходить	[['точка', 'NOUN', 'accs', ['через']]]	Математическое
Задача, очевидно, сводится к тому, чтобы вписать в круг прямоугольник с наибольшей площадью.	вписать	[['круг', 'NOUN', 'nomn', ['в']]]	Математическое
Если предпоследнее из этих выражений умножаем на $dx dz$ и потом интегрируем сначала в отношении к z от $z = 0$ до значения z , взятого из уравнения , а потом в отношении к x от $x = 0$ до $x = r$, и если умножаем вывод на 8, чтобы получить объем целого шара, то находим объем целого шара = , что для r очень малого дает , как в обыкновенной геометрии.	интегрируют	[['значение', 'NOUN', 'gent', ['до']], ['геометрия', 'NOUN', 'gent', ['в', '1_32', '1_34', '1_73']]]	Математическое
Если предпоследнее из этих выражений умножаем на $dx dz$ и потом интегрируем сначала в отношении к z от $z = 0$ до значения z , взятого из уравнения , а потом в отношении к x от $x = 0$ до $x = r$, и если умножаем вывод на 8, чтобы получить объем целого шара, то находим объем целого шара = , что для r очень малого дает , как в обыкновенной геометрии.	находить	[['объем', 'NOUN', 'nomn', []]]	Математическое

По замеченному в § 3 это вообще должно иметь место, когда при движении вершин А, А1 по кругам, описанным около центров С, С1 вершина М с точностью до 6-го порядка движется по прямой FG, или, что одно и то же, описывает дугу, имеющую соприкосновение 5-го порядка с этой линиейю.	описыв ать	[['точность', 'NOUN', 'ablt', ['c']], ['дуга', 'NOUN', 'accs', []]]	Матем атичес кое
Хорошее согласие получается для полноценного серебра: диаметр рубля относится к диаметру полтинника, как 33,5: 26,67=1,26, т.-е. теоретическому отношению <формула.	относи ться	[['диаметр', 'NOUN', 'nomn', []]]	Матем атичес кое
Переносим плоскости CD и АН, сохраняя их взаимное положение, на плоскости CD и GB.	перено сить	[['плоскость', 'NOUN', 'loct', []]]	Матем атичес кое1
Осознание невозможности решить любую задачу прямым вычислением привело к созданию в 19-м в. теоретико-множественной концепции.	привес ти	[['создание', 'NOUN', 'datv', ['в', '1_13']]]	Немате матиче ское
Понятие о числе как результате счета относится к временам доисторическим -- самые первобытные народы, которых открывали в джунглях Африки или Новой Гвинеи, не только не имевшие письменности, но находившиеся на самой низшей степени развития, всегда уже умели считать, по крайней мере небольшие числа.	относи ться	[['время', 'NOUN', 'datv', ['к']]]	Немате матиче ское
Понятие о числе как результате счета относится к временам доисторическим -- самые первобытные народы, которых открывали в джунглях Африки или Новой Гвинеи, не только не имевшие письменности, но находившиеся на самой низшей степени развития, всегда уже умели считать, по крайней мере небольшие числа.	считать	[['число', 'NOUN', 'gent', []]]	Матем атичес кое
Их надо извлечь из рассказа подобно тому, как извлекается мораль из житейской притчи.	извлеч ь	[['рассказ', 'NOUN', 'gent', ['из']]]	Немате матиче ское

Также на рис. 12 и 13 приведены переводы глаголов с математическим значением на английский и французский языки.

english_translation_results				
	Предложение	Глагол	Значение	Перевод
2	Если точка инцидентна прямой, то говорят, что ...	проходить	Математическое	pass
4	Задача, очевидно, сводится к тому, чтобы вписа...	вписать	Математическое	inscribe
6	Если предпоследнее из этих выражений умножаем ...	интегрировать	Математическое	integrate
9	Если предпоследнее из этих выражений умножаем ...	находить	Математическое	find
13	По замеченному в § 3 это вообще должно иметь м...	описывать	Математическое	describe
15	Хорошее согласие получается для полноценного с...	относиться	Математическое	be
17	Переносим плоскости CD и AH, сохраняя их взаим...	переносить	Математическое1	translate
23	Понятие о числе как результате счета относится...	считать	Математическое	count

Рисунок 12 – Перевод на английский язык

french_translation_results				
	Предложение	Глагол	Значение	Перевод
2	Если точка инцидентна прямой, то говорят, что ...	проходить	Математическое	passer
4	Задача, очевидно, сводится к тому, чтобы вписа...	вписать	Математическое	inscrire
6	Если предпоследнее из этих выражений умножаем ...	интегрировать	Математическое	intégrer
9	Если предпоследнее из этих выражений умножаем ...	находить	Математическое	trouver
13	По замеченному в § 3 это вообще должно иметь м...	описывать	Математическое	circonscrire
15	Хорошее согласие получается для полноценного с...	относиться	Математическое	se référer
17	Переносим плоскости CD и AH, сохраняя их взаим...	переносить	Математическое1	transférer
23	Понятие о числе как результате счета относится...	считать	Математическое	compter

Рисунок 13 – Перевод на французский язык

Тестирование встроенной в семантический анализатор функции перевода неизменно показывало правильность результатов и отсутствие погрешностей.

4.2. Оценка результатов

Оценка правильности разбора проводилась двумя экспертами: в качестве первого эксперта был привлечён математик, в качестве второго – филолог. Расхождений между мнениями экспертов практически не оказалось, поэтому оценки присвоенных значений, приведённые ниже, являются результатом их совместной работы.

Для первого этапа тестирования был взят подкорпус, состоящий из 200 предложений, в которые входили глаголы как с математическим, так и с

нематематическим значением. Количество правильных разборов – 161. Процент точности составил 80%.

После отладки семантического анализатора, дополнения базы данных и устранения уязвимостей программы был проведён второй этап тестирования. Для него были взяты два подкорпуса: первый состоял исключительно из глаголов с математическим значением, а второй – из глаголов с обоими типами значений.

Во первый подкорпус входило 144 глагола. Количество правильных разборов – 130. Процент точности без меток «Не определено» составил 90%. Процент точности с метками «Не определено» составил 96%.

Во второй подкорпус входило 156 глаголов. Количество правильных разборов – 130. Процент точности без меток «Не определено» составил 83%. Процент точности с метками «Не определено» составил 94%.

Точность перевода глаголов с математическим значением на английский и французский языки оставалась неизменной при любых входных данных.

Заключение

Результаты функционирования семантического анализатора, описанные в Главе 4, демонстрируют высокую точность работы программы. Как определение значения глагола, так и осуществление перевода его на английский и французский языки программа выполняет с точностью более 80%, что можно считать благоприятным для дальнейшего развития исследования результатом.

Таким образом, все задачи и все цели данного исследования были выполнены. Семантический анализатор, созданный в рамках данной работы, представляет собой не только прикладную, но и научную ценность, так как входящие в его состав базы данных валентностей и семантических классов можно считать полноценным словарём валентностей для глагольно-предложных конструкций со значением математических действий. Выбор верного перевода на иностранный язык позволяет использовать анализатор для научно-исследовательской работы, а снижение количества ошибок при автоматическом переводе математических текстов является вкладом в развитие искусственного интеллекта. Высокая точность результатов позволяет использовать семантический анализатор для прикладных задач.

Конечно же, созданная программа имеет ряд уязвимостей, и для их устранения в будущем требуется регулярные отладка и совершенствование анализатора, состоящие в тестирование входящих в него модулей на математических текстах из разнообразных источников, а затем – дополнение баз данных и оптимизация программы.

В дальнейшей перспективе планируется расширение набора языков, поддерживаемых модулем перевода, с целью обеспечения универсальности программы. Интересной задачей представляется также создание аналогичного анализатора для других областей науки с высокой вероятностью омонимии терминов: например, медицины или геологии. Конечной целью является создание отдельной программы искусственного интеллекта на основе разработанного

анализатора – это существенно расширило бы возможности межъязыковой коммуникации в научной среде.

Список литературы

1. Захаров В. П., Боярский К. К., Головина А. В., Козлова А. Д. Semantic Analysis of Russian Prepositional Constructions. – Recent Advances in Slavonic Natural Language Processing, 2020. – с. 103-112.
2. Учебный русско-английский математический словарь / Е.Н. Лапузина, А.И. Лобода, Ю.А. Романов, Е.А. Романова. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2016. – 184 с.
3. Google Переводчик [Электронный ресурс]: сайт онлайн-переводчика. – Режим доступа: <https://translate.google.com/>.
4. Яндекс Переводчик [Электронный ресурс]: сайт онлайн-переводчика. – Режим доступа: <https://translate.yandex.ru/>.
5. Hanks, P. Lexical analysis. Norms and Exploitations. London, 2013.
6. Herbst, T. A Valency Dictionary of English: A Corpus-Based Analysis of the Complementation Patterns of English Verbs, Nouns and Adjectives. / Thomas Herbst, David Heath, Ian F. Roe, Dieter Götz (eds.). Berlin, 2004.
7. Национальный Корпус Русского Языка [Электронный ресурс]: сайт проекта. – Режим доступа: <https://ruscorpora.ru/>.
8. Математический словарь / Ю. Я. Каазик. – Москва: Физматлит, 2007. – 334 с.
9. Математический энциклопедический словарь. / Гл. ред. Ю. В. Прохоров; Ред. кол.: С. И. Адян, Н. С. Бахвалов, В. И. Битюцков, А. П. Ершов, Л. Д. Кудрявцев, А. Л. Онищик, А. П. Юшкевич. – М.: Сов. Энциклопедия, 1988. – 847 с., ил.
10. Азарова И. В., Захаров В. П. Prepositional Grammar Component for Syntactical and Lexical Disambiguation in Russian Based on Corpus Statistics. – Nordsci Conference on Social Sciences, 2019. – с. 173-180.
11. Захаров В. П., Азарова И. В. Semantic Structure of Russian Prepositional Constructions. Lecture Notes in Computer Science, 2019, 11697. – с. 224-235.
12. Москвина А. Д., Еникеева Е. В., Захаров В. П. Разработка базы данных по семантике русских предлогов. – Компьютерная лингвистика и вычислительные онтологии, 2019, 3. – с. 106-115

13. Золотова Г.А. Синтаксический словарь. М.: Едиториал УРСС, 2006. – 450 с.
14. Когут В. И. Dictionnaire des difficultés de la langue française: Orthographe, explication, difficultés, emploi = Большой словарь трудностей французского языка: Правописание, объяснение, трудности, ловушки, употребление. – СПб.: Издательство «Антология», 2019. – 864 с.
15. Sketch Engine (Araneum Russicum Russicum Maius) [Электронный ресурс]: корпусный менеджер. – Режим доступа: https://app.sketchengine.eu/#dashboard?corpname=preloaded%2Fru_araneum_maius_ru.
16. Baisa, V. Software and Data for Corpus Pattern Analysis / Vit Baisa, Ismaile El Maarouf, Pavel Rychly, Adam Rambousek // In Proceedings of the Ninth Workshop on Recent Advances in Slavonic Natural Language Processing. Brno, 2015. pp. 75-86.

Приложение А

Таблица со значениями глаголов, входящих в глагольно-предложные конструкции со значением математических действий

Слово	Математическое значение	Нематематическое значение
абстрагировать	произвести мысленное отвлечение, представляющее собой существенную составную часть мыслительной деятельности, направленной на формирование основных математических понятий	мысленно отвлекаясь от каких-либо признаков, свойств, связей предмета или явления, выделять его основные закономерные признаки, свойства и связи; рассматривать что-либо в отвлечении от его несущественных сторон, признаков
анализировать	вести рассуждение от доказуемого утверждения или исследуемого объекта к основным понятиям и аксиомам	производить анализ
аппроксимировать	1) заменять одни математические объекты другими, в том или ином смысле близкими к исходным 2) приближать	приближать
векторизовать	преобразовать матрицу в вектор столбцов	обозначить направление
возводить	находить произведение одинаковых множителей	1) ставить на возвышение 2) поднимать, устремлять вверх 3) сооружать, строить 4) удостоить высокого положения, звания и т.п. 5) придавать особое значение чему-либо, поднимать до уровня чего-либо 6) приписывать кому-либо что-либо (обычно неблагоприятное)
возрастать	обладать свойством следствия неравенства $f(x) < f(y)$ из условия $x < y$ в рассматриваемой области	увеличиваться в размерах, количестве, объёме, силе, значении и т.п.; вырастать
вписывать	1) расположить все вершины на фиксированной дуге данной кривой так, чтобы концы этой дуги также являлись вершинами ломаной линии 2) расположить окружность так, чтобы она касалась каждой	1) вставлять что-либо дополнительно в уже написанный текст; делать вставку, приписку между или около написанного, напечатанного 2) делать запись (в тетради, журнале и т.п.); вносить, включать в список, в ведомость и т.п. кого-либо, что-либо 3) <i>вписать новую страницу</i>

	<p>стороны данного выпуклого многоугольник</p> <p>3) расположить многогранную поверхность так, чтобы все рёбра являлись хордами данной поверхности</p> <p>4) расположить внутри замкнутой кривой [окружности] так, чтобы все вершины вписанной фигуры лежали на замкнутой кривой [окружности]</p> <p>5) расположить угол так, чтобы вершина лежала на данной плоской кривой, а стороны являлись продолжениями хорд этой кривой</p>	
выделять	<p>1) определить целочисленный результат деления</p> <p>2) представить заданный трёхчлен в виде суммы или разности квадрата двучлена и некоторого числового или буквенного выражения</p>	<p>1) обособить, отделить от общего, целого; вычленить</p> <p>2) отдать, предоставить в чьё-либо пользование, распоряжение, владение</p> <p>3) отметить, отличить каким-либо способом, подчеркнуть</p> <p>4) вывести наружу, удалить (из организма, из своего состава)</p>
выколоть	исключить точку из промежутка	<p>1) проткнуть острием</p> <p>2) прокалывая чем-либо острым, нанести какой-либо узор, рисунок и т.п.</p> <p>3) вырубить из массы чего-либо</p> <p>4) <i>хоть глаз выколи</i></p>
выносить	представить алгебраическую сумму произведений в виде произведения с использованием дистрибутивности умножения относительно сложения/вычитания	<p>1) неся, удалять откуда-либо, доставлять куда-либо</p> <p>2) увлекая за собой, выбрасывать, выкидывать, приносить куда-либо (течением, ветром и т.п.).</p> <p>3) выдвигать вперёд; помещать, располагать каким-либо образом, где-либо</p> <p>4) предлагать, представлять для ознакомления, обсуждения, рассмотрения</p> <p>5) вытерпеть, выдержать</p> <p>6) получать, приобретать в результате наблюдения, ознакомления с чем-либо, изучения чего-либо и т.п.</p> <p>7) приняв (в результате рассмотрения, обсуждения) какое-либо решение, объявлять о нём</p> <p>8) обдумывать до полной ясности, зрелости</p> <p>9) родить, пронесив ребёнка нормальный срок</p>

		<p>10) приводить в ветхость, негодность от длительной носки; изнашивать</p> <p>11) обладать приспособленностью к чему-либо, способностью выдерживать что-либо</p> <p>12) <i>не выносить</i></p> <p>13) <i>хоть святых выноси</i></p> <p>14) <i>выносить сор из избы</i></p> <p>15) <i>кривая вынесет</i></p>
выполнять	<p>1) производить действия с целью замены исходного выражения на выражение, которое будет тождественно равным исходному</p> <p>2) обеспечить условия, при которых величины имеют одинаковое значение или выражения представляют один и тот же математический объект</p> <p>3) обеспечить условия, при которых величины имеют разные значения или выражения представляют разные математические объекты</p>	<p>1) осуществлять, совершать (задуманное, порученное)</p> <p>2) изготавливать, составлять, делать</p>
вычислять	проводить арифметические операции над числами	<p>1) обрабатывать числовую информацию ручным или машинным способом</p> <p>2) правильно определять, рассчитывать, понимать и т.п. с помощью умозаключений, анализа, сопоставлений и т.п.</p>
вычитать	находить одно из слагаемых с (разности) по данной сумме а (уменьшаемому) и другому слагаемому b (вычитаемому)	<p>1) удерживать часть денег, предназначенных к выдаче</p> <p>2) читая, узнать</p> <p>3) читая, выправить, проверить текст (готовящийся к печати или напечатанный)</p>
делить	находить одно из сомножителей с (частного или отношения) по данному произведению а (делимому) и другому сомножителю b (делителю)	<p>1) разъединять на части, распределять по частям; разграничивать</p> <p>2) предоставлять, давать кому-либо часть чего-либо своего; совместно пользоваться чем-либо</p> <p>3) производить раздел, распределение чего-либо, давая, предназначая каждому часть</p> <p>4) <i>делить нечего</i></p> <p>5) <i>делить шкуру неубитого медведя</i></p>
детерминировать	определять	осуществлять детерминацию

дифференцировать	производить операцию отыскания производной	проводить дифференциацию при рассмотрении, изучении чего-либо
доказать	обосновать истинность теоремы как импликации либо путём построения отрывка вывода, начинающегося условием и заканчивающегося заключением теоремы, либо путём просмотра некоторых случаев, исчерпывающих все возможности	подтверждать истинность, правильность чего-либо фактами, доводами
зависеть	принимать значения, соответствующие значениям другой величины	1) быть связанным в своих действиях, мыслях и т.п. чужой волей, влиянием; иметь нужду в чьей-либо помощи, содействии 2) быть следствием чего-либо, быть обусловленным какими-либо причинами, обстоятельствами и т.п.
здать	1) указать правило, которое обеспечивает зависимость функции y от аргумента 2) определить значение независимой переменной	1) предложить для исполнения, разрешения, поручить что-либо сделать 2) указать, назначить, определить 3) устроить, дать, организовать (обычно что-либо грандиозное, великолепное) 4) причинить, вызвать что-либо неприятное 5) стремительно убежать, отступить 6) дать, положить (корм для скота) 7) <i>здать пару</i>
заключат	поставить слева и справа от выражения скобки	1) лишать свободы, помещая под арест, под надзор и т.п. 2) помещать внутрь чего-либо 3) заканчивать, завершать 4) делать вывод, строить умозаключение 5) официально условившись, договорившись о чём-либо, принимать соглашение, условие и т.п. 6) иметь в своём составе, содержать
замкнуть	1) соединить концы линии друг с другом 2) определить минимально возможное (то есть не содержащее других подобных) расширение заданного множества, в котором любое применение этих операций к элементам такого расширения не выходит за его пределы	1) закрыть на замок, на ключ; запретить 2) соединить крайние части, концы чего-либо; сомкнуть 3) идти, ехать последним, находиться в конце шествия, колонны и т.п.

извлека ть	находить основание степени по данной степени и показателю степени	1) вынуть, вытащить, достать откуда-либо 2) вызвать, заставить появиться 3) выделить, добыть из чего-либо путём обработки 4) выбрать из чего-либо (сведения, данные и т. п.)
изолиро вать	определить такую точку множества, пересечение некоторой окрестности этой точки с множеством состоит только из этой точки	1) обособлять, отделять от окружающей среды, обстановки 2) защищать источник, проводник какой-либо энергии оболочкой, покровом и т.п. в каких-либо технических целях
интегри ровать	производить операцию отыскания неопределённого интеграла	объединять части, стороны чего-либо в одно целое
интерпо лирова ть	приблизённо или точно находить какую-либо величину по известным отдельным значениям этой же или других величин, связанных с ней	произвольно или случайно вставлять в текст при переписке или в процессе редактирования
исследо вать	установить свойства функции	1) подвергать научному рассмотрению 2) тщательно осматривать для выяснения, установления чего-либо
исходит ь	иметь начало в вершине угла	1) ходя, побывать во многих местах 2) выходить откуда-либо 3) выделяясь откуда-либо, распространяться (о звуках, запахах, тепле, дыме и т.п.) 4) выделять что-либо в большом количестве 5) брать что-либо за основу 6) осуществить доказательство тезиса через опровержение отрицания этого тезиса
итериро вать	повторно применять какую-либо математическую операцию	повторять, заикливать
касатьс я	иметь в точке касания общую касательную [касательную плоскость]	1) дотрагиваться до кого-либо, чего-либо, прикасаться к кому-либо, чему-либо 2) затрагивать (в разговоре, изложении) какой-либо вопрос, какую-либо тему 3) иметь отношение, относиться к кому-либо, чему-либо 4) <i>дело касается кого-либо, чего-либо</i> 5) <i>что касается кого-либо, чего-либо</i>
комбин ировать	1) включить в уравнение несколько функций 2) включить в неравенство несколько функций 3) составлять из элементов возможные наборы – сочетания, размещения, перестановки	1) сочетать, соединять в определённых соотношениях, располагать в определённом порядке 2) строить, осуществлять комбинации
коммут ировать	обладать свойством перестановочности	переставлять, переключать

лежать	принадлежать, находиться на [в]	<ol style="list-style-type: none"> 1) находиться в горизонтальном положении, быть распростёртым всем телом на чём-либо (о людях и некоторых животных) 2) находиться, быть помещённым на какой-либо горизонтальной поверхности (о предметах) 3) покрывать собой что-либо, какую-либо поверхность 4) находиться, помещаться 5) занимать какое-либо пространство, простираться, быть расположенным где-либо 6) располагаться тем или иным образом на поверхности чего-либо 7) составлять чью-либо обязанность, долг, занятие и т.п. 8) иметься где-либо; содержаться, заключаться в чём-либо 9) быть предметом затаённых забот, постоянной тревоги, размышлений и т.п. 10) <i>лежать в основе</i> 11) <i>лежать в развалинах</i> 12) <i>лежать на боку (на печи)</i> 13) <i>лежать под сукном</i> 14) <i>плохо лежит что-либо</i> 15) <i>душа/сердце не лежит к кому-либо, чему-либо</i>
логарифмировать	находить показатель степени по данной степени и основанию степени	
максимизировать	находить максимум и/или точки максимума данной функции	делать процесс чего-либо максимальным; сводить до максимума
минимизировать	находить минимум и/или точки минимума данной функции	делать процесс чего-либо минимальным; сводить до минимума
моделировать	заменять реальный объект, процесс или систему их математической моделью, более удобной для экспериментального исследования	<ol style="list-style-type: none"> 1) изготавливать модель чего-либо 2) обрабатывать поверхность картины, будущей скульптуры с целью создания пластической связности отдельных частей
накладывать	отображать фигуру на плоскость	<ol style="list-style-type: none"> 1) класть сверху, поверх чего-либо 2) положив на какую-либо часть тела, закреплять 3) покрывать сверху слоем чего-либо 4) ставить какой-либо знак, метку, сделать отпечаток чего-либо 5) кладя, наполнять чем-либо 6) класть в каком-либо количестве 7) подвергать тому, что выражено отвлечённым существительным 8) <i>наложить свою печать (отпечаток) на что-либо</i> 9) <i>наложить в штаны</i>

		<p>10) <i>наложить полные штаны (со страху, от страха)</i></p> <p>11) <i>наложить лапу (руку)</i></p> <p>12) <i>наложить на себя руки</i></p> <p>13) <i>наложить шов</i></p>
направить	<p>1) определить одну граничную точку отрезка началом, а другую – концом, то есть преобразовать отрезок в вектор</p> <p>2) расположить вектор так, чтобы он был параллелен прямой или лежал на ней</p> <p>3) определить одну граничную точку ребра началом, а другую – концом</p>	<p>1) дать, придать, указать и т.п. какое-либо направление</p> <p>2) повернуть что-либо в сторону кого-либо, чего-либо; навести</p> <p>3) дать назначение, послать, отправить куда-либо</p> <p>4) руководить, указывая правильное направление в работе, деятельности и т.п.</p> <p>5) сосредоточить на ком-либо, чём-либо, обратиться к кому-либо, чему-либо, против кого-либо, чего-либо</p> <p>6) сделать пригодным для пользования, употребления (инструмент, машину и т.п.); наладить</p>
находить	<p>1) обозначить область, на которой существуют координаты функции</p> <p>2) найти все значения аргумента, при которых выражения слева и справа от знака равенства [неравенства] становятся эквивалентными</p> <p>3) получить численный результат после выполнения всех действий, в том числе подстановки численного эквивалента аргумента</p>	<p>1) в результате поисков обнаруживать, отыскивать кого-либо, что-либо</p> <p>2) в результате размышлений придумывать, подбирать</p> <p>3) заставить, видеть, встречать кого-либо, что-либо, где-либо</p> <p>4) получать, обретать</p> <p>5) приходиться к какому-либо выводу, заключению; считать, признавать что-либо каким-либо</p> <p>6) идя, двигаясь, наталкиваться, наскокивать на кого-либо, что-либо</p> <p>7) надвинувшись, закрывать, застилать собой</p> <p>8) приходиться, начинаться</p> <p>9) овладевать кем-либо, охватывать кого-либо (о каком-либо чувстве, состоянии)</p> <p>10) приходиться, собираться в каком-либо (обычно большом) количестве</p> <p>11) пешком проходить какое-либо расстояние, делать какое-либо количество шагов</p> <p>12) ходьбой причинять себе что-либо (обычно плохое)</p> <p>13) <i>найти общий язык</i></p> <p>14) <i>найти себя</i></p> <p>15) <i>найти смерть, могилу, конец и т.д.</i></p> <p>16) <i>нашёл (нашли) дурака</i></p> <p>17) <i>концов не найти</i></p> <p>18) <i>не находить (себе) места</i></p> <p>19) <i>не находить слов</i></p> <p>20) <i>нашла коса на камень</i></p>

объединить	определить множество $M_1 \cup M_2$, состоящее из всех элементов объединяемых множеств M_1 и M_2	<ol style="list-style-type: none"> 1) соединить, образовав единство, одно целое 2) установить тесную связь, единство, достичь единодушия с кем-либо; сплотить
ограничивать	<ol style="list-style-type: none"> 1) расположить значения функции на конечном промежутке 2) расположить элементы множества на конечном промежутке 3) расположить элементы последовательности на конечном промежутке 	<ol style="list-style-type: none"> 1) ставить в какие-либо границы, рамки; стеснить какими-либо условиями 2) отделяя, отгораживая, являться границей, пределом чего-либо
опираться	образовывать в результате пересечения двух определяющих угол лучей и прямой отрезок	<ol style="list-style-type: none"> 1) прислоняться к кому-либо, чему-либо, налегать на кого-либо, что-либо, переносить на него часть тяжести своего тела 2) лежать всей тяжестью на чём-либо (что является опорой, основанием чего-либо) 3) находить себе поддержку в ком-либо 4) пользоваться чем-либо в качестве основы или отправной точки (рассуждений, деятельности и т.п.)
описывать	<ol style="list-style-type: none"> 1) расположить окружность так, чтобы на ней были расположены все вершины данного выпуклого многоугольника 2) расположить многоугольник так, чтобы каждая его сторона (или её продолжение) касалась данной замкнутой кривой [окружности] 3) образовать угол двумя касательными к данной окружности 	<ol style="list-style-type: none"> 1) рассказывать о ком-либо, чём-либо в письменной или устной форме, изображать средствами языка 2) излагать сведения об особенностях, признаках, составе чего-либо 3) составлять полный перечень вещей, бумаг и т.п. с целью учёта 4) совершать движение, перемещаться по кривой, кругу, дуге 5) испускать мочу (обычно о детях)
определять	раскрыть содержание понятия путём сведения его к ранее известным понятиям	<ol style="list-style-type: none"> 1) устанавливать с точностью, выяснять что-либо неизвестное, неясное 2) разбираться в чём-либо, решать для себя что-либо 3) раскрывать содержание, сущность чего-либо (явления, понятия и т.п.) и давать его характеристику 4) устанавливать, назначать 5) помещать, устраивать, назначать куда-либо (для пребывания где-либо, какой-либо деятельности и т.п.)

		б) служить причиной чего-либо, вызывать что-либо; обуславливать
оптимизировать	отыскать такое решение рассматриваемой задачи, которое даёт экстремальное значение некоторому функционалу (целевой функции), т.е. окажется точкой экстремума этого функционала	осуществлять оптимизацию
ориентировать	1) определить направление поворота на плоскости 2) сделать каждое ребро графа упорядоченной парой вершин	1) давать возможность определить своё положение на местности или направление своего движения 2) быть расположенным, простирается в каком-либо направлении 3) помогать кому-либо разобраться в чём-либо 4) ставить перед кем-либо, чем-либо определённую цель, задачу; указывать кому-либо направление дальнейшей деятельности
ортономировать	1) привести к перпендикулярности 2) определить ортогональную систему, в которой норма каждого элемента [длина вектора] равна единице	
отклоняться	иметь разность $X - a$ между случайной величиной X и фиксированным числом a как случайную величину	1) перемещаться, сдвигаться, наклоняться в сторону или под углом к прежнему положению 2) двигаясь, перемещаться в сторону от первоначального направления; уклоняться, отходить 3) переходить к другому, прервав начатое; отвлекаться
относиться	иметь взаимную связь с величиной, выражаемую как частное от деления этой величины на исходную	1) иметь отношение к кому-либо, чему-либо, касаться кого-либо, чего-либо; быть обращённым к кому-либо 2) находиться в каком-либо соответствии, соотношении с чем-либо 3) входить в состав, в разряд, в число кого-либо, чего-либо 4) составлять своё представление о ком-либо, чём-либо; вести себя, встречать, принимать что-либо каким-либо образом
отсекать	образовывать отдельный сегмент в результате пересечения	1) отделять одним ударом режущего орудия; отрубать 2) отделять, лишив возможности связи; отрезать 3) устранять, отбрасывать, удалив что-либо ненужное

оценить	<ol style="list-style-type: none"> 1) указать числовое множество, содержащее все значения, которое это выражение принимает на множестве X 2) обозначить статистику наблюдений над случайной величиной X, с помощью которой судят о значении параметра 	<ol style="list-style-type: none"> 1) назначить цену кому-либо, чему-либо, определить стоимость чего-либо 2) определить качество, уровень чего-либо, дать оценку чему-либо 3) признать ценность, достоинства, значительность
переносить	<ol style="list-style-type: none"> 1) добавить слагаемое (вычитаемое) в более старший (соседний слева) разряд 2) переместить все точки пространства в одном и том же направлении на одно и то же расстояние 	<ol style="list-style-type: none"> 1) неся, перемещать через какое-либо пространство или через какое-либо препятствие, преграду 2) неся, перемещать из одного места в другое, доставлять куда-либо 3) изменять местонахождение чего-либо, перемещать в другое место 4) направлять на что-либо другое, переключать с одного на другое 5) назначать на другое время 6) помещать какой-либо текст или часть текста в другом месте 7) воспроизведя что-либо графически, изображать, обозначать в другом месте 8) передавать, пересказывать кому-либо что-либо услышанное, узнанное 9) испытать, изведывать что-либо неприятное, тяжёлое, болезнь и т.п. 10) очень не любить, не выносить (с отрицанием) 11) принести, отнести в несколько приёмов, постепенно 12) износить много чего-либо (одежды, обуви). 13) проносить ребёнка дольше обычного срока (о беременной).
пересекать	<ol style="list-style-type: none"> 1) определить множество $M_1 \cap M_2$, состоящее из всех элементов, принадлежащих как множеству M_1, так и множеству M_2 2) образовывать прямую, состоящую из общих точек двух плоскостей 3) иметь точно одну общую точку 	<ol style="list-style-type: none"> 1) рассекать надвое 2) переходить, переезжать что-либо поперёк 3) преграждать, перерезать (путь, дорогу) 4) наказывать розгами, высекать всех, многих 5) иметь точки соприкосновения, накладываться друг на друга, совпадать в чём-либо 6) лично встречаться, общаться с кем-либо или друг с другом
подставлять	преобразовать выражение [формулу] путём замены некоторой переменной во всех её вхождениях на фиксированное выражение	<ol style="list-style-type: none"> 1) ставить подо что-либо, помещать под чем-либо 2) помещать близко к кому-либо, чему-либо, приставлять к кому-либо, чему-либо 3) приближая, выдвигая вперёд, делать доступным, предоставить для чего-либо 4) ставить взамен, заменять, замещать чем-либо

		5) своими действиями, советами ставить кого-либо в неловкое, глупое положение или делать кого-либо ответственным за слова, поступки других
покрывать	<ol style="list-style-type: none"> 1) содержать в объединении заданное множество 2) являться под деревом на всех вершинах графа 	<ol style="list-style-type: none"> 1) закрывать чем-либо, положенным сверху, накрывать собой 2) наносить, накладывать на поверхность слой чего-либо 3) устилать собой какую-либо поверхность 4) выступать, появляться (на лице, теле и т.п.), придавая какую-либо окраску 5) заглушать, превзойдя по силе (о звуках) 6) возмещать что-либо истраченное, израсходованное 7) помогать скрыть чей-либо проступок, преступление, укрывать виновного в чём-либо 8) преодолевать какое-либо расстояние 9) в карточной игре: класть карту более высокого достоинства, чем та, с которой пошли 10) обругивать, выругивать (обычно грубой бранью) 11) оплодотворять (о животных) 12) <i>покрыть позором (презрением, стыдом и т.п.)</i> 13) <i>покрыть славой (лаврами)</i> 14) <i>покрыто мраком неизвестности</i>
преобразовать	<ol style="list-style-type: none"> 1) представить выражение [формулу] в эквивалентной, но отличной по внешнему виду форме 2) произвести биекцию множества на это же множество 3) перейти от одной системы координат к другой 	<ol style="list-style-type: none"> 1) вносить коренные изменения во что-либо, переделывать, перестраивать 2) перестраивая, изменяя, превращать во что-либо, делать чем-либо другим
прерываться	иметь разрывы, то есть при малом изменении аргумента принимать большие значения функции	<ol style="list-style-type: none"> 1) внезапно прекращаться, приостанавливаться 2) оканчиваться или образовывать разрыв в каком-либо месте
приближать	находить для данной функции f функции g из некоторого определённого класса (например, среди алгебраических многочленов заданной степени), в том или ином смысле близкой к f , дающей её приближённое представление	<ol style="list-style-type: none"> 1) придвигать близко к кому-либо, чему-либо; помещать, располагать близко или ближе к чему-либо 2) делать более близким по времени, ускорять наступление чего-либо 3) допускать к близкому общению с собой 4) делать близким, отвечающим интересам, потребностям кого-либо, чего-либо, непосредственно связывать с кем-либо, чем-либо 5) делать похожим на что-либо, соответствующим чему-либо 6) увеличивая, делать близким для рассматривания, наблюдения (об оптических приборах)

приводить	<ol style="list-style-type: none"> 1) умножить числители и знаменатели рассматриваемых дробей на подходящие дополнительные множители, для того чтобы получаемые дроби имели одинаковые знаменатели 2) доказывать от противного 3) преобразовать многочлен в эквивалентную форму путём сложения коэффициентов свободных членов 	<ol style="list-style-type: none"> 1) веда, доставлять, помогать прийти куда-либо 2) служить путём куда-либо 3) служить причиной, поводом для прихода, приезда куда-либо 4) заставлять, побуждать прийти к какому-либо выводу, решению и т.п. 5) заставлять испытать какое-либо чувство, прийти в какое-либо состояние 6) делать, производить или заставлять сделать то, что выражено существительным 7) придавать какой-либо вид, доводить до какого-либо состояния, положения 8) влечь за собой, вызывать какое-либо последствие, результат 9) сообщать что-либо в подкрепление своего мнения, ссылаться на что-либо, цитировать что-либо 10) <i>привести в себя (в сознание, в чувство)</i> 11) <i>не приведи Бог (Боже, Господь, Господи)</i> 12) <i>приведёт Бог (Господь), приведёт судьба (случай)</i>
принадлежать	иметь свойство быть одним из элементов рассматриваемого множества M	<ol style="list-style-type: none"> 1) находиться в чьей-либо собственности, в чьём-либо владении 2) являться чьим-либо творением, произведением, исходить от кого-либо, чего-либо (об идее, мысли и т.п.) 3) быть свойственным, присущим 4) быть выполняемым, осуществляемым кем-либо 5) входить в состав, группу, число кого-либо, чего-либо 6) относиться к какому-либо периоду времени 7) быть частью чего-либо (о территории, области, населённом пункте и т.п.)
присоединять	являться матрицей, составленной из алгебраических дополнений для соответствующих элементов транспонированной матрицы	<ol style="list-style-type: none"> 1) прикрепив к чему-либо, соединив с чем-либо, включать; подключать 2) соединять что-либо с чем-либо другим, основным, прибавить что-либо к чему-либо 3) причислять к кому-либо, чему-либо, включать в число, в состав кого-либо, чего-либо
прогрессировать	обладать свойством последовательности, заключающимся в том, что каждый последующий элемент получается из предыдущего по некоторому фиксированному правилу	<ol style="list-style-type: none"> 1) постепенно усиливаться, увеличиваться 2) совершенствоваться, идти по пути прогресса
продолжить	определить прямую, на которой расположен рассматриваемый отрезок	<ol style="list-style-type: none"> 1) возобновить то, что начато, после некоторого перерыва 2) делать что-либо дальше, не прекращая начатого

		3) не переставать действовать в том же направлении
проецировать	определить множество точек пересечения прямых (проектирующих лучей), проходящих через все точки рассматриваемой фигуры, с фиксированной плоскостью (плоскостью проекции, или экраном)	передавать на экран проекцию, изображение неподвижных объектов
проходить	иметь общие координаты с данной точкой	<ol style="list-style-type: none"> 1) идя, совершать путь мимо кого-либо, чего-либо, куда-либо или где-либо 2) преодолевать какое-либо пространство, расстояние (ходьбой, передвижением на каком-либо транспорте; о самом транспорте) 3) идя, перемещаться, следовать мимо кого-либо, чего-либо; идя, миновать, оставлять в стороне или позади 4) звучать, распространяться, прокатываться (о шуме, криках, слухах и т.п.) 5) продвигаться, пробиваться, просачиваться и т.п. через что-либо, сквозь что-либо; оказываться где-либо 6) выпадать (о снеге, дожде, граде) 7) появляться на короткое время (о состоянии, ощущении и т.п.) 8) являться, представлять в своей последовательности в воображении кого-либо 9) пролегать, протягиваться в каком-либо направлении (о дороге, туннеле и т.п.) 10) становиться присутствующим, повторяющимся на всём протяжении чего-либо 11) оказываться принятым, зачисленным, избранным в результате голосования, отбора и т.п. 12) подвергать какой-либо обработке, какому-либо воздействию поверхность чего-либо 13) подвергаться чему-либо, испытывать, переживать; претерпевать что-либо 14) протекать, миновать (о времени, событиях, чувствах и т.п.); прекратиться, кончиться 15) протекать, завершаться каким-либо образом, с каким-либо результатом, последствиями 16) изучать что-либо 17) регулярно происходить, иметь место где-либо 18) ходить в течение какого-либо времени, срока (обычно каким-либо образом, в каком-либо виде) 19) <i>проходить огонь и воду (и медные трубы)</i> 20) <i>проходить в жизнь</i> 21) <i>проходить между рук</i> 22) <i>проходить через чьи-либо руки</i>

		23) <i>проходить красной нитью</i>
равнять ся	(для объектов) иметь свойство быть одинаковыми по всем рассматриваемым признакам	<ol style="list-style-type: none"> 1) считать себя равным, равноценным кому-либо, приравнивать себя к кому-либо 2) следовать чьему-либо примеру 3) становиться по прямой линии в строю; выравнивать, выпрямлять строй
разбить	<ol style="list-style-type: none"> 1) представить множество в виде объединения некоторого дизъюнктивного семейства его подмножеств 2) определить набор точек, осуществляющих разбиение отрезка [дуги] на интервалы [части дуги] 	<ol style="list-style-type: none"> 1) ударом (ударами) нарушить целостность чего-либо; расколоть на куски, раздробить 2) повредить ударом, ушибом (какую-либо часть тела) 3) привести в негодность, в плохое состояние (длительным или небрежным употреблением, неблагоприятным физическим воздействием и т.п.) 4) нанести поражение, победить 5) помешать осуществлению чего-либо, разрушить, уничтожить, погубить 6) опровергнуть, доказать ошибочность, несостоятельность чего-либо 7) разделить на части; распределить 8) устроить, соорудить; расположить 9) отделить промежутками, увеличить расстояние между чем-либо 10) ударами расплющить, размять, растянуть 11) <i>лёд разбит</i>
расклады вать	<ol style="list-style-type: none"> 1) представить вектор в виде линейной комбинации заданных [базисных] векторов 2) представить целое число [многочлен] в виде произведения не менее двух множителей 3) представить правильную дробь в виде суммы простейших дробей 	<ol style="list-style-type: none"> 1) размещать, класть отдельно одно от другого 2) класть, распластав или распрямив 3) сложив горючий материал, зажигать, заставляя разгореться 4) распределять между кем-либо, чем-либо 5) разделять на составные части, элементы 6) доводить до полного морального падения, расстройства, упадка 7) <i>раскладывать по полочкам</i>
раскрыв ать	<ol style="list-style-type: none"> 1) вычислить пределы функций, заданных выражениями, являющимися неопределённостями некоторого вида 2) представить произведение многочленов в виде суммы, используя дистрибутивность умножения 	<ol style="list-style-type: none"> 1) открывать что-либо закрытое, делать доступным внутреннее содержание чего-либо 2) разъединять, раздвигать, размыкать что-либо соединённое, сложенное 3) сняв покров с кого-либо, чего-либо, делать открытым скрытое 4) обнаруживать, делать известным, общедоступным, объяснять (что-либо неизвестное, скрытое) 5) <i>раскрыть глаза кому-либо на что-либо, кого-либо</i>

	относительно сложения/вычитания	
распределять	определить множество возможных значений случайной величины [случайного вектора] X вместе с функционалом, ставящим каждому подмножеству M этого множества в соответствие вероятность $P(X \in M)$, с которой X может принимать значение из множества M	<ol style="list-style-type: none"> 1) разделять, делить между кем-либо, чем-либо 2) находить каждому какое-либо место, определять каждого куда-либо 3) назначать на работу после окончания среднего специального или высшего учебного заведения 4) определять порядок, последовательность протекания, совершения и т.п. чего-либо
решать	<ol style="list-style-type: none"> 1) вести рассуждения, при помощи которых получаются все решения задачи [неравенства, системы уравнений, уравнения] 2) найти все элементы треугольника по некоторым заданным элементам 	<ol style="list-style-type: none"> 1) после обдумывания приходиться к какому-либо выводу, к необходимости каких-либо действий 2) в результате обсуждения выносить заключение, принимать постановление 3) находить требующийся ответ, определять искомое 4) находить разрешение чему-либо или способ осуществления, исполнения чего-либо 5) становиться определяющим, наиболее существенным в чём-либо
сводить	определять отношение к данному понятию, возможность замены исходного понятие данным	<ol style="list-style-type: none"> 1) помогать кому-либо, заставляя кого-либо сойти вниз 2) заставляя, вынуждая кого-либо сойти на более низкое общественное положение 3) ведя, сопровождая, доставлять куда-либо; отводить 4) отвести куда-либо и привести обратно 5) давать иное направление, изменять (ход дела, беседы, разговора и т.п. 6) уводить, удалять с какого-либо места 7) уводить силой или тайком 8) удалять, устранять с поверхности чего-либо 9) вырубать 10) приводить, собирать из разных мест в одно место 11) собирать, объединять в одно целое 12) сокращать, упрощать, доводить до чего-либо небольшого, несложного 13) сближать, плотно сдвигать друг с другом 14) помогать кому-либо встретиться, познакомиться, сойтись 15) стягивать, сжимать или сгибать, корчить 16) переносить изображение, обводя, прочерчивая контуры; переводить 17) <i>сводить концы с концами</i> 18) <i>сводить на нет</i> 19) <i>сводить счёты с кем-либо</i>

		20) <i>сводить в могилу</i> 21) <i>сводить с ума</i>
синтезировать	вести рассуждения, ведущие от основных понятий и аксиом к доказуемому утверждению или исследуемому объекту	1) производить синтез, соединять, обобщать 2) получать путём синтеза
складывать	проводить бинарную алгебраическую операцию, операнды которой называются слагаемыми и результат суммой	1) класть в определённом порядке, придавая какой-либо вид, форму 2) собирать, составлять из каких-либо частей 3) строить, возводить путём кладки 4) сочинять (песню, стих и т.п.) 5) перегибая несколько раз ткань, бумагу, предметы из них и т.п., придавать им какой-либо вид, форму 6) снимая, опускать вниз 7) освобождаться, избавляться от чего-либо гнетущего, удручающего 8) отказываться от чего-либо, освобождаться (от обязанности, ответственности за что-либо) 9) <i>сложить голову</i>
скрещиваться	не лежать в одной плоскости	1) встречаться, сталкиваться 2) сочетаться друг с другом в результате скрещивания (о растениях, животных)
следовать	иметь свойство быть в отношении порядка с некоторым другим элементом	1) двигаться, перемещаться следом, непосредственно за кем-либо, чем-либо 2) наступать, появляться, происходить после чего-либо непосредственно предшествовавшего 3) располагаться, находиться непосредственно за чем-либо 4) руководствоваться чем-либо; поступать согласно чему-либо или подобно кому-либо 5) двигаться, перемещаться куда-либо, откуда-либо 6) вытекать из чего-либо, являться следствием чего-либо
совпадать	1) иметь почти одинаковые значения 2) иметь одинаковые координаты	1) происходить в одно время с чем-либо 2) оказываться общим, одинаковым
соединять	определить невырожденную матрицу C для двух квадратных матриц A и B таким образом, чтобы имело место равенство $B = C * A C$, где $C *$ — эрмитово-сопряжённая матрица для C	1) составлять из кого-либо, чего-либо одно целое, делать единым; объединять 2) скреплять одно с другим 3) устанавливать сообщение, связь между чем-либо; служить, быть средством сообщения, связи 4) сочетать одно с другим, совмещать 5) смешивать вместе; приводить в химическое взаимодействие

сократи ть	поделить числитель и знаменатель дроби на их общий делитель	1) делать короче 2) уменьшать в количестве, объёме 3) увольнять с работы (обычно вследствие сокращения штатов)
соответ ствуют	(для множеств X и Y) иметь связь, заданную некоторым множеством пар (x, y) , где $x \in X, y \in Y$, т. е. подмножеством (графиком соответствия) прямого произведения $X \times Y$	быть, находиться в соответствии с чем-либо, отвечать чему-либо
сопос тавить	ответить на вопрос о том, дают ли два выбранных целых числа при делении на натуральное число один и тот же остаток	сравнивая, соотнести друг с другом для получения каких-либо выводов
сопря гать	1) составлять пару комплексных чисел, обладающих одинаковыми действительными частями и равными по абсолютной величине, но противоположными по знаку, мнимыми частями 2) построить функцию из действительной функции, определённой в векторном пространстве 3) образовывать плавный переход в другую линию	1) соединять, сочетать, совмещать 2) скреплять по способу сопряжения (части, детали механизма)
сравни ть	определить бинарное отношение на множестве целых чисел, характеризующее принадлежность к одному классу вычетов	1) сопоставить для установления сходства или различия 2) приравнять к чему-либо, уподобить кому-либо
стреми тся	содержать в числе аргументов [элементов], начиная с некоторой координаты [номера], притягивающиеся к каждой окрестности конкретной точки [числа] аргументы [элементы]	1) быстро двигаться, направляться куда-либо; устремляться 2) стараться попасть куда-либо, быть где-либо или кем-либо 3) обращаться, устремляться мыслями, чувствами, испытывать тяготение, влечение к кому-либо, чему-либо 4) стараться достичь чего-либо, настойчиво добиваться чего-либо
сумми ровать	складывать	1) вычислять сумму чего-либо, подводить итог чему-либо 2) собирать вместе, обобщая

считать	<ol style="list-style-type: none"> 1) называть числа в последовательном порядке 2) определять количество, сумму чего-либо 	<ol style="list-style-type: none"> 1) знать названия, последовательность чисел, уметь производить арифметические действия с числами 2) исчислять в каком-либо количестве, сумме; иметь, насчитывать 3) пользоваться при исчислении какими-либо единицами измерения; системой показаний каких-либо приборов и т.п. 4) принимать в расчёт, во внимание; учитывать 5) расценивать, воспринимать каким-либо образом 6) читая, сличить, проверить (какой-либо текст) 7) <i>считать ворон/галок/мух</i> 8) <i>считать звёзды</i>
транспонировать	заменить в матрице строки соответствующими столбцами	переложить какое-либо музыкальное сочинение из одной тональности в другую
убывать	уменьшаться при увеличении значений аргумента	<ol style="list-style-type: none"> 1) уменьшаться (в количестве, размере, степени и т.п.) 2) выбывать из состава чего-либо (вследствие увольнения, отпуска, смерти и т.п.)
умножать	проводить бинарную алгебраическую операцию, операнды которой называются множителями, или сомножителями и результат — произведением	увеличить в числе, количестве
упорядочить	фиксировать порядок элементов	придать чему-либо известный порядок, привести что-либо в порядок
факторизовать	<ol style="list-style-type: none"> 1) перейти от рассмотрения множества к рассмотрению некоторого его фактормножества 2) разложить матрицу [функцию, оператор] в виде произведения матриц [функций, операторов] заданного типа 	
фрактализовать	разбить на подфигуры, подобные исходной	
экспонировать	возвести в степень	<ol style="list-style-type: none"> 1) выставлять для обозрения (на выставке) 2) подвергать действию света светочувствительный материал (фотопластинку, фото- или киноплёнку и т.п.) 3) в шахматной игре: ставить фигуру под удар
экстраполировать	продолжить функцию за пределы её области определения, причём продолженная функция (как правило, аналитическая)	

	принадлежит заданному классу	
--	------------------------------	--

Приложение Б

Таблица модельной базы данных валентностей глаголов

Слово	Значение	Грамматика	Семантический класс	Примеры
возводить; возвести	Математическое	в NOUN, accs	Степень	степень, квадрат, куб
		NOUN, accs	Строение	дворец, трамплин, горку, арену, мансарду, стадион, колесо обозрения, развалины, стену, храм, цирк, дом, замок, монумент, памятник, обелиск, леса, плотину, здание, шпиль, город, сооружение, вышку, подмости, баррикаду, гостиницу, мельницу, театр, границу, постройку, барьер, строение, дамбу, фундамент, купол, забор, систему
	Часть тела		очи, глаза, голос, взгляд, руки, взор	
	Обвинение		нарекание, напраслину, обвинение, хулу, клевету, поклёп	
	в NOUN, accs	Закон	атрибут, принцип, культ, закономерность, систему, закон, теорию	
		Титул	сан, дворянство, ранг, чин	
		Объект (деяние)	подвиг, добродетель	
	к NOUN, datv	Объект (источник)	Кеплеру, тексту	
	на NOUN, accs	Возвышение	небеса, пьедестал, уровень, помост, трон, престол	
	вписывать ; вписать	Математическое	NOUN, accs	Фигура
в NOUN, accs			Фигура	круг, куб, цилиндр, квадрат, габариты, окружность
Нематематическое		NOUN, accs	Информация	фамилию, имя, данные, адрес, тираж, слово, ответ, строку, рост, цвет, главу, дату, стихотворение, цифру, определение, сумму, результат, текст, паспорт, номер, статью, факт, подробность, название, букву, предмет, отзыв, замечание
			Объект	проект, сцену, арию, здание, ремарку, объект, страницу
		NOUN, ablt	Человек	санитаркой
		в NOUN,	Окружаю	ландшафт, композицию, снег, конструкцию,

		accs	щяя среда	рельеф, пространство, среду	
			Текст	договор, акт, лист, донесение, блокнот, клеточку, квадратик, строку, счёт, летопись, свиток, мандат, дневник, заключение, бланк, таблицу, паспорт, гроссбух, полномочия, книгу, книжку, тетрадь, расход, материалы, число, формуляр, биографию	
			Объект (обстоятельство)	современность, ситуацию, систему, контекст, представление, жизнь, окружение, модель, структуру, концепцию, задачу, отношения, реальность, проект, речь, время, план, историю, вертикаль, ментальность	
выделять; выделить	Математическое1	NOUN, accs	Целое	часть, множество, подмножество	
	Математическое2	NOUN, accs	Целое	квадрат	
	Нематематическое	NOUN, NUMR accs	Деньги	миллиард, миллион, деньги, доллар, сумму, рубль, субсидию	
			NOUN, accs	Текст	пункт, подстроку, строку, зону, цитату, речь
			Структура	службу, группу, территорию, отдел	
			Объект (польза)	день, время, силы, средство, ресурс, минуту, квоту, автомат, роль, место, участок, квартиру, продовольствие, медикаменты, помещение, человека, группу, землю	
			Объект (часть однородного)	причину, объект, подмножество, процесс, пласт, участок, площадку, тип, кластер, уровень, набор, число, суть, мысль, главное, ДНК, штамм, сообщение	
			Объект (результат)	тепло, мощность, фитонцид, органику, токсины	
			в NOUN, accs	Структура	структуру, библиотеку, группу
			из NOUN, gent	Структура	структуры
		среди NOUN, gent	Объект (конкурент)	работ	
выкалывать; выколоть	Математическое	NOUN, accs	Точка	точку, ноль	
	Нематематическое	NOUN, accs	Глаз	глаз, глазницу, зрачок, око, моргалы, зенки, бельмы	
			Оружие	кинжалом, ножом	
			Татуировка	татуировку, клеймо	
			Объект (рисунок татуировки)	якорь, букву, цепь, профиль, серп, молот	

			Объект (часть однородного)	соху, перстень, глыбу
			Объект (оружие)	иглой, булавкой, гвоздём, ножницами, пикой, спицей, зонтом, вилкой
выносить; вынести	Математическое	за NOUN, accs	Скобки	скобки
	Нематематическое	NOUN, accs	Вывод	приговор, суждение, решение, вердикт, благодарность, распоряжение, постановление, предупреждение, определение, порицание, сведение, впечатление, мысль, урок, неприязнь, отвращение, убеждение
			Мусор	мусор, горшок, нечистоты, ведро, сор, помой, утку, лоханку
			Испытание	засуху, бремя, груз, дым, заморозки, правду, сочувствие, жалость, взгляд, промедление, испытание, пытку, муку, вид, слёзы, удар, горе, боль, напряжение, свет, прикосновение, человека, унижение, молчание, ложь, оскорбление, несправедливость, сцену, давление, солнце, мучение, потрясение, тяготу, борьбу, позор, беду, высоту, качку
			Объект (плод)	ребёнка, плод, малыша, идею
			Объект	скрипку, крест, сумку, раненого, груз, одеяло, сундук, магнитолу, вещь, гроб, ключ, тарелку, свёрток, стакан, чемодан, баул, товар, обмундирование, клетку, картину, деньги, документы, знамя, стул, багаж, штандарт, пакет, свечу, вино, больного, мебель, печку, мозг, дверь, вазу, труп, тело, лилию, святых
			NOUN, gent	Еда
	в NOUN, accs	Структура	Открытое пространство	заголовок, название, орган, главу, конец сад, море
			Обсуждение	суд, повестку, референдум, обсуждение, конференцию, публику
	на NOUN, accs	Открытое пространство	Открытое пространство	помойку, мусорку, улицу, поверхность, балкон, холод, крыльцо, воздух, опушку, берег, мель, ободок, обложку
			Объект (возвышение)	руках, носилках

		из NOUN, gent	Замкнутое пространст во	дома, вагона, избы
		за NOUN, accs	Объект (препятств ие)	ворота
вычитать; вычитыва ть; вычесть	Матем атичес кое	NOUN, NUMR accs	Число	число, десяток, шестнадцать, половину, тридцатник, разность, вычитаемое, сумму, процент, тысячу, часть
		NOUN, accs	Деньги	стоимость, рубль, копейку, компенсацию, расход, платёж, выручку, налог, франшизу, деньги, ущерб, убыток, недостачу, бонус, издержки, очко
			Объект (информац ия)	продолжительность, данные, графу, год, время, продукцию, представителя
		из NOUN, NUMR gent	Число	уменьшаемого, доли, цифры, числа
		из NOUN, gent	Деньги	жалования, зарплаты, премии, расхода, простоя, платы, суммы, пенсионера, гонорара
			Объект (информац ия)	результата, возраста
Немат емати ческое	NOUN, accs	Текст	сюжет, прописку, вёрстку, текст, партитуру, гранки, статью, полосу	
		Объект (информац ия)	много, полезное, теорию, хвалу, рассказ, информацию, метафору, ритуал, шутку, название, схему, истину, историю, метод, выражение, приём, образ, систему, слово, фразу, приключение, факт, знание, рецепт, ересь, легенду, правило, сравнение, ошибку, новость, совет	
		Объект (обстоятел ство)	талант, молодость, весну, влюблённость, составляющую, влияние	
	о NOUN, loc	Объект (информац ия)	маниловщине, ордере, преимуществе, пропавшем, крепости, гадании, основателе, площади, студенте, химере, англичанине	
	про NOUN, accs	Объект (информац ия)	маниловщину, ордер, преимущество, пропавшего, крепость, гадание, основателя, площадь, студента, химеру, англичанина	
	из NOUN, gent	Текст	газеты, журнала, романа, манускрипта, учебника, книги, подшивки, книжки, справочника, интернета, путеводителя, статьи, хрестоматии, трактата, руководства	
	в NOUN, loc	Текст	газете, журнале, романе, манускрипте, учебнике, книге, подшивке, книжке, справочнике, интернете, путеводителе, статье, хрестоматии, трактате, руководстве	
	дифферен цировать	Матем атичес	NOUN, accs	Объект (аргумент)

	кое	в NOUN, loct	Точка	точке
		внутри NOUN, gent	Интервал	отрезка
	Нематематическое	NOUN, accs	Объект	пациента, страну, пользователя, автомобиль, возбудителя, среду, человека, чувство, ответственность, вид, территорию, набор, общество, привилегию, переход, степень, категория, объект, налог, различие, имя, процесс, ступень, форму, животных, цену, тип, заработок, мероприятие, направление, подход, юношей, девушек, мотивацию, порядок, динамику, стандарт, таблицу, базу, плату, риск, платёж, бизнес, наличие, минимум, мир, группу, подгруппу, идентичность, размер, взнос, шкалу, науку, знание, бумагу, понятие, слово, концепцию, модель, предмет, действие, время, сознание, еду, систему, предприятие, расход, доход, часть, оценку, звук, продукт, развитие, микроорганизм, запах, вирус, товар, себя, индивида, интерес, определение, поведение, раздражение, материал, ответственность, ощущение, уровень, имидж, бренд, ребёнка, эрудированность, интеллект, требование, число, объект, особенность, доверие, усилие, движение, представление
		по NOUN, datv	Объект (условие)	типу, уровню, виду, марке, эстетике, стилю, региону, позиции, сфере, поясу, классу, отрасли, району, породе, качеству, характеристике
задавать; задать	Математическое	NOUN, accs	Объект (информация)	значение, параметр, величину, координату, расположение
			Объект	точку, модель, функцию, матрицу, структуру, вектор, множество
	Нематематическое	NOUN, accs	Вопрос	вопрос, загадку
			Задание	задачу, работу, программу, урок, задание, сочинение
			Процесс	трёпку, взбучку, пир, бал, обед, головомойку, тряску
			Еда	корм
			Объект (информация)	синтаксис, свойство, ответ, изменение, требование, рубеж, число, степень, показатель, шаг, область, траекторию, квадрат, трафик, режим, процедуру, критерий, тему, программу, концентрацию, форму, условие, направление, ритм, темп, курс, рамку, скорость, стандарт, план, объём, границу, тон, стиль, тональность

		NOUN, gent	Испытание	хлопот, переживаний, жару, перцу, стрекача, стречка, чёсу, дёру, тягу, страху, звону, пару
			Еда	овса, сена
заключатъ ; заключить	Математическое	в NOUN, accs	Скобки	скобки
		Нематематическое	Договор	пакт, контракт, брак, мир, соглашение, договор, связь, пари, конвенцию, сделку, союз, перемирие, альянс, завет, помолвку, условие
	Процесс		шествие, речь	
	Объект (содержание)		вселенную, знание, ценность, живость, возможность, информацию, цель, смысл	
	из NOUN, gent	Текст	слова, намёка	
	в NOUN, accs	Объект (замкнутое пространство)	медальон, стекло, сосуд, ёмкость, корпус, объятия, тюрьму, темницу, кольцо, оковы, крепость, монастырь	
	в NOUN, loct	Объект	себе, сообщении, слове, силе, четырёх стенах	
	внутри NOUN, gent	Объект	себя, мира	
	под NOUN, accs	Охрана	стражу	
Замыкать; замкнуть	Математическое	NOUN, accs	Множество	сумму, множество, подмножество
			Линия	кривую, линию, эллипс
	Нематематическое	NOUN, accs	Группа	шествие, строй, окружение, отряд, шеренгу, караван, группу, процессию, ряд, колонну, кавалькаду, вереницу, кортеж, арьергард
			Объект (замкнутое пространство)	уста, дверь, портфель, ключ, сундук, избушку, замок, келью, комнату
			Объект (цикл)	шов, цепочку, список, цепь, круг, коридор, стадо, электрику, сцепление, контакт, цикл, контур, кольцо, круговорот, рейтинг, канал, движение, сеть
			Объект	язык, горизонт, двор, вход, перспективу, панораму, пятачок, улицу, вечность, долину, здание, сообщество, систему, озеро, пруд, переулок, реку
	NOUN, NUMR, accs	Число	шестёрку, тройку, десятку, пятёрку, тройцу	
	в NOUN, loct	Объект	себе, кабине, мире	
	на NOUN,	Объект	себе, проекте	

		loct		
извлекать; извлечь	Математическое	NOUN, accs	Корень	корень
		Нематематическое	NOUN, accs	Информация
	Опыт			урок, опыт
	Польза			выгоду, пользу
	Деньги			доход, богатство, деньги
	Объект		бутылку, нож, орудие, младенца, паспорт, банку, рубашку, коробку, содержимое, корабль, ремень, камеру, петуха, кость, колбасу, бокал, кувшин, колоду, книгу, стекло, меч, осколок, склянку, цезий, лист, вещь, сигарету, тело, пулю, предмет, оружие, пачку, пистолет, ключ, изделие, запас, историю, множество, звук, воспоминание, восхищение, удовольствие, душу, таинство, философию, решение, энергию, мелодию, вещество, слезу	
	из NOUN, gent	Объект	кармана, шкафа, месива, струны, конверта, могилы, анализа, глубины, сундука, встречи, лагеря, люльки, работы, хаоса, курятника, явления, беседы, бумажника, ящика, ножен, ноздри, сказания, портфеля, протокола, саквояжа, текста, литературы, памяти, чемодана, шахты, потока, положения, сумки, ситуации, небытия	
на NOUN, accs	Открытое пространство	свет, поверхность		
интегрировать	Математическое	NOUN, accs	Функция	разложение, выражение, функцию, дифференциал, уравнение
		от NOUN, NUMR gent	Число	нуля, бесконечности, единицы
		до NOUN, NUMR gent	Число	бесконечности, единицы
	Нематематическое	NOUN, accs	Человек	индивида, личность, себя
			Процесс	урок, усилие, работу, коммуникацию, роль, занятие, логистику
			Объект (структура)	среду, ряд, архитектуру, компанию, систему, структуру, область, производство, комплекс, вид, область, холдинг, предприятие, регион, часть, бизнес, направление, слой, сферу, поток
			Объект	чипсет, ядро, информацию, знание, лазер, контроллер, литературу, элемент, координаты, прибыль, убыток, суждение, стратегию, идею, качество, опыт, средство, платформу, программу, модель, курс,

				услугу, сервис, проект, инструмент, результат, функцию, проблему, стандарт, показатель
		в NOUN, accs	Человек	себя
			Объект (структура)	систему, организацию, экономику, сообщество, общество, общность, среду, состав, сеть, жизнь, структуру, спектр, процесс, действительность
			Объект	список, норму, базу, целое, ОС, ноутбук, телефон, планшет, программу, сервис, дизайн
		с NOUN, ablt	Объект	провайдером, реальностью
интерполировать	Математическое	NOUN, accs	Объект	разрешение, сеть, величину, функцию, положение, данные
		на NOUN, accs	Объект	сеть
	Нематематическое	NOUN, accs	Объект	спектакль, чудо, цикл, мысль, поведение, успех, статус
		на NOUN, accs	Объект	период, неточность
исходить; изойти	Математическое	из NOUN, gent	Угол	угла, вершины
	Нематематическое	NOUN, accs	Окружающая среда	лес, магазин, улицу, свет
		NOUN, ablt	Жидкость	смолой, соком
		из NOUN, gent	Информация	данных, знания, характеристики, анализа, показателя, уравнения, определения, факта, содержания, смысла, аксиомы, опыта
			Предположение	гипотезы, предположения, представления, соображения, теории
			Свойство	характера, свойства
			Условие	требования, рекомендации, позиции, условия, норматива, принципа, критерия, цели, задачи, закона
		Реальность	положения, реальности, состояния, картины	
		Объект (место)	Пекина, точки, конца, подземелья, темноты, столовой, дома, кустов	
		Объект	непричастности, сечения, формы, прогресса, возможности, площади, оценки, цены, ставки, срока, необходимости, поведения, ширины, длины, опроса, предпочтения, результата, объёма, концепции, превосходства, расчёта, количества, заработка, модели, параметра, прецедента, наклонности, средств, посылы, причины, разума, повода, интервала, численности	
от NOUN, gent	Человек	заказчика, женщины, руководителя, гроссмейстера, народа, дирижёра, соседа		

			Объект	печки, органа, веры, пули, стороны
касаться; коснуться	Математическое	NOUN, gent	Фигура	окружности, прямой, дуги, отрезка, стороны
	Нематематическое	NOUN, gent	Человек	воспитателя, олигарха, участника, врача
			Страна	Ирака, России, Европы, Латвии, Эстонии, Афганистана, страны
			Часть тела	глаза, губ, плеча, лица, щеки, руки, ладони, кожи, шеи, тела, лба, языка, груди, головы, пальца
		Объект	дна, сосуда, стенки, головки, корпуса, бумаги, земли, пола, подушки, поверхности, воды, части, места, клавиши, социологии, физики, образа, миллиона, приоритета, необходимости, уровня, констатации, строительства, нефти, газа, вопроса, возможности, мейнфрейма, принятия, утилизации, взаимодействия, предмета, автомата, ограничения, системы, весны, урока, реализации, величины, разрыва, военкомата, унификации, развития, суммы, ведения, растения, даты, передачи, позиции, нарушения, отношения, вещи, теракта, работы, лозунга, употребления, СМИ, отходов, способа, метода, переоценки, мира, зарплаты, совершенствования, бюджета, развлечения, симбиоза, регулирования, домовитости, красоты, выплаты, борьбы, безделья, давления, техники, песен, программы, разрешения, бензина, договора, порядка, двигателя, инцидента, платежа, вздутия, луны, молока, влияния, тарифа, денег, проблемы, слоя, темы	
находить; найти	Математическое	NOUN, accs	Объект	вместимость, массу, ускорение, изменение, напряжённость, энергию, положение, точку, скорость, разность, амплитуду, отношение, объём, вероятность, длину, область, значение, искомое, решение, закономерность, корень, знаменатель, величину, сторону, синус, косинус, тангенс, котангенс
	Нематематическое	NOUN, accs	Человек	работника, виновного, спонсора, человека, кандидата, гитариста, единомышленника, девушку, специалиста, свидетеля, члена, производителя, мастера, туриста, репетитора, друга, инженера, себя, дурака,
Способ			способ, средство, приём, подход, метод	
Информация			имя, слово, знание, объяснение	
			Текст	статью, таблицу, записку

			Объект	Австралию, остров, сайт, долю, дом, сравнение, работу, недостаток, совокупность, пару, зацепку, школу, вещь, асбест, слона, добычу, кошелёк, котёнка, газету, монету, клад, дачу, плащ, машину, гитару, учебник, смерть, могилу, конец, кончину
			Объект (ресурс)	время, утешение, возможность, альтернативу, отражение, применение, договорённость, место, использование, компромисс, условие, основание, форму, подтверждение, оправдание, выход, минуту, сбыт, силы, мужество, опору, радость, ответ, язык
			Объект (источник)	причину, залежи, месторождение, источник
		NOUN, gent	Объект	концов, места, слов
		у NOUN, gent	Человек	себя, бабушки
		в NOUN, loc	Объект (место)	доме, клубе, словаре, мозгу, модели, деревне, лице, селе, работе, интернете, системе, себе, постели, бреду, гневе, поле
		на NOUN, loc	Место	полу, дороге, основании
		на NOUN, accs	Объект	камень, пень, медведя, избушку, семейство, солнце, город
описывать ; описать	Математическое	NOUN, accs	Фигура	додекаэдр, сферу, тетраэдр, куб, поверхность, окружность, многоугольник, угол, круг, дугу
		вокруг NOUN, gent	Фигура	додекаэдра, сферы, тетраэдра
	Нематематическое	NOUN, accs	Процесс	процесс, работу, атаку, изменение, движение, влияние, динамику
			Способ	метод, методику, концепцию, технологию, подход
			Закон	закон, закономерность, зависимость, алгоритм, схему
			Линия	дугу, полукруг, петлю, вираж, параболу, кривую, зигзаг
			Имущество	инвентарь, имущество, мебель, скот, постройки
			Объект	путь, механизм, событие, систему, функцию, объект, персонажа, встречу, энергию, семантику, ресурс, эффект, кактус, элемент, породу, кристалл, агрегат, историю, явление, характер, состояние, отделку, город, результат, обстоятельство, эпоху, ситуацию, язык, условие, опыт, год, теорию, ответственность, право, обязанность,

				бикини, переживание, модель, женщину, случившееся, инцидент, действительность, болезнь, эволюцию, поведение, деревню, незнакомца, поездку, восторг, коллекцию, памятники, чувство, человека, мир, внешность, себя, место, сцену, картину, дело, ощущение, жизнь, способ, подробность, характер, ужас, форму, реальность
		в NOUN, loc	Текст	книге, статье, работе, примере, газете, регламенте, воспоминании, инструкции, разделе
относиться; отнестись	Математическое	к NOUN, NUMR datv	Число	иксу, игреку, длине, массе, величине
	Нематематическое	к NOUN, datv	Человек	личности, работнику, герою, человеку, учителю, преемнику, приезжему, дочери, Карениной, ребёнку, ветерану, инвалиду, стороннику, славянину, новичку, новобранцу, соседу
			Группа	полу, классу, группе, области, этапу, меньшинству, категории, виду, отделению, отделу, когорте, типу, ряду, разряду, сфере, числу, времени
			Объект	сообщению, школе, судьбе, средству, инфекции, делу, контакту, проблеме, условию, услуге, форме, стране, языку, атрибуту, потере, активу, желанию, оценке, недоразумению, операции, обработке, учёту, недостатку, периоду, году, минералу, предпочтению, инициативе, преступлению, сырью, армии, обязанности, государству, СМИ, роли, идее, олигарху, экологии, элите, олигархии, возрасту, ведению, компетенции, выбору, вопросу, особенности, началу, веку, тысячелетию, домостроительству, документу, интересу, призыву, теме, кооперации, программе, теории, действительности
	с NOUN, abl	Чувство	уважением, юмором, долей, теплотой, участием, пониманием, презрением, почтением, подозрением, осторожностью	
переносить; перенести	Математическое	NOUN, NUMR accs	Фигура	треугольник, фигуру, многоугольник, точку
			Число	число, слагаемое, вычитаемое, разряд
	Нематематическое	NOUN, accs	Процесс	экзамен, поставку, заседание, реформу, действие, рассмотрение, вступление, выступление, казнь, спектакль, репетицию, постановку, конгресс, отпуск
			Испытание	критику, разлуку, операцию, утрату, поражение, возвращение, удар, жару, нищету, голод, засуху, лишение, травму

			Болезнь	пневмонию, корь, краснуху, инфаркт, туберкулёз, воспаление
			Объект	образ, событие, кастрюлю, фотографию, внимание, частицу, растение, диск, сосуд, ёлку, ответственность, остаток, прах, вопрос, рынок, срок, скульптуру, сено, опыт, гроб, больного, тело, нелюбовь, идею, музей, образ, мысль, экспонат, надежду, груз, шпон, вещь, проблему, город, столицу, ребёнка, чемодан, всадника, сарай, дело, метод, действие, правку, обозначение, чертёж, мысль, огонь, вес, рестайлинг, таблетку
		NOUN, gent	Объект	лжи, крови
		с NOUN, gent	Время	июня, апреля
		на NOUN, accs	Время	час, срок, сентябрь, август, пятницу, осень, неделю, столетие, месяц
			Объект	экран, горелку, планету, уровень, площадь, сцену, верстак, лодку, дух, маму, стадион, бумагу, площадку, диван, полотно
		в NOUN, accs	Объект (место)	компьютер, глубину, ванную, помещение, сосуд, камеру, Константинополь, жилище, комнату, место, рай, зал, сердце, мастерскую, искусство, мир
подставля ть; подставит ь	Математическое	NOUN, NUMR accs	Объект (число)	данные, выражение, значение, переменную, икс
		в NOUN, accs	Функция	формулу, выражение, уравнение
	Нематематическое	NOUN, accs	Часть тела	лицо, голову, ногу, руку, рыльце, щёку, ладонь, задницу, губу, ухо, лобок, локоть, ножку, ногу, затылок, спину, бок, плечо, ноготь, висок, шею, горсть, крыло, грудь, глаз, лоб, тело, брюхо, нос, морду, живот
			Мебель	стеллаж, стул, скамейку, лестницу, кресло
			Посуда	чашку, кастрюлю, кружку, кувшин, ведро, стакан, бутылку, жаровню, сковородку, миску, таз, чашу, сосуд, лохань, миску, бокал
			Человек	человека, Путина, пользователя, ребёнка, героя, родственника, однополчанина, парня, Ленина, друга
			Объект	домкрат, подножку, субъект, кузов, рукав, микрофон, борт, ствол, честь, фигуру, корму, подпорку, чурбан, трап, пепельницу, фланг, пешку, шапку, зеркало, мешок
			под NOUN, accs	Оружие
			Объект	ящик, локоть, струю, черпак, кран, картошку, удар, огонь, гнев
	покрывать	Матем	NOUN,	Множеств

; покрыть	атическое	accs	о	
	Нематематическое	NOUN, accs	Окружающая среда	дно, камень, остров, полуостров, архипелаг, листву, лист, землю, пруд, дерево, небо, долину, километр, пространство, шестёрку, расстояние, мир, канал, дорогу, аллею
			Строение	площадь, стену, стадион, дом, крышу, скат, арку, топчан, планку, стол, жилище, тахту, кровать, ящик, мебель, сарай, забор, паркет
			Недостаток	нехватку, расход, задолженность, потребность, долг, затрату, оплату, убыток, задолженность, дефицит, пробел, нужды
			Обвинение	преступление, сообщников, вину, грех, преступника, виновного
			Объект	продукт, ребёнка, голову, окно, щётку, поверхность, полосу, лицо, лицо, шею, содержание, волокно, бронзу, ноготь, действительность, плечо, уши, ногу, плечо, коня, танк, кувшин, щёку, спину, лоб, тело, шум, звон, речь, слова, выступление, даму, овцу
	NOUN, ablt	NOUN, ablt	Окружающая среда	плесенью, льдом, изморозью, снегом, мраком, туманом, мхом, ряской, лесом, пылью, росой, ржавчиной, кустарником, оврагами, рябью, цветами
			Материал	позолотой, шпаклёвкой, белилами, лаком, воском, раствором, смывкой, составом, сетью, крышей, крышкой, катализатором, черепицей, бархатом, шифером, тёсом, плексигласом, калькой, цинком, бронзой, медью, брезентом, кожей, клеёнкой
			Объект	укропом, платком, слоём, копотью, гарью, тайной, угрями, панцирем, пупырышками, налётом, надписью, шерстью, пухом, загаром, поцелуем, матом, плащом, язвой, ковром, перьями, чешуёй, узором, аплодисментами, смехом, возгласами, козырем, славой, позором, сединой, лаврами, презрением, стыдом
	приводить ; привести	Математическое1	NOUN, accs	Часть
Математическое2		NOUN, accs	Уравнение	уравнение
Математическое3		к NOUN, datv	Знаменатель	знаменателю
Нематематическое		NOUN, accs	Текст	аргумент, довод, пример, аналогию, доказательство, определение, сравнение, цитату

			Информация	отрывок, формулу, массу, описание, текст, результат, цифру, алгоритм, характеристику, модель, схему, оценку, правило, формулировку, набор, данные, материал, стоимость
			Человек	ребёнка, девушку, друзей, жену, войско, приятеля, приятельницу
		к NOUN, datv	Объект	захвату, ошибке, последствию, возбуждению, необходимости, разделению, увеличению, появлению, дефекту, развитию, рождению, взрослению, снижению, потере, возможности, невозможности, значению, активизации, улучшению, расходу, неудобству, размолвке, накоплению, осознанию, явлению, крушению, решению, дифференциации, старению, результату, теплоотделению, переходу, росту, упорядоченности, поляризации, поражению, формированию, взрыву, выбору, разладу, единообразию, сжатию, изменению, беременности, разочарованию, заключению, выводу, открытию, разрыву, победе, путанице, добру, противоречию, разрушению, нелепости
		в NOUN, accs	Состояние	восторг, порядок, форму, изумление, отчаяние, настроение, замешательство, веру, вращение, действие, движение, исполнение, соответствие, расстройство, готовность, систему, порядок, известность, тупик, чувство, сознание, себя
проходить ; пройти	Математическое	Через NOUN, accs	Точка	точку, переменную, вершину
		Нематематическое	Процесс	стажировку, трансформацию, регистрацию, этап, собеседование, каторгу, контроль, горнило, школу, чтение, лагерь, тур, курс, службу, практику, войну, блокаду, концлагерь, ссылку, тюрьму, комиссию, границу, огонь, воду, трубы
	Путь		расстояние, мост, путь, километр, метр, отрезок, дорогу, шаг, стометровку, дистанцию, половину, км, м	
	Объект		лес, поле, больницу, площадку, поворот, дом, положение, пласт, грядку, существительное, глагол, дробь, уравнение, Чехова, сцену, симфонию	
	NOUN, ablt	Объект	мелом, лаком, пылесосом, трактором, нитью	
	в NOUN, loc	Место	Лужниках, кабинете, Пекине, музее, селе, атмосфере, Лионе, столице, Москве,	

				Швеции
			Время	феврале, ноябре, конце, начале, июне, марте
			Состояние	режиме, состоянии, хлопотах
		в NOUN, accs	Место	думу, сад, зал, дверь, трюм, штат, жизнь
			Человек	депутаты, председатели
		мимо NOUN, gent	Объект	человека, кафе, ребёнка, буя, рта, парка, факта, события
		через NOUN, accs	Объект (препятствие)	испытание, банк, маршрутизатор, систему, войну, симфонию, творчество, регистратуру, руки
		через/сквозь NOUN, accs	Объект	зал, кольцо, сосуд, пластину, призму, тело, линзу, город, туннель, бумагу, стену, рубашку, скважину, ушко
		по NOUN, datv	Объект	столбцу, залу, сцене, маршруту, мосту, проспекту, лестнице, стене
		без NOUN, gent	Результат	следа, последствия
раскладывать; разложить	Математическое1	NOUN, accs	Вектор	вектор, сумму
	Математическое2	на NOUN, NUMR, accs	Число	множитель, дробь
	Нематематическое	NOUN, accs	Еда	дольку, овощ, фрукт, виноград, еду, обед, банку, бутылку, краюху, бутерброд, угощение, сало, мясо, грушу, кушанье, хлеб
			Посуда	вилку, чашку, салфетку
			Ткань	скатерть, полотенце, подушку, выкройку, ковёр, ткань
			Мебель	постель, стол, диван-кровать, раскладушку
			Объект	крыло, ветку, карточку, пасьянс, товар, кучу, инструмент, бумагу, афишу, гардероб, костёр, огонь, сувенир, принадлежность, ставку, карту, газету, журнал, носок, ноты, чертёж, прут, снасть, конспект, закон, план, бель, траву, вещь, животное, инструмент, фотографию, ситуацию, книгу, одежду, спицу, расход, взнос, прибыль, ребёнка, город, молодёжь
	перед NOUN, ablt	Человек	собой, покупателем	
	на NOUN, loc	Ткань	салфетке, полотне, циновке, сукне	
		Мебель	столе, кровати, ящике, тумбочке, койке, полу, кресле, полке	
		Объект	решётке, тарелке, стекле, солнце, колене	
	на NOUN, accs	Объект	стопку, тарелку, элемент, столбик, противень, партию, пайщика, члена, кислород, водород, атом	
	по NOUN,	Мебель	полочке, полке, столу, стулу	

		datv	Объект (порядок)	алфавиту, месту
		в NOUN, accs	Объект (замкнутое пространст во)	коробку, кучу, сундук
раскрыват ь; раскрыть	Матем атичес кое1	NOUN, accs	Объект	скобку
	Матем атичес кое2	NOUN, accs	Объект	неопределённость
	Немат емати ческое	NOUN, accs	Информац ия	ситуацию, образ, смысл, драму, возможность, источник, задачу, информацию, сведение, количество, структуру, философию, секрет, сюжет, истину, тему, Достоевского, загадку, смысл, закон, характер, потенциал, правду, причину, способность, понятие
			Тайна	дело, сеть, преступление, убийство, тайну, план, шайку, заговор, преступника, виновника, игру, обман
			Тара	сумку, портфель, пачку, чемодан, сундук, пакет, коробку
			Текст	книгу, блокнот, журнал, рукопись, тетрадь, словарь, ведомость, папку, Евангелие, страницу, карту, ноты
			Часть тела	окно, глаз, сердце, душу, себя, ладонь, кулак, объятие, ребёнка, грудь, пасть, губу, рот, клюв, крыло
Объект	дверь, зонт, кладовую, кровлю, постель, шкаф, посылку, ворота, ставни, веер, нож, почку, рассаду, парник, створки, форточку			
решать; решить	Матем атичес кое	NOUN, accs	Объект	уравнение, треугольник
	Немат емати ческое	NOUN, accs	Объект (задание)	проблему, вопрос, задачу, дело, конфликт, ребус, кроссворд, дворец, спектакль, спор, головоломку, дилемму, противоречие, парадокс
			Объект (результат)	исход, ситуацию, эпизод, судьбу, участь
сводить; свести	Матем атичес кое	к NOUN, datv	Объект	пределу, уравнению, пропорции, формуле
	Немат емати ческое	NOUN, accs	Растение	рощу, лес, березняк
			Часть тела	скулы, ногу, губу, глаз, челюсть, руку, палец, взор, тело, бровь, зуб, рот, челюсть
			Объект (пятно)	загар, пятно, веснушки

			Объект	сюжет, измерение, риск, тип, заслугу, социализм, проблему, счёт, постановку, вероятность, полемику, результат, разговор, мысль, речь, беседу, данные, человека, Лаврова, конец, ветку, мост, арку, кровлю, купол, свод, знакомство
		с NOUN, ablt	Объект	человеком, концом, Екатериной
		с NOUN, gent	Объект	ума, двора, горы, престола, пьедестала, шоссе, дороги
		к NOUN, datv	Объект	подсчёту, минимуму, прототипу, нулю, пиару, насилию, угрозе, проверке, сокращению, прошлому, никчемности, шутке, понятию, облигации, проблеме, процессу, балагану
		в NOUN, accs	Место	кафе, могилу, отделение, театр, парк, хлев, сарай
			Объект (целое)	базу, приложение, одно, целое, точку, полк, таблицу, табун, том
		на NOUN, accs	Объект	нет, огород, концерт, вернисаж, выставку, охоту, водопой, кальку
складывают; сложить	Математическое	NOUN, NUMR accs	Число	число, слагаемое
	Нематематическое	NOUN, accs	Часть тела	крыло, руку, ногу, ладонь, палец, голову, губу
			Ответственность	ответственность, полномочие, обязанность, грех, бремя, вину, заботу
			Текст	песню, былинку, легенду, стихотворение, поговорку
			Объект	вещь, предмет, пистолет, налог, пирамиду, цифру, ноты, мозаику, узел, деньги, бревно, дрова, палку, сено, дом, печку, пачку, сокровище, письмо, чашку, лист, картинку, квадрат, кирпич, зонт, газету, черту, вагонку, прибор, игрушку, мешок, посуду, добро, ткань, холст, инструмент, клочок, пальто, велосипед, половину, купол, лом, лопату, одежду, носилки, оружие, кость, чемодан, пожитки, обрывок, фундамент, стену, салфетку, газету, бумагу, нож, стул, палатку, ношу, пазлы
		на NOUN, accs	Место	полку, чердак
		на NOUN, loc	Объект	колени, груди, животу, столу, парте
		в NOUN, accs	Объект	корзину, кубышку, штабель, коробку, мойку, ящик, футляр, грузовик, кладовую, мешок, таз, место, щепотку, копну, поленницу, шкаф
скрещивать	Математическое	с NOUN,	Линия	прямой, лучом

бся; скреститьс я	атичес кое	abl		
	Немат емати ческое	c NOUN, abl	Объект	наслаждением, чужаком, взглядом, кафе, следствием, иномаркой, кино, видом, субъектом, населением, подобным, пониманием, козой, амфибрахием, народом, судьбой, фанатизмом, сновидением, путём, кабаном, картофелем, фигурой, нотой, дорогой, племенем, рядом, растением, представителем, горчицей, человеком, серпом, дорогой, взором, посланием, претензией, кровью, тревогой, интересом, влиянием, мотивом, нетерпением, пафосом
		Между NOUN, abl	Объект	собой
		В NOUN, loct	Объект	сердце, небе, деле, коридоре, тюрьме, локте, мне, городе, прочтении, луче, месте, воле, точке, поединке, слове, толпе, ходе, человеке, порту
	На NOUN, loct	Объект	груди, монументе, переносице, спине, холме, поляне, ладони, макушке, середине, ручке, обелиске, коменданте, руке	
сокращать ; сократить	Матем атичес кое	на NOUN, NUMR accs	Число	множитель, число
		NOUN, accs	Объект	дробь, выражение
	Немат емати ческое	NOUN, accs	Информац ия	число, длину, время, частоту, численность, срок, количество, объём, длительность, площадь, дистанцию
			Деньги	затрату, налог, эмиссию, издержки, расход, сумму, бюджет
			Название	имя, форму, день, вид, вариант, кличку, название, выражение, слово
	Человек	человека, работника, Елену, штат, должность, армию, персонал		
	Объект	риск, вред, отставание, рекорд, сферу, аппарат, рамку, программу, переговоры, тропу, путь, час, инструкцию, разрыв, прогулку, рассказ, спектакль, год, известие, расстояние, население, вмешательство, статью, ожидание, жизнь, потребление, производство, мышцу, список, общение, визит, текст, маршрут, финансирование, процесс, нагрузку		
считать; сосчитать; посчитать; счесть	Матем атичес кое	NOUN, accs	Объект	день, расходы, время, затрату, доплату, скорость, голос, километр, температуру, шаг, ворону, галку, муху, звезду
		в NOUN, accs	Объект (способ)	столбик
		в NOUN, loct	Исчислени е	килограммах, милях

		Деньги	валюте, долларах
	до NOUN, NUMR, gent	Число	десяти, ста, тысячи
Нематематическое	NOUN, accs	Человек	лыжника, рядового, Йоко, Ходорковского, губернатора, новичка, приезжего
		Задание	вопрос, задачу, требование
		Результат	исход, ошибку, вывод, отсутствие, вердикт, решение
		Процесс	организацию, минимизацию, процесс, внедрение, отношения, движение, направление, получение, открытие, сокращение, объединение, устранение, создание, укрепление, борьбу, разграничение, труд, появление, готовку
		Объект	фильм, вкус, очередь, самоуверенность, усталость, возможность, суверенитет, поверхность, хорду, высоту, утверждение, политику, информацию, ель, копейку, богатство, лестницу, знак, модель, период, слабость, премию, погоду, вёрстку, машинопись, наркоманию, выборы, речь, аргументацию, эксперимент
	NOUN, ablt	Человек	нахалом, поэтом, нанимателем, должником, фаворитом, человеком, учителем, конкурентом, беженцем, другом, фантазёром, идеалистом
		Задание	занятием, делом, долгом, направлением, целью, задачей, миссией, обязанностью
		Фактор	причиной, фактором
		Свойство	особенностью, свойством, мерилем, критерием
		Объект (оценка)	плюсом, праздником, эталоном, образцом, примером, проблемой, ошибкой, поражением, грозой, пороком, недостатком, вздором, нелепицей
		Объект	классикой, любовью, решением, прецедентом, сферой, прямой, городом, болезнью, деревом, озвучиванием, брендом, сатисфакцией, апогеем, страстью
	ADJF, ablt	Качество	завершённым, ускоренным, прямолинейным, равноускоренным, горизонтальным, равномерным, своим, законным, основательным, обоснованным, правомерным, успешным, талантливым, виновным, избранным, чёрным, гениальным, счастливым, умным, честным, порядочным
		Важность	нужным, важным, второстепенным, вспомогательным, второстепенным, значимым, главным, необходимым

			Оценка	неправильным, правильным, равным, лучшим, неверным, ненормальным
		за NOUN, accs	Объект	благо, быдло, честь, счастье
		из NOUN, gent	Текст	файла
		с NOUN, gent	Время	февраля
транспонировать	Математическое	NOUN, accs	Матрица	матрицу, данные
	Нематематическое	NOUN, accs	Музыка	партию, тенор, интонацию, романс, произведение, мелодию, пьесу, сонату, песню
			Объект	аспект, фразу, модальность, форму, опыт, ситуацию, обряд, энергию, изображение, содержание, композицию, описание, свойство, сознание, модель
		в NOUN, accs	Музыка	ре, минор, тональность, ми, бемоль
			Объект	версию, сферу, язык, зону, ситуацию, сюжет, литературу
		на NOUN, accs	Язык	язык
			Музыка	интервал, тон, октаву, полтона
	для NOUN, gent	Музыка	баритона	
убывать; убыть	Математическое	по NOUN, datv	Объект	экспоненте, объёму
		за NOUN, accs	Счёт	счёт
		при NOUN, loc	Процесс	уменьшении, расширении, увеличении
		с NOUN, ablt	Объект (фактор)	расстоянием, уровнем, ростом, течением, плотностью, временем, возрастом, витком, глубиной, секундой
		в NOUN, loc	Порядок	прогрессии, результате, зависимости, соответствии
		от NOUN, gent	Точка	максимума, экстремума
		к NOUN, datv	Точка	минимуму, концу, высоте
		по NOUN, datv	Закон	мере, частоте, закону
		на NOUN, loc	Интервал	масштабе, отрезке
	Нематематическое	от NOUN, gent	Объект (причина)	путешествия, потребления
		в NOUN, accs	Место	Агвали, Киев, СССР, Японию, Индонезию
			Объект (место)	захолустье, командировку, отпуск, министерство, союз
		в NOUN,	Объект	возрасте, количестве, ряду, направлении

		loc		
		к NOUN, datv	Место	месту
		из NOUN, gent	Место	тюрьмы, помещения, предела, полка, строя, гарнизона
		с NOUN, gent	Место	корабля, склада, площадки
		на NOUN, accs	Объект (место)	сеновал, миллион, долю, континент, берег, рекогносцировку, море, год
		на NOUN, loc	Объект	пакетботе, глазах
		до NOUN, gent	Объект	месяца, нуля, величины
		по NOUN, datv	Объект (обстоятел ство)	назначению, ранению
экспониро вать	Матем атичес кое	NOUN, NUMR, accs	Число	число, переменную
	Немат емати ческое	NOUN, accs	Искусство	картину, портрет, произведение, пейзаж, живопись, гравюру, скульптуру, бюст, изображение, икону, иконостас, графику, панораму, изделие, памятник, холст, искусство
			Объект	имущество, интерьер, горн, работу, предмет, камертон, библию, маску, чучело, сокровище, выставку, диплом, магнит, форму, копию, письмо, документ, древность, блюдо, книгу, строматолит, материал, останки, материал, паспорт, растение, плёнку, знак, пластину, женщину, масштаб, квартиру, собрание, фигуру, модель, макет, прибор, самолёт, пакет, коллекцию, продукцию, собаку, кадр, раритет, находку
		в NOUN, loc	Объект (место)	зале, музее, Эрмитаже, Третьяковке, России, экспозиции, Москве, дворце, галерее
		на NOUN, loc	Выставка	выставке, салоне, аукционе

Приложение В

Программный код для семантического анализатора глагольно-предложных конструкций со значением математических действий

```
# Установка необходимых библиотек
import pandas
!pip install pymorphy2
import pymorphy2
morph = pymorphy2.MorphAnalyzer()
import nltk
nltk.download('punkt')
from nltk.tokenize import word_tokenize
from nltk.corpus import stopwords
import re
import spacy
!pip install natasha
from natasha import NewsSyntaxParser
from natasha import NewsEmbedding
from natasha import Segmenter
from natasha import Doc
!pip install razdel
from razdel import sentenize
emb = NewsEmbedding()
syntax_parser = NewsSyntaxParser(emb)
segmenter = Segmenter()
from bs4 import BeautifulSoup
!pip install wiki-ru-wordnet
from wiki_ru_wordnet import WikiWordnet
wikiwordnet = WikiWordnet()
import numpy

#Составление таблицы-словаря с зависимыми словами:
valency_examples_table = pandas.read_excel('/content/Словарь валентностей.xlsx', sheet_name='Примеры')
```

```

#Приведение зависимых слов в начальную форму:
num_rows = valency_examples_table.count()['Примеры']
for i in range(0, num_rows):
    examples = valency_examples_table['Примеры'].values[i]
    examples = examples.split(', ')
    length = len(examples)
    for k in range(0, length):
        example = examples[k]
        lemma = morph.parse(example)[0]
        lemma = lemma.normal_form
        examples[k] = lemma
    valency_examples_table.loc[i, 'Примеры'] = examples

#Составление таблицы-словаря с семантическими классами:
valency_semantics_table = pandas.read_excel('/content/Словарь
валентностей.xlsx', sheet_name='Семантика')

#Удаление семантического класса "Объект" по причине отсутствия в нём
значимой информации для анализатора:
num_rows = valency_semantics_table.count()['Семантика']
indexes_to_delete = []
for i in range(0, num_rows):
    semantics = valency_semantics_table['Семантика'].values[i]
    index = semantics.find('Объект')
    if index > -1:
        indexes_to_delete.append(i)
valency_semantics_table = valency_semantics_table.drop(index = in-
dexes_to_delete)

#Переиндексирование таблицы:
new_index = 0
for index, row in valency_semantics_table.iterrows():
    valency_semantics_table.rename(index = {index: new_index}, inplace
= True)
    new_index += 1

```

#Добавление к имеющимся семантическим классам синонимичных с целью охвата как можно большего количества значений:

```
for index, row in valency_semantics_table.iterrows():
    semantics = valency_semantics_table['Семантика'].values[index]
    semantics = semantics.lower()
    semantics = semantics.split()
    valency_semantics_table['Семантика'].values[index] = semantics
    synsets = wikiwordnet.get_synsets(semantics[0])
    for synset in synsets:
        for word in synset.get_words():
            lemma = word.lemma()
            valency_semantics_table['Семантика'].values[index].append(lemma)
    valency_semantics_table['Семантика'].values[index] = list(set(valency_semantics_table['Семантика'].values[index]))
```

#Составление таблицы-словаря с переводом на английский:

```
english_table = pandas.read_excel('/content/Словарь валентностей.xlsx', sheet_name='Перевод_английский')
```

#Составление таблицы-словаря с переводом на французский:

```
french_table = pandas.read_excel('/content/Словарь валентностей.xlsx', sheet_name='Перевод_французский')
```

#Поиск глаголов

```
def find_verbs(processed_document):
    verbs = []
    for word in processed_document:
        verb = []
        text = word.text
        lemma = morph.parse(text)[0]
        POS = lemma.tag.POS
        if (POS == 'VERB') or (POS == 'INFN'):
            verb.append(lemma.normal_form)
```

```

        id = word.id
        verb.append(id)
        verbs.append(verb)
    return verbs

```

#Поиск зависимых слов

```

def find_dependents(verbs_list, tokens):
    for verb in verbs_list:
        dependents = []
        id = verb[1]
        for token in tokens:
            head_id = token.head_id
            if head_id == id:
                text_token = token.text
                lemma = morph.parse(text_token)[0]
                POS = lemma.tag.POS
                if POS == ('NOUN' or 'NUMR' or 'NPRO'):
                    id_token = [token.id]
                    case_token = lemma.tag.case
                    id_token.append(POS)
                    id_token.append(case_token)
                    dependents.append(id_token)
        verb.append(dependents)
    return verbs_list

```

#Поиск предлогов

```

def find_prepositions(verbs_list, tokens):
    for verb in verbs_list:
        dependents = verb[2]
        for dependent in dependents:
            dependent_id = dependent[0]
            prepositions = []
            for token in tokens:
                head_id = token.head_id
                if head_id == dependent_id:

```

```

        text_token = token.text
        lemma = morph.parse(text_token)[0]
        POS = lemma.tag.POS
        if POS == 'PREP':
            id_token = token.id
            prepositions.append(id_token)
        dependent.append(prepositions)
    return verbs_list

```

#Расшифровка зависимых слов

```

def decipher_dependents(verbs_list, tokens):
    for verb in verbs_list:
        dependents = verb[2]
        for dependent in dependents:
            dependent_id = dependent[0]
            for token in tokens:
                if token.id == dependent_id:
                    text_token = token.text
                    lemma = morph.parse(text_token)[0]
                    dependent[0] = lemma.normal_form
    return verbs_list

```

#Расшифровка предлогов

```

def decipher_prepositions(verbs_list, tokens):
    for verb in verbs_list:
        dependents = verb[2]
        for dependent in dependents:
            prepositions = dependent[3]
            for preposition in prepositions:
                for token in tokens:
                    if token.id == preposition:
                        text_token = token.text
                        lemma = morph.parse(text_token)[0]
                        prepositions[0] = lemma.normal_form
    return verbs_list

```

```

#Удаление id
def delete_id(verbs_list):
    for verb in verbs_list:
        verb.pop(1)
    return verbs_list

#Получение гиперонимов
def get_hypernyms_for_word(word):
    hypernyms = []
    synsets = wikiwordnet.get_synsets(word)
    for synset in synsets:
        synset_hypernyms = wikiwordnet.get_hypernyms(synset)
        for hypernym in synset_hypernyms:
            for word in hypernym.get_words():
                hypernym_word = word.lemma()
                hypernyms.append(hypernym_word)
    hypernyms = list(set(hypernyms))
    return hypernyms

#Поиск значения
def find_sense(verbs_list):
    for verb in verbs_list:
        flag = True
        search_verb = verb[0]
        dependents = verb[1]
        sub_valency_examples_table = valency_examples_table.loc[((va-
lency_examples_table['Несовершенный вид'] == search_verb) | (va-
lency_examples_table['Совершенный вид'] == search_verb))]
        sub_valency_semantics_table = valency_semantics_ta-
ble.loc[((valency_semantics_table['Несовершенный вид'] ==
search_verb) | (valency_semantics_table['Совершенный вид'] ==
search_verb))]
        if ((sub_valency_examples_table.empty == True) & (sub_va-
lency_semantics_table.empty == True)) :

```

```

        verb.append('Не определено')
    for dependent in dependents:
        dependent_word = dependent[0]
        dependent_POS = dependent[1]
        dependent_case = dependent[2]
        dependent_prepositions = dependent[3]
        hypernyms = get_hypernyms_for_word(dependent_word)
        for index in range (len(sub_valency_examples_table)):
            for word in sub_valency_examples_table['Примеры'].values[index]:
                if flag == True:
                    if dependent_word == word:
                        sense = sub_valency_examples_table['Значение'].values[index]
                        verb.append(sense)
                        flag = False
        for index in range (len(sub_valency_examples_table)):
            for dependent_preposition in dependent_prepositions:
                if flag == True:
                    if dependent_preposition == sub_valency_examples_table['Предлог'].values[index]:
                        sense = sub_valency_examples_table['Значение'].values[index]
                        verb.append(sense)
                        flag = False
        for index in range (len(sub_valency_semantics_table)):
            for word in sub_valency_semantics_table['Семантика'].values[index]:
                if flag == True:
                    for hypernym in hypernyms:
                        if hypernym == word:
                            sense = sub_valency_examples_table['Значение'].values[index]
                            verb.append(sense)
                            flag = False

```

```

if flag == True:
    for dependent in dependents:
        dependent_word = dependent[0]
        dependent_POS = dependent[1]
        dependent_case = dependent[2]
        dependent_preposition = dependent[3]
        for index in range (len(sub_valency_examples_table)):
            if flag == True:
                if dependent_case == sub_valency_examples_table['Падеж'].values[index]:
                    sense = sub_valency_examples_table['Значение'].values[index]
                    verb.append(sense)
                    flag = False
            for index in range (len(sub_valency_examples_table)):
                if flag == True:
                    if dependent_POS == sub_valency_examples_table['Часть речи'].values[index]:
                        sense = sub_valency_examples_table['Значение'].values[index]
                        verb.append(sense)
                        flag = False
    return verbs_list

```

#Поиск английского перевода

```

def find_english_translation(word, sense):
    sub_english_table = english_table.loc[(((english_table['Несовершенный вид'] == word) | (english_table['Совершенный вид'] == word)) & (english_table['Значение'] == sense))]
    verb_translation = sub_english_table['Перевод'].values[0]
    return verb_translation

```

#Поиск французского перевода

```

def find_french_translation(word, sense):

```

```

        sub_french_table = french_table.loc[(((french_table['Несовершенный вид'] == word) | (french_table['Совершенный вид'] == word)) & (french_table['Значение'] == sense))]
        verb_translation = sub_french_table['Перевод'].values[0]
        return verb_translation

```

#Считывание текста из текстового файла. Разделение текста на предложения:

```

file = open('Тестовая выборка.txt')
file = file.read()
sentences = file.split('.')

```

#Считывание текста из excel-файла. Разделение текста на предложения:

```

sentences = []
excel_file = open('Тестовая выборка.xlsx')
excel_data = pandas.read_excel('Тестовая выборка.xlsx')
for index in range (len(excel_data)):
    text = excel_data['Текст'].values[index]
    sentences.append(text)

```

#К каждому предложению применяются объявленные выше функции:

```

results = pandas.DataFrame(columns = ['Предложение', 'Глагол', 'Зависимые слова', 'Значение'])
for sentence in sentences:
    doc = Doc(sentence)
    doc.segment(segmenter)
    doc.parse_syntax(syntax_parser)
    verbs_list = find_verbs(doc.tokens)
    verbs_list = find_dependents(verbs_list, doc.tokens)
    verbs_list = find_prepositions(verbs_list, doc.tokens)
    verbs_list = decipher_dependents(verbs_list, doc.tokens)
    verbs_list = decipher_prepositions(verbs_list, doc.tokens)
    verbs_list = delete_id(verbs_list)
    verbs_list = find_sense(verbs_list)
    for verb in verbs_list:

```

```

word = verb[0]
dependents = verb[1:(len(verb)-1)]
sense = verb[len(verb)-1]
line = pandas.DataFrame({'Предложение': sentence, 'Глагол':
word, 'Зависимые слова': dependents, 'Значение': sense})
results = results.append(line, ignore_index = True)

#Скачивание результатов для оценки экспертами вручную:
results.to_excel('Результаты.xlsx')

# Нахождение верного английского перевода для всех глаголов с
математическим значением:
english_translation_results = results.loc[((results['Значение'] !=
'Нематематическое') & (results['Значение'] != 'Не определено'))]
english_translation_results = english_translation_results.drop(col-
umns = 'Зависимые слова')
english_translation_results['Перевод'] = ''
for index in range (len(english_translation_results)):
    verb = english_translation_results['Глагол'].values[index]
    sense = english_translation_results['Значение'].values[index]
    english_verb_translation = find_english_translation(verb, sense)
    english_translation_results['Перевод'].values[index] = eng-
lish_verb_translation

# Нахождение верного французского перевода для всех глаголов с
математическим значением:
french_translation_results = results.loc[((results['Значение'] !=
'Нематематическое') & (results['Значение'] != 'Не определено'))]
french_translation_results = french_translation_results.drop(columns
= 'Зависимые слова')
french_translation_results['Перевод'] = ''
for index in range (len(french_translation_results)):
    verb = french_translation_results['Глагол'].values[index]
    sense = french_translation_results['Значение'].values[index]
    french_verb_translation = find_french_translation(verb, sense)

```

```
french_translation_results['Перевод'].values[index] =  
french_verb_translation
```