Реферат

Дипломная работа содержит 60 страниц, ?? рисунка, ?? таблиц. Список использованных источников содержит ?? позиций

Содержание

Список терминов и их сокращений

Введение

Мы живем в мире информационных технологий, которые прочно вошли в нашу жизнь. Мы пользуемся современными средствами связи. Компьютер превратился в неотъемлемый элемент нашей жизни не только на рабочем месте, но и в повседневной жизни. Быстрое развитие новых информационных технологий свидетельствует о всевозрастающей роли компьютерной техники в мировом информационном пространстве.

С каждым днем увеличивается число пользователей Интернета. Все больше сетевые технологии оказывают влияние на развитие самой науки и техники. За последние годы сильно начал меняться характер образования, переходя на уровень дистанционного. Этот переход осуществляется даже в классических вузах. Развитие науки и образования, да и вообще формирование мирового информационного пространства значительно тормозится из-за так называемого языкового барьера. Эта проблема пока не нашла своего кардинального решения.

Последние годы объем предназначенной для перевода информации увеличился. Создание универсального языка типа Эсперанто, «эльфийских языков» или какого-либо другого языка не привели к изменению ситуации. Использование традиционных средств межкультурной коммуникации может быть достойным выходом. Нынешний век диктует свои условия: информация меняется двадцать четыре часа в сутки, широко применяются электронные средства связи. В такой ситуации классический подход к осуществлению перевода не всегда оправдывает себя. Он требует значительных капиталовложений и временных затрат. В некоторых случаях более целесообразным представляется использование машинного или автоматического перевода и систем машинного перевода (СМП).

Работа посвящена разработке распределенной программно-информационное обеспечение статистической модели перевода естественных языков.

Актуальность темы оправдана появлением большого количества научно-

технических документов и необходимостью оперативного их перевода на другие языки.

Целью работы является создание статистической системы машинного перевода. Обозначенная цель подразумевает проектирование распределенной системы, разработку алгоритмов статистического анализа текстов, реализацию и тестирование программного обеспечения.

Цель определила следующие задачи:

- исследование существующих статистических систем машинного перевода;
- изучение математических основ построения статистических систем машинного перевода;
- изучение лингвистических основ машинного перевода;
- изучение возможных вариантов хранения данных в рамках задачи машинного перевода;
- составление требований и ограничений системы;
- разработка численного алгоритма обучения системы;
- разработка алгоритма поиска верного варианта перевода на основе обученной модели;
- составление требований к входным данным численного алгоритма;
- составление требований к выходным данным алгоритма поиска ;
- разработка структуры хранения данных;
- разработка распределенной архитектуры;
- разработка работающей обучающейся модели на тестовых входных данных;

- разработка работающего поискового модуля на тестовых входных данных;
- подбор нужных корпусов текстов;
- разработка распределенной обучающейся системы;
- разработка алгоритмов предварительной обработки входных корпусов текста;
- корректировка системы с учетом входных данных;
- тестирование приложения в совокупности отладка всей системы.

Объектом работы является машинный перевод. Предметом работы является распределенная статистическая система машинного перевода. В ходе работы были использованы следующие методы:

- аналитический;
- метод аналогии;
- изучение монографических публикаций и статей;
- метод индукции;
- метод синтеза;
- методы эксперимента;

Теоретическая значимость работы. В работе проведен краткий обзор существующих систем машинного перевода, описана теоретическая база статистических СМП, изложен не стандартный подход к созданию таких систем.

Практическая ценность работы. В ходе работы была спроектирована, реализована и спроектирована распределенная система статистического машинного перевода.

1. К проблеме машинного перевода

В настоящее время имеется достаточно широкий выбор пакетов программ, облегчающих труд переводчика, которые условно можно подразделить на две основные группы:

- электронные словари (electronic dictionary)
- системы машинного перевода (machine translation system).

Системы машинного перевода (СМП) текстов с одних естественных языков на другие моделируют работу человека-переводчика. Их полезность зависит от того, в какой степени в них учитываются объективные законы языка и мышления. Законы эти пока еще изучены плохо. Поэтому, решая задачу машинного перевода, необходимо учитывать опыт межнационального общения и опыт переводческой деятельности, накопленный человечеством. В процессе перевода в качестве основных единиц смысла выступают не отдельные слова, а фразеологические словосочетания, выражающие понятия. Именно понятия являются элементарными мыслительными образами. Только используя их можно строить более сложные образы, соответствующие переводимому тексту. В современной лингвистике можно выделить ряд направлений использования компьютера:

- машинный перевод:
- отдельные виды автоматизации лингвистических исследований;
- автоматизация лексикографических работ;
- автоматический поиск библиографической информации.

В этой работе мы будем подробно рассматривать системы машинного перевода.

1.1. Основные понятия машинного перевода

На данный момент выделяют три типа систем машинного перевода.

- полностью автоматический;
- автоматизированный машинный перевод при участии человека (MT[1]-системы);
- автоматизированный машинный перевод при участии человека (TM[2]-системы);

Полностью автоматические системы машинного перевода являются скорее несбыточной мечтой, чем реальной идей. В этой работе мы их рассматривать не будем. Все системы машинного перевода (MT-системы) работают при участии человека в той или иной мере. TM-системы иногда называют еще «памятью переводчика». Они являются скорее просто удобным инструментом, нежели элементом автоматизации.

1.1.1. Подходы к машинному переводу

Системы машинного перевода могут использовать метод перевода основанный на лингвистических правилах. Наиболее подходящие слова из исходного языка просто заменяются словами переводного языка. Часто утверждается, что для успешного решения проблемы машинного перевода, необходимо решить проблему понимания текста на естественном языке.

Как правило, метод перевода основанный на правилах использует символическое представление (посредника), на основе которого создается текст на переводном языке. А если учитывать природу посредника то можно говорить об интерлингвистическом машинном переводе или трансфертном машинном переводе. Эти методы требуют очень больших словарей с мор-

[1]Machine Translation.
[2]Translation memory.

фологической, синтаксической и семантической информацией и большого набора правил.

Современные системы машинного перевода делят на три большие группы:

- основанные на правилах;
- основанные на примерах;
- статистические.

1.1.2. СМП основанные на правилах

Системы машинного перевода основанные на правилах – общий термин, который обозначает системы машинного перевода на основе лингвистической информации об исходном и переводном языках. Они состоят из двуязычныхсловарей и грамматик, охватывающих основные семантические, морфологические, синтаксические закономерности каждого языка. Такой подход к машинному переводу еще называют классическим. На основе этих данных исходный текст последовательно, по предложениям, преобразуется в текст перевода. Часто, такие системы противопоставляют системам машинного перевода, которые основаны на примерах. Принцип работы таких систем – связь структуры входного и выходного предложения.

Эти системы делятся на три группы:

- системы пословного перевода;
- трансфертные системы;
- интерлингвистические;

1.1.2.1. Пословный перевод Такие системы используются сейчас крайне редко из-за низкого качества перевода. Слова исходного текста преобразуются (как есть) в слова переводного текста. Часто такое преобразование происходит без лемматизации и морфологического анализа. Это са-

мый простой метод машинного перевода. Он используется для перевода длинных списков слов (например, каталогов). Так же он может быть использован для составления подстрочечника для ТМ-систем.

1.1.2.2. Трансфертные системы Как трансфертные системы, так и интерлингвистические, имеют одну и ту же общую идею. Для перевода необходимо иметь посредника, который в себе несет смысл переводимого выражения. В интерлингвистических системах посредник не зависит от пары языков, в то время как в трансфертных – зависит. Трансфертные системы работают по очень простому принципу: к входному тексту применяются правила, которые ставят в соответствие структуры исходного и переводного языков. Начальный этап работы включает в себя морфологический, синтаксический (а иногда и семантический) анализ текста для создания внутреннего представление. Перевод генерируется из этого представления с использованием двуязычных словарей и грамматических правил. Иногда на основе первичного представления, которое было получено из исходного текста, строят более «абстрактное» внутренне представление. Это делается для того, чтобы акцентировать места важные для перевода, и отбросить несущественные части текста. При построении текста перевода преобразование уровней внутренних представлений происходит в обратном порядке.

При использовании этой стратегии получается достаточно высокое качество переводов, с точностью в районе 90% (хотя это сильно зависит от языковой пары). Работа любой системы трансфертного перевода состоит как минимум из пяти частей:

- морфологический анализ;
- лексическая категоризация;
- лексический трансфер;
- структурный трансфер;

- морфологическая генерация.

1.1.2.3. Интерлингвистический машинный перевод Интерлингвистический машинный перевод – один из классических подходов к машинному переводу. Исходный текст трансформируется в абстрактное представление, которое не зависит от языка (в отличие от трансфертного перевода). Переводной текст создается на основе этого представления. Можно доказать математически, что в рамках этого подхода, создания каждого нового интерпретатора языка для такой системы будет удешевлять ее, по сравнению, например, с системой трансфертного перевода. Кроме того, в рамках такого подхода можно реализовать «пересказ текста», перефразирование исходного текста в рамках одного языка.

Однако, до сих пор не существует реализаций такого подхода, которые бы корректно работали бы хотя бы для двух языков. Многие эксперты высказывают сомнения в возможности такой реализации. Сама большая сложность для создания подобных систем заключается в проектировании межъязыкового представления. Оно должно быть одновременно абстрактным и независящим от конкретных языков, но в тоже время оно должно отражать особенности любого существующего языка. С другой стороны, в рамках искусственного интеллекта, задача выделения смысла текста на данный момент до сих пор не решена.

1.1.3. Системы машинного перевода основанные на примерах

Перевод основанный на примерах – один из подходов к машинному переводу, при котором используется двуязычный корпус текста. Этот корпус текста во время перевода используется как база знаний. Предполагается, что люди разлагают исходный текст на фразы, потом переводят эти фразы, а далее составляют переводной текст из фраз. Причем, перевод фраз обычно происходит по аналогии с предыдущими переводами. Для построения системы машинного перевода, основанной на примерах потребуется

языковой корпус, составленный из пар предложений. Языковые пары — тексты, содержащие предложения на одном языке и соответствующие им предложения на втором, могут быть как вариантами написания двух предложений человеком — носителем двух языков, так и набором предложений и их переводов, выполненных человеком.

Перевод, основанный на примерах, лучше всего подходит для таких явлений как фразовые глаголы. Значения фразовых глаголов сильно зависит от контекста. Фразовые глаголы очень часто встречаются в разговорном английском языке. Они состоят из глагола с предлогом или наречием. Смысл такого выражения невозможно получить из смыслов составляющих частей. Классические методы перевода в данном случае неприменимы. Этот метод перевода можно использовать для определения контекста предложений.

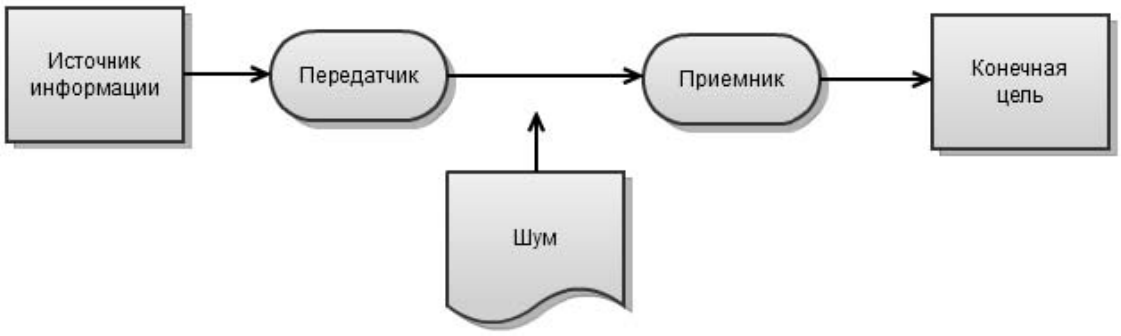
Как показано далее, реализовать примитивную систему машинного перевода основанную на примерах крайне просто.

1.1.4. Статистический машинный перевод

Статистический машинный перевод — это метод машинного перевода. Он использует сравнение больших объемов языковых пар, так же как и машинный перевод основанный на примерах. Статистический машинный перевод обладает свойством «самообучения». Чем больше в распоряжении имеется языковых пар и чем точнее они соответствуют друг другу, тем лучше результат статистического машинного перевода. Статистический машинный перевод основан на поиске наиболее вероятного перевода предложения с использованием данных из двуязычных корпусов текстов. В результате при выполнении перевода компьютер не оперирует лингвистическими алгоритмами, а вычисляет вероятность применения того или иного слова или выражения. Слово или последовательность слов, имеющие оптимальную вероятность, считаются наиболее соответствующими переводу исходного текста и подставляются компьютером в получаемый в результате текст. В статистическом машинном переводе ставится задача не перево-

да текста, а задача его расшифровки. Мы предполагаем, что статья, написанная на английском языке, на самом деле является статьей написанной на английском, но текст зашифрован (или искажен шумом). При таком подходе становится понятно почему, чем дальше языки, тем лучше работает статистический метод, по сравнению с классическими подходами.

1.1.4.1. Модель Шеннона



Модель состоит из пяти элементов: источника информации, передатчика, канала передачи, приемника и конечной цели, расположенных линейно. Передатчик кодирует информацию, полученную от источника, и передает ее на канал. По каналу передачи, на который действует шум — помехи любого рода, искажающие информацию, данные поступают в приемник, где они декодируется и передаются к конечной цели.

Из-за шума полученная приемником информация в общем случае не совпадает с информацией, отправленной передатчиком. Однако, согласно Шеннону, создавая избыточную информацию, исходные данные можно восстановить со сколь угодно высокой вероятностью. Для обнаружения ошибок используются контрольные суммы, для их исправления — специальные корректирующие коды (при условии, что степень шума не превосходит некоторой границы). Стоит отметить, что любая информация в некотором роде избыточна (Shannon, 1948: 380). Человеческая речь избыточна — чтобы уловить смысл предложения, зачастую необязательно слышать его полностью. Аналогично, письменная речь, тоже избыточна, и при переводе этим можно воспользоваться. Если предложение в целом понятно, но есть несколько

незнакомых слов, то обычно не трудно догадаться об их значении.

Таким образом, для перевода текста необходимо найти способ декодирования, использующий естественную избыточность, в связи с чем декодирование должно быть вероятностным. Задача такого декодирования заключается в том, чтобы, при данном сообщении, найти исходное сообщение, которому соответствует наибольшая вероятность. Для этого же необходимо для любых двух сообщений уметь находить условную вероятность того, что переведенное сообщение, пройдя через канал с шумом, преобразуется в исходное сообщение. В данном случае нужна модель источника (модель языка) и модель канала (модель перевода). Модель языка дает оценку вероятности фразам переводного языка, а модель перевода оценивает вероятность исходной фразы при условии фразы на переводном языке. Если нам нужно перевести фразу с русского на английский, то мы должны знать, что именно обычно говорят по-английски и как английские фразы искажаются до состояния русского языка. Сам по себе перевод превращается в процесс поиска такой английской фразы, которая максимизировала бы произведения безусловной вероятности английской фразы и вероятности русской фразы (оригинала) при условии данной английской фразы.

$$\max_{\varphi_e} P(\varphi_e|\varphi_r) = \max_{\varphi_e} \left(P(\varphi_e) \cdot P(\varphi_r|\varphi_e)\right)$$

- φ_e — фраза перевода (английская);
- φ_e — фраза оригинала (русская).

В системах статистического перевода, в качестве модели языка используются варианты n-граммной модели (например, в переводчике Google, используется 5-граммная модель). Согласно этой модели, правильность выбора того или иного слова зависит только от предшествующих (n-1) слов. Самой простой статистической моделью перевода является модель дословного перевода. В этой модели, известной как Модель IBM №1, предполагается, что для перевода предложения с одного языка на другой достаточно

перевести все слова (создать «мешок слов»), а расстановку их в правильном порядке обеспечит модель языка. Единственным массивом данных, которым оперирует Модель №1, является таблица вероятностей парных переводных соответствий слов двух языков. Обычно используются более сложные модели перевода. Многие из них являются коммерческими тайнами компаний разработчиков [**?**]. Работа статистических систем, так же как и систем основанных на примерах происходит в двух режимах: обучения и эксплуатации. В режиме обучения просматриваются параллельные корпуса текста и вычисляются вероятности переводных соответствий. Строится модель языка перевода. Тут же определяются вероятности каждого n-грамма. В режиме эксплуатации, для фразы из исходного текста ищется фраза переводного текста, так, чтобы максимизировать произведение вероятностей.

1.2. Сравнение различных типов СМП

Рассмотрим кратко преимущества и недостатки существующих систем. Системы пословного перевода на данный момент используются только для составления подстрочечника, как отмечалось ранее. Преимущества:

- простота;
- высокая скорость работы;

- не требовательные к ресурсам.

Недостатки: низкое качество перевода. Ярких представителей на рынке нет, в данном случае удобнее создавать новую систему под конкретную задачу.

Трансфертные системы распространены очень широко. Наиболее известными представителями являются:

- ImTranslator;
- PROMPT.

Все подобные системы имеют сходные преимущества и недостатки. Преимущества:

- высокое качество перевода (при наличие нужных словарей и правил);
- обычно есть выбор тематики текста, который повышает качество перевода;
- возможно уточнение перевода, благодаря внесению изменений в базу данных переводчика (таким образом, пользователь получает потенциально бесконечное множество терминов, с которыми можно свободно оперировать, и можно достигнуть «бесконечного» качества перевода).

Недостатки:

- высокая стоимость и время разработки;
- для добавления нового языка, приходиться переделывать систему заново;
- нужна команда квалифицированных лингвистов, для описания каждого исходного и каждого переводного языка;

- требовательность к ресурсам на этапе составления базы.

Интерлингвистические системы перевода так и не были доведены до уровня промышленных систем. Предполагаемые преимущества:

- высокое качество перевода, независимо от выбора языка;
- выделение смысла из исходного текста происходит один раз и потом записывается на любой язык, в том числе исходный (получаем «пересказ текста»);
- низкая стоимость трудозатрат на добавления нового языка в систему.

Недостатки:

- спорность потенциальной возможности;
- высокая сложность разработки;
- системы не масштабируются.

СМП, основанные на примерах, так же не имеют ярких представителей. Существующие прототипы используются в академической среде для иллюстрации самого метода. Часто они поставляются не в виде готового продукта, а в виде набора библиотек: Marclator – СМП Дублинского Университета; Cunei □ гибридная СМП, основанная на переводе по аналогии и на статистическом переводе.

Рассмотрим преимущества и недостатки таких систем: Преимущества:

- высокое качество перевода (при наличие достаточно долгой тренировке системы);
- хорошо справляется со многими контекстными задачами (фразовые глаголы);
- квалифицированные лингвисты не нужны непосредственно для построения системы, нужны только инженеры;

- логическая простота устройства;
- возможно обучение системы во время ее эксплуатации.

Недостатки:

- для обучения системы нужны большие параллельные корпуса текста, размеченные определенным образом.
- перевод сильно зависит от корпусов, которые использовались при обучении;
- для создания подобных систем требуются специализированные языки программирования;
- продолжительное время обучения;
- требовательность к ресурсам на этапе обучения.

Статистические системы машинного перевода активно разрабатывались (и разрабатываются) компанией IBM. Благодаря ее разработкам, были созданы модели перевода IBM Model 1-5. Но наибольшую известность этот метод приобрел благодаря компании Google. Кроме переводчика Google существует еще ряд систем и библиотек, использующих статистический подход. . Преимущества:

- высокое качество перевода (для фраз, которые целиком помещаются в n-граммную модель):
- при наличие достаточно долгой тренировке системы.
- при наличие качественных корпусов текста;
- квалифицированные лингвисты не нужны непосредственно для построения системы, нужны только инженеры;
- труд человека минимизирован для создания таких систем;

- не требуется перестраивать систему при добавлении нового языка;
- возможно обучение системы во время ее эксплуатации.

Недостатки:

- для обучения нужны большие параллельные корпуса текста;
- сложный математический аппарат;
- качественный перевод возможен только для фраз, которые целиком помещаются в n-граммную модель;
- перевод сильно зависит от корпусов, которые использовались при обучении.
- при добавлении нового языка приходится анализировать большое количество параллельных корпусов;
- продолжительное время обучения;
- требовательность к ресурсам на этапе обучения.

2. Математическая база статистического машинного перевода

2.1. Обучение

2.1.1. Вычисление языковой модели

В качестве модели языка в системах статистического перевода используются преимущественно различные модификации n-граммной модели, утверждающей, что «грамматичность» выбора очередного слова при формировании текста определяется только тем, какие $(n–1)$ слов идут перед ним. Вероятность каждого n-грамма определяется по его встречаемости в тренировочном корпусе [**?**].

$$P(\omega_1 \dots \omega_l) = \prod_{i=0}^{i=l+n-1} P'(\omega_i | \omega_{i-1} \dots \omega_{i-n+1})$$

n — n-граммность модели.

$$P'(\omega_m | \omega_1 \dots \omega_{m-1}) = K_n \cdot P(\omega_m | \omega_1 \dots \omega_{m-1}) + K_{m-1} \cdot P(\omega_{m-1} | \omega_1 \dots \omega_{m-2}) +$$

$$+ K_2 \cdot P(\omega_2 | \omega_1) + K_1 \cdot P(\omega_1) + K_0;$$

$$P(\omega_1) = \frac{\textit{частота}\ (\omega_1)}{|\Theta|};$$

$$P(\omega_m | \omega_1 \dots \omega_{m-1}) = \frac{\textit{частота}\ (\omega_1 \dots \omega_{m-1} \omega_m)}{\textit{частота}\ (\omega_1 \dots \omega_{m-1})};$$

K_i — коэффициенты сглаживания. Они могут быть выбраны различными

способами. Чаще всего используется линейная интерполяция.

$$K_i > K_{i+1};$$

$$\sum_{i=0}^{i=n} K_i = 1.0;$$

В этом случае придется подбирать и экспериментально, например для трехграммной модели $K_3 = 0.8, K_2 = 0.15, K_1 = 0.049, K_0 = 0.001$[**?**]

P' можно вычислить иначе, используя адаптивный метод сглаживания

$$P'(\omega_m|\omega_1 \dots \omega_{m-1}) = \frac{\delta + \textit{частота}\ (\omega_1 \dots \omega_m)}{\sum\limits_i \left(\delta + \textit{частота}\ (\omega_{1_j} \dots \omega_{m_j})\right)}$$

$$= \frac{\delta + \textit{частота}\ (\omega_1 \dots \omega_m)}{\delta \cdot V + \sum\limits_i \left(\textit{частота}\ (\omega_{1_j} \dots \omega_{m_j})\right)}$$

V – количество всех n-грамм в используемом корпусе. Наиболее простым случаем аддитивного сглаживания является метод, когда $\delta = 1$ – метод сглаживания Лапласа [**?**].

Существуют и другие и специальные техники сглаживания вероятностей (Гуда-Тьюринга, kинтерполяции, Катца, Кнезера-Нейя [**?**]),

2.1.2. Вычисление модели перевода

Обозначим:

- Θ_e — «английский» текст (множество предложений);
- Θ_r — «русский» текст;
- Π_e — «английское» предложение (последовательность слов);
- Π_r — «русское» предложение;
- ω_e — «английское» слово;
- ω_r — «русское» слово;
- $l_e \leftarrow |\Pi_e|$;
- $l_r \leftarrow |\Pi_r|$;
- $\pi_{\omega_r} \leftarrow$ позиция ω_r в Π_r;
- $\pi_{\omega_e} \leftarrow$ позиция ω_e в Π_e.

Пусть $P(\Pi_e|\Pi_r)$ — вероятность некоторой строки (предложения) из e, при гипотезе перевода из r. По аналогии с моделью языка можно предположить, что

$$P(\Pi_e|\Pi_r) = \frac{\textit{частота}\ (\Pi_e, \Pi_r)}{\textit{частота}\ (\Pi_r)};$$

Однако это не верно.

Для вычисления модели перевода нужно:

- разделить предложение на меньшие части, как при моделировании языка
- ввести новую переменную a, представляющую выравнивания между отдельными словами в паре предложений;

$$P(П_e|П_r) = \sum_a P(П_e, a|П_r);$$

Вероятность перевода

$$P(П_e, a|П_r) = \frac{\varepsilon}{(l_r+1)^{l_e}} \prod_{j=1}^{l_e} t(\omega_{ej}|\omega_{ra(j)})$$

t – это вероятность слова оригинала в позиции j при соответствующем ему слове перевода $\omega_{ra(j)}$, определенном выравниванием a. ε — нормализующая «константа». В этой работе ε выбирается равным 1, но если рассуждать более строго, ε — распределение вероятностей длин предложений каждого из языков

$$\varepsilon = \varepsilon(l_e|l_r)$$

Для приведения $P(П_e, a|П_r)$ к $P(a|П_e, П_r)$, т.е. к вероятности данного выравнивания при данной паре предложений, каждая вероятность $P(П_e, a|П_r)$ нормализуется по сумме вероятностей всех выравниваний данной пары предложений:

$$P(a|П_e, П_r) = \frac{P(П_e, a|П_r)}{\sum_a P(П_e, a|П_r)}$$

Имея набор выравниваний с определенными вероятностями, мы можем подсчитать частоты каждой пары слов, взвешенные по вероятности выравниваний, в которых они встречаются. Например, если какая-то пара слов встречается в двух выравниваниях, имеющих вероятности 0.5 и 1, то взвешенная частота ($counts$) такой пары равна 1.5 [**?**].

$$t(\omega_e|\omega_r) = \frac{counts(\omega_e|\omega_r)}{\sum_{\omega_e} counts(\omega_e|\omega_r)} = \frac{counts(\omega_e|\omega_r)}{total(\omega_r)};$$

Требуется оценить вероятности лексического перевода $t(\omega_e|\omega_r)$ из параллельного корпуса (Θ_e, Θ_r). Но чтобы сделать это нужно вычислить a, которой у нас нет. Возникает так называемая «проблема курицы и яйца». Чтобы оценить параметры модели нужно знать выравнивания. Чтобы оценить выравнивания нужно знать параметры модели.

Для оценки параметров мы будем использовать EM-алгоритм (Витерби).

- инициализируем параметры модели (одинаковыми значениями, на первой итерации);
- оценим вероятности отсутствующей информации;
- оценим параметры модели на основании новой информации;
- перейдем к следующей итерации.

2.2. Декодирование

3. Архитектура разрабатываемой системы

https://github.com/w495/ngrm-smt

4. Практическая часть

https://github.com/w495/ngrm-smt

5. Охрана труда и окружающей среды

5.1. Введение

Любая технологическая деятельность является потенциально опасной для человека и окружающей средыОбъемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м3 /на одного человека в час .
Разработка дипломного проекта на кафедре «Вычислительная математика и программирование» неизбежно связано с постоянной и долговременной работой с персоональным вычислительным устройством и иной электронной техникой.

Распределенное программно-информационное обеспечение статистической модели перевода естественных языков созданное в рамках данной дипломной работы, — это сложный программный программный комплекс. Разработка такого рода систем не подразумевает постоянное взаимодействие с компьютерной техникой.

Работа с компьютером характеризуется:

- значительным умственным напряжением;
- нервно-эмоциональной нагрузкой;
- высокой напряженностью зрительной работы;
- не естественным положением корпуса тела;
- нагрузкой на мышцы кистей рук (при работе с клавиатурой).

Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы человека.

В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха.

В противном случае у человека отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

Кроме того, важно соблюдать достаточную площадь на одно рабочее место.

Она должна составлять для взрослых пользователей не менее 9 м^2, а объем не менее 20 м^5.

В целом, на рабочем месте должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов производства.

Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами. Эти нормативные документы обязывают к созданию на рабочем месте условий труда, при которых влияние опасных и вредных факторов на работающих либо устранено совсем, либо находится в допустимых пределах. Эти, а также многие другие факторы необходимо учитывать при длительной и интенсивной работе с компьютером, такой как разработка дипломного проекта. Соблюдение правил безопасности при работе с компьютером позволяет не только сохранить здоровье, но и повысить производительность, уменьшив утомление от длительного взаимодействия с техникой.

5.2. Основная часть

В основной части работы будут кратко описана большая часть требований к условиям труда программиста. В конце части более подробно описан уровень шума, возникающий от нескольких некогерентных источников.

5.2.1. Микроклимат

Микроклимат — суть, состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха.

Главным процессом, который регулируется параметрами микроклимата является теплообмен человека с окружающей средой. Человеческому организму очень важно поддерживать постоянную температуру тела. Это является необходимым условием жизнедеятельности человека, осуществляемым благодаря процессу терморегуляции.

Терморегуляция — способность человека поддерживать температуру тела в определенных рамках, несмотря на температуру окружающей среды.

Отклонение нормальной для организма температуры в сторону увеличения называется гипертермией, в сторону уменьшения — гипотермией. Главное, что может предоставить комфортный для человека микроклимат — это оптимальные условия для теплообмена тела человека с окружающей средой.

При работе за компьютером в замкнутом помешении человек, как правило, окружен вычислительной техникой, основная особенность которой — большое количество выделяемого в окружающую среду тепла.

Это является следствием того, что в помещении происходит повышение температуры и снижение относительной влажности воздуха.

Именно температура и относительная влажность воздуха являются двумя основными параметрами, регулируемыми в санитарных нормах СН-245-71.

Подвижностью воздуха в пощение — еще один важный параметр микроклимата. Значения этих параметров должны зависеть от времени года.

Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры для холодного времени года:

Параметр микроклимата	Величина параметра
Температура воздуха в помещении	22.24°C
Относительная влажность	40.60 %
Скорость движения воздуха	до 0.1м/с

Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры для теплого времени года:

Параметр микроклимата	Величина параметра
Температура воздуха в помещении	23.25°C
Относительная влажность	40.60 %
Скорость движения воздуха	0.1 - 0.2м/с

Кроме того, в помещение, где находятся комрьютеры, необходимо осуществлять подачу свежего воздуха.

Этот параметр зависит от объема помещения, приходящегося на одного человека, который не должен быть меньше, чем 19,5м^3 на человека.

Объем помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, $м^3$ на одного человека в час
до $20м^3$ на человека	Не менее 30
от $20м^3$ до $40м^3$ на человека	Не менее 20
от $40м^3$ на человека	Естественная вентиляция

Обычно, для достижения значений параметров, приведенных в таблицах выше применяют технические средства — кондиционирование воздуха, отопительная система и организационные методы — рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха.

5.2.2. Режимы труда и отдыха

Соблюдение правильного режима может значительно улучшить самочувствие и повысить производительность труда.

В случае несоблюдения режимов труда и отдыха у человека при долгой работе за компьютером могут наблюдаться:

- усталость;
- нарушения сна;
- болезненные ощущения (в глазах, пояснице и области шеи),

В соответствии со СанПиН 2.2.2 546-96 все виды трудовой деятельности, связанные с использованием компьютера, разде-ляются на три группы:

- группа А: работа по считыванию информации с экрана компьютера с предварительным запросом;

- группа Б: работа по вводу информации;
- группа В: творческая работа в режиме диалога с ЭВМ.

5.2.2.1. Группа А

Уровень нагрузки за рабочую смену, количест-во знаков	Суммарное время регламентированных перерывов, минут	
	Смена 8 часов	Смена 12 часов
до 20000	30	70
до 40000	50	90
до 60000	70	120

5.2.2.2. Группа Б

Уровень нагрузки за рабочую смену, количест-во знаков	Суммарное время регламентированных перерывов, минут	
	Смена 8 часов	Смена 12 часов
до 15000	30	70
до 30000	50	90
до 40000	70	120

5.2.2.3. Группа В

Уровень нагрузки за рабочую смену, часов	Суммарное время регламентированных перерывов, минут	
	Смена 8 часов	Смена 12 часов
до 2	30	70
до 4	50	90
до 6	70	120

Время перерывов дано при соблюдении указанных Сани-тарных правил и норм. При несоответствии фактических условий труда требованиям Санитарных правил и норм время регламентированных перерывов сле-дует увеличить на 30 %.

Эффективность перерывов повышается при сочетании с производственной гимнастикой или организации специального помещения для отдыха персонала с удобной мягкой мебелью, аквариумом, зеленой зоной и т.п.

5.2.3. Электромагнитное и ионизирующее излучения

По-мнению ученых, излучение большинства современных мониторов не оказывает пагубного воздействия для взрослого человека.

Тем не менее, исчерпывающих данных по этому вопрос пока нет.

Максимальный уровень рентгеновского излучения от монитора составляет в среднем 10 $\frac{\text{мкБэр}}{\text{ч}^2}$, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений лежит в интервале 10-100 $\frac{\text{мВт}}{\text{м}^2}$.

Ниже описаны допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений (в соответствии с СанПиН 2.2.2.542-96).

- Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора — 10В/м.
- Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора — 0,3А/м.
- Для взрослых пользователей напряженность электростатического поля не должна превышать — 20кВ/м.

Для снижения воздействия этих видов излучения рекомендуется применять мониторы с пониженным уровнем излучения (MPR-II, TCO-92, TCO-99), устанавливать защитные экраны, а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

5.2.4. Освещение

Обычно освещению как рабочего места, так и помещения уделяют мало внимания. При работе за компьютером несоблюдение правил освещения является одной из основных причин ухудшения зрения.

Недостаточность освещения:

- ослабляет внимание;
- приводит к наступлению преждевременной утомленности.

Чрезмерно яркое освещение:

- вызывает ослепление;
- раздражение и резь в глазах;
- приводит к наступлению преждевременной утомленности.

Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики. Для программиста, эти факторы не являются особенно важными, однако, благоприятными их тоже назвать нельзы.

Существует три вида освещения — естественное, искусственное и совмещенное (ес-те-ственное и искусственное вместе).

Естественное освещение — освещение помещений дневным светом, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях помещений. Естественное освещение характеризуется тем, что меняется в широких пределах в зависимо-сти от времени дня, времени года, характера области и ряда других факторов.

Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем, когда не удается обеспечить нормированные значения коэффициента естественного освещения (пас-мурная погода, короткий световой день).

Искусственное освещение бывает трех видов:

- рабочее;
- аварийное;
- эвакуационное.

Освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным, называется совмещенным освещением.

Рабочее освещение, может быть общим или комбинированным.

Общее – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования.

Комбинированное – освещение, при котором к общему добавляется местное освещение.

Согласно СНиП II-4-79 в помещений вычислительных центров необходимо применить систему комбинированного освещения.

В качестве источников искусственного освещения обычно используются люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ. Они попарно объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно.

В физике освещенность определяется как отношение светового потока на единицу поверхности:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}$$

Единицей измерения освещённости в системе СИ служит люкс (лк).

Световой поток можно рассчитать по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}$$

- Ф - рассчитываемый световой поток, Лм;

- E - нормированная минимальная освещенность, Лк (определяется по таблице). Работу программиста, в соответствии с этой таблицей, можно отнести к разряду точных работ, следовательно, минимальная освещенность будет E = 300Лк (значения для минимальной освещенности описаны ниже);
- S - площадь освещаемого помещения;
- Z - отношение средней освещенности к минимальной (обычно принимается равным 1.0, 1.1, 2.0);
- K - коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ);
- n - коэффициент использования, (выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы; зависит от характеристик светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых коэффициентами отражения от стен и потолка).

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная - 750лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300лк соответственно.

Кроме того все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование.

5.2.5. Шум и вибрация

При работе с любой техникой необходимо соблюдать спокойствее, не давать волю эмоциям. В противном случае, как для человека, так и для тех-

нического средства могут наступить необратимые последствия. Одним из наиболее сильных раздражающих факторов является шум

Под воздействием шума ухудшается внимание, повышается раздражительность. Последнее является весьма опасным последствием работы за компьютером. Человек испытывает головные боли, головокружение.

Шум замедляет реакцию человека на поступающие от технических устройств сигналы. Шум угнетает центральную нервную систему, вызывает изменения скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечнососудистых заболеваний.

В случае, когда шум воздействует на слуховые органы человека постоянно и его эффективность велика, то это может привести
к частичной или полной потере слуха человека.

Одна из измеримых характеристик звука — это количество заключенной в нем энергии; интенсивность звука в любой точке можно измерить как поток энергии, приходящейся на единичную площадку, и выразить в ваттах на квадратный метр $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right)$.

Такая характеристика не удобна. Возможен очень широком диапазон значений.

При попытке записать в этих единицах интенсивность обычных шумов сразу же возникают трудности, так как интенсивность наиболее тихого звука, доступного восприятию человека с самым острым слухом,
равна приблизительно $0.1 \cdot 10^{-11} \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

Легко видеть, что оперировать числами, выражающими интенсивности звука, лежащие в столь широком диапазоне, очень трудно. Выходом из сложившейся ситуации является использование некоторой *относительной величины*.

Такой величиной является децибел [дБ]. Уровень звука, выраженный в децибелах, численно равен десятичному логарифму безразмерного отношения измеряемой интенсивности звука к эталонной интенсивности звука,

умноженному на десять.

$$A_{\text{дБ}} = \log_{10}\left(\frac{A_1}{A_0}\right)$$

- A_1 – измеряемая интенсивность;
- A_0 – эталонная интенсивность, принимаемую за $10 - 12 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$.

Напомним, что децибел — это относительная величина. Операции над ней отличаются от операций на абсолютными величинами.

Общий уровень шума от двух источников будет представлять, выраженный в децибелах, не будет равен сумме каждого из них.

Суммировать необходимо интенсивность двух источников, а после этого перейти к децибелам путем увеличения логарифма.

Уровень шума, возникающий от нескольких некогерентных источников, работающих одновременно, подсчитывается на основании принципа энергетического сумми-рования излучений отдельных источников

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot log_{10}\left(\sum_{i=1}^{i=n}\left(10^{0.1 \cdot L_i}\right)\right)$$

- L_i – уровень звукового давления i-го источника шума;
- n – количество источников шума.

Полученные результаты расчета сравнивается с допустимым значением уровня шу-ма для данного рабочего места. Если результаты расчета выше допустимого значения уровня шума, то необходимы специальные меры по снижению шума.

Для того, чтобы оценить уровень шума в помещении обычно используются специализированные устройства — шумомеры. В простейшем случае шумомер состоит из усилителя, к входу которого подключается измерительный микрофон, а к выходу – вольтметр, проградуированный в децибелах.

Однако, существуют иные способы измерения. Для этого можно воспользоваться обычным микрофоном и любым профессиональным звуковым редактором (Sound Forge, Nero Wave Editor). Микрофон и программное обеспечение предварительно следует откалибровать.

Для оценки шума такого сложного устройства как компьютер может потребоваться, провести эксперименты по измерению уровня шума для каждой составляющей в отдельности.

В противном случае придется поверить шумовым характеристикам, которые указанны производителями комплектующих. Для типичного настольного компьютера характеристики будут следующие:

Источник шума	Уровень шума, дБ
Жесткий диск	35
Система охлаждения	45
Монитор	17
Клавиатура	5
Принтер	40

Таким образом можно оценить шум от типичного настольного компьютера

$$L_\Sigma = 10 \cdot log_{10}\left(10^{3.5} + 10^{4.5} + 10^{1.7} + 10^{0.5} + 10^{4.0}\right) =$$

$$= 10 \cdot log_{10}(44838.3) = 46.5165\text{дБ}$$

Ниже приведена таблица, выражающая уровни звука в децибелах на различных рабочих местах.

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	Легкая	Средняя	Тяжелая	Очень тяжелая
Мало Напряженный	80	80	75	75
Напряженный	70	70	65	65
Очень напряженный	60	60	—	—
Умеренно напряженный напряженный	50	50	—	—

Уровень шума на рабочем месте программистов не должен превышать 50 дБ, а в залах обработки информации на вычислительных машинах — 65 дБ.

Вычисленное значение не превышает допустимый уровень шума рабочего места. Однако, важно понимать, что приведенные расчеты не претендуют на высокую точность. Реальный уровень может быть несколько больше, так как вычислительная машина является далеко не единственным источником шума.

Для обеспечения показателей установленных нормой, необходимо использовать

звукопоглощающие материалы и виброизоляторы, в которые помещается оборудование. Кроме того, во многих случаях рекомендуется размещать рабочее место программиста и само устройство удаленно друг от друга.

5.3. Заключение

В работе кратко описаны основные требования к рабочему месту программиста такие как, благоприятный микроклимат, электромагнитное и ионизирующее излучение, не превосходящее нормативов, правильное освещение. Кроме того, рассказано про соблюдение режима труда и отдыха,

Наиболее подробно в работе рассмотрен фактор зашумленности рабочего места. Составление программ — сложная высокоинтеллектуальная деятельность, часто сопряженная с высокими нервными нагрузками. При работе с любой техникой необходимо соблюдать спокойствее, взвешенно и обдумано принимать решения, и не поддаваться внешним раздражителям. Одним из таких раздражителей является шум. Существуют различные методы защиты от шума. Чаще всего это звукоизоляция помещений, специальные установки для устройств, поглощающие вибрацию. В некоторых случаях применяют малошумные устройста.

Соблюдение рекомендаций, предложенных выше, позволит свести к минимуму вредные воздействия на здоровье программиста при длительной и сохранить его работоспособность, а с помощью последнего повысить качество разрабатываемой системы.

Кроме того, системы машинного перевода призваны ограничить взаимодействие переводчиков с вычислительной техникой, и тем самым так же свести к минимуму вредные воздействия на здоровье людей это профессии. Это позволит улучшить качество переводов, на которых будет обучаться система в будущем.

6. Экономическая оценка разрабатываемого программного продукта

6.1. Общие положения

Сетевые технологии оказывают влияние на развитие науки и техники. За последние годы сильно начал меняться характер образования, переходя на уровень дистанционного. Развитие науки и образования, формирование мирового информационного пространства значительно тормозится из-за так называемого языкового барьера. Эта проблема пока не нашла своего кардинального решения.

Последние годы объем предназначенной для перевода информации увеличился. Создание универсального языка типа Эсперанто, «эльфийских языков» или какого-либо другого языка не привели к изменению ситуации.

Использование традиционных средств межкультурной коммуникации может быть достойным выходом.

В такой ситуации классический подход к осуществлению перевода не всегда оправдывает себя. Он требует значительных капиталовложений и временных затрат. В некоторых случаях более целесообразным представляется использование машинного или автоматического перевода и систем машинного перевода (СМП). В ходе дипломной работы была разработана статистическая система машинного перевода.

В данной главе будет рассмотрена экономическая сторона вопроса. Вначале будет построена сетевая модель работ над проектом и её графическое представление. Будут рассчитаны ранние и поздние сроки начала и завершения работ над проектом, найден критический путь и его продолжительность, вероятность завершения комплекса работ по проекту в срок. После этого будет рассчитана сумма расходов на разработку проекта. Будет подсчитана цена разработанной системы, капитальные вложения, связанные с её внедрением, а также расходы, связанные с её эксплуатацией.

6.2. Построение сетевой модели

Сложность и комплексность разработки и реализации описанного проекта, необходимость параллельного выполнения работ, зависимость начала многих работ от результатов других, значительно осложняют планирование разработки.

При наличии множества взаимосвязанных работ, наиболее удобными являются системы сетевого планирования и управления (СПУ). Они основанны на применении сетевых моделей планируемых процессов, которые допускают использование современной вычислительной техники.

Сетевые модели планируемых процессов позволяют быстро определить последствия различных вариантов управляющих воздействий и находить наилучшие из них.

СПУ дают возможность своевременно получать достоверную информацию о состоянии дел, о возникших задержках и возможностях ускорения хода работ, концентрируют внимание на «критических» работах, определяющих продолжительность проведения разработки в целом, заставляют совершенствовать технологию и организацию работ, непосредственно влияющих на сроки проведения разработки, помогают составлять рациональные планы работ.

6.2.1. Перечень работ и событий

Составим полный перечень событий и работ сетевой модели. Каждая работа имеет определенную продолжительность. Однако не всегда заранее известно точное время выполнения работ, поэтому дадим продолжительности каждой работы две вероятностные оценки:

- минимальную (оптимистическую) — t_{min};
- максимальную (пессимистическую) — t_{max}.

Эти величины являются исходными для расчета ожидаемого времени выполнения работ: .

$$t_{\text{ожидаемое}} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}$$

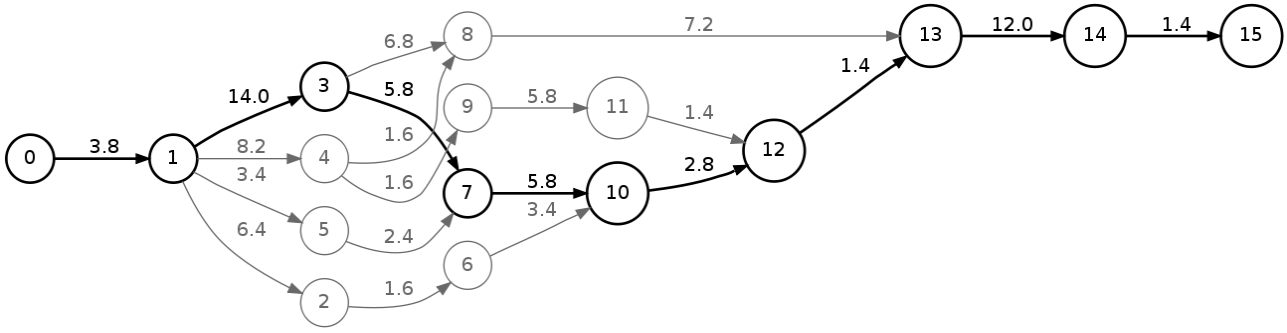
Рассчитаем дисперсии работ по формуле:

$$\delta^2 = \left(\frac{t_{max} - t_{min}}{5} \right)^2$$

№	Наименование события	Код работы	Наименование работы	t_{min}, [дней]	t_{max}, [дней]	$t_{ож}$, [дней]	δ^2
0	Начало работ	0 — 1	Анализ проблемы и составление плана-графика	2	5	3.8	0.16
1	Завершение анализа и составления плана	1 — 2	Исследование существующих статистических систем машинного перевода	4	10	6.4	1.44
		1 — 3	Изучение математических основ построения статистических систем машинного перевода	10	20	14.0	4.0
		1 — 4	Изучение лингвистических основ машинного перевода	7	10	8.2	0.36
		1 — 5	Изучение возможных варинтов хранения данных в рамках задачи машинного перевода	3	4	3.4	0.04
2	Завершение исследования существующих систем	2 — 6	Составление требований и ограничений системы	1	2	1.6	0.04
3	Завершение изучения математических основ построения статистических систем машинного перевода	3 — 7	Разработка численного алгоритма обучения системы	5	7	5.8	0.16
		3 — 8	Разработка алгоритма поиска верного варианта перевода на основе обученной модели	6	8	6.8	0.16
4	Завершение изучения лингвистических основ машинного перевода	4 — 9	Составление требований к входным данным численного алгоритма	1	2	1.6	0.04
		4 — 8	Составление требований к выходным данным алгоритма поиска	1	2	1.6	0.04
5	Завершение изучения возможных вариантов хранения данных	5 — 7	Разработка структуры хранения данных	2	3	2.4	0.04
6	Завершение составления требований к системе на основе аналогов	6 — 10	Разработка распределенной архитектуры	3	4	3.4	0.04

№	Наименование события	Код работы	Наименование работы	t_{min}, [дней]	t_{max}, [дней]	$t_{ож}$, [дней]	δ^2
7	Завершение разработки численного алгоритма и структру хранения данных	7 — 10	Разработка работающей обучающейся модели на тестовых входных данных	5	7	5.8	0.16
8	Завершение разработки алгоритма поиска и выработки требований к выходным данным	8 — 13	Разработка работающего поискового модуля на тестовых входных данных	6	9	7.2	0.36
9	Завершение составления требований к входным данным численного алгоритма	9 — 11	Подбор нужных корпусов текстов (корпуса текста все еще остаются тестовыми, но составляются на основе реальных данных)	5	7	5.8	0.16
10	Окончание разработки распределенной архитектуры и и модели обучающейся на тестовых входных данных	10 — 12	Разработка распеределенной обучающейса системы	2	4	2.8	0.16
11	Окончание подбора нужных корпусов текстов	11 — 12	Разработка алгоритмов предварительной обработки входных корпусов текста	1	2	1.4	0.06
12	Окончание разработки распеределенной обучающейса системы и алгоритмов предварительной обработки входных	12 — 13	Корректировка системы с учетом входных данных	1	2	1.4	0.06
13	Окончание корректировки обучающейся системы и разработки работающего поискового модуля	13 — 14	Тестирование приложения в совокупности отладка всей системы	10	15	12.0	1.0
14	Завершение отладки	14 — 15	Прогон системы на реальных корпусах текста	1	2	1.5	0.06
15	Завершение работ						

6.2.2. Графическое представление сетевой модели



Построенный граф состоит из 15 событий (вершины графа). Дуги графа – работы. Каждая дуга графа подписана сверху соответствующей ей продолжительностью работ.

Построенный граф удовлетворяет условию независимости событи i от события j для все i > j. Выполнение этого условия очевидно, так как ни одна дуга не заканчивается в вершине с номером, меньшим, чем номер вершины из которой это дуга начиналась. Это позволяет корректно выполнять дальнейшие расчеты.

6.2.3. Расчёт параметров сетевой модели

Рассчитаем некоторые характеристики сетевой модели. Характеристики сетевой модели позволяют определить степень напряженности всего комплекса работ в целом и каждой работы в отдельности, а также принять решение

о перераспределении ресурсов.

Для всех работ рассчитаем следующие показатели:

- ранний срок начала работы: $t_{\text{рн},i-j} = \max\limits_{k<i} (t_{\text{ожидаемое},k-i} + t_{\text{рн},k-i})$;
- ранний срок окончания работы: $t_{\text{ро},i-j} = t_{\text{рн},i-j} + t_{\text{ожидаемое},i-j}$;
- поздний срок начала работы: $t_{\text{пн},i-j} = t_{\text{по},i-j} - t_{\text{ожидаемое},i-j}$;

- поздний срок окончания работы: $t_{\text{по},i-j} = \min\limits_{k>j}(t_{\text{по},j-k} - t_{\text{ожидаемое},j-k})$;
- полный резерв времени: $r_{\text{п},i-j} = t_{\text{пн},i-j} - t_{\text{рн},i-j}$;
- свободный резерв времени: $r_{\text{с},i-j} = t_{\text{рн},j} - t_{\text{рн},i} - t_{\text{ожидаемое},i-j}$.

Величины t и r измеряются в днях.

Код работы	$t_{ож}$	$t_{рн}$	$t_{ро}$	$t_{пн}$	$t_{по}$	$r_{п}$	$r_{с}$	$t_{ож.\ кр.\ пути}$	$\delta^2_{кр.\ пути}$
1	**2**	**3**	**4** $= 2 + 3$	**5** $= 6 - 2$	**6**	**7** $= 5 - 3$	**8**	**9**	**10**
0 — 1	3.8	0.0	3.8	0.0	3.8	0.0	0.0	3.8	0.16
1 — 2	6.4	3.8	10.2	18.0	24.4	14.2	0.0	0.0	0.0
1 — 3	14.0	3.8	17.8	3.8	17.8	0.0	0.0	14.0	4.0
1 — 4	8.2	3.8	12.0	15.2	23.4	11.4	0.0	0.0	0.0
1 — 5	3.4	3.8	7.2	17.8	21.2	14.0	0.0	0.0	0.0
2 — 6	1.6	10.2	19.4	24.4	26.0	14.2	7.6	0.0	0.0
3 — 7	5.8	17.8	23.6	17.8	23.6	0.0	0.0	5.8	0.16
3 — 8	6.8	17.8	24.6	19.6	26.4	1.8	0.0	0.0	0.0
4 — 8	1.6	12.0	13.6	24.8	26.4	12.8	11.0	0.0	0.0
4 — 9	1.6	12.0	13.6	23.4	25.0	11.4	0.0	0.0	0.0
5 — 7	2.4	7.2	9.6	21.2	23.6	14.0	14.0	0.0	0.0
6 — 10	3.4	19.4	22.8	26.0	29.4	6.6	6.6	0.0	0.0
7 — 10	5.8	23.6	29.4	23.6	29.4	0.0	0.0	5.8	0.16
8 — 13	7.2	24.6	31.8	26.4	33.6	1.8	0.4	0.0	0.0
9 — 11	5.8	13.6	19.4	25.0	30.8	11.4	0.0	0.0	0.0
10 — 12	2.8	29.4	32.2	29.4	32.2	0.0	0.0	2.8	0.16
11 — 12	1.4	19.4	20.8	30.8	32.2	11.4	11.4	0.0	0.0
12 — 13	1.4	32.2	33.6	32.2	33.6	0.0	0.0	1.4	0.06
13 — 14	12.0	33.6	45.6	33.6	45.6	0.0	0.0	12.0	1.0
14 — 15	1.4	45.6	47.0	45.6	47.0	0.0	0.0	1.4	0.06
Суммарные время и дисперсия критического пути:								47.0	4.76

6.2.4. Анализ сетевой модели

На основе посчитанных выше параметров, проведем анализ сетевого графика. Критически путь включает в себя лишь события с нулевым запасом времени. Таким путём является путь из вершин:

$$L_{кр} = 0 \to 1 \to 3 \to 7 \to 10 \to 12 \to 13 \to 14 \to 15$$

Суммарное время критического пути составляет $T_{кр} = 47$ дней, а его суммарная дисперсия — 4.76 дня. На графе критический путь выделен жирными стрелками.

Необходимо, чтобы продолжительность критического пути $T_{кр}$ не превы-

шала продолжительности заданного директивного срока $T_{\text{дир}}$. Если $T_{\text{кр}} > T_{\text{дир}}$, то необходимо принять меры по уплотнению графика работ. В нашем случае директивный срок создания программного комплекса $T_{\text{дир}} = 63$ дня, а продолжительность критического пути $T_{\text{кр}} = 47$ дней, т.е. $T_{\text{кр}} < T_{\text{дир}}$.

Рассчитаем среднеквадратичное отклонение для продолжительности критического пути.

$$\sum_{i-j} \delta^2_{\text{кр. пути}} = 4.76 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \delta_{\text{кр. пути}} = \sqrt{\sum_{i-j} \delta^2_{\text{кр. пути}}} = \sqrt{4.76} \approx 2.181742422927143$$

Построим доверительный интервал:

$$\Delta T = T_{\text{кр}} \pm 3 \cdot \delta_{\text{кр. пути}} = [40.46; 53.54] .$$

Вычислим вероятность выполнения проекта в директивный срок. Для этого необходимо определить значение функции Лапласа (по таблице) в точке, соответствующей директивному сроку:

$$P = \Phi\left(\frac{T_{\text{дир}} - T_{\text{кр}}}{\delta_{\text{кр. пути}}}\right) = \Phi\left(\frac{63 - 47}{2.18}\right) = \Phi(7.334) = 0.999$$

Таким образом, вероятность завершения работы в директивный срок практически равна 1, то есть проект завершится точно в срок.

6.3. Расчет затрат на разработку

Всю работу над проектом можно разбить на следующие этапы

1. Анализ проблемы, выделение ключевых задач и действий (работа 0 — 1).
2. Исследование принципов работы существующих систем статистического перевода, изучение теоретических основ
   (работы 1 — 2, 1 — 3, 1 — 4, 1 — 5, 2 — 6).
3. Разработка численных алгоритмов для работы системы
   (работы 3 — 7, 3 — 8, 4 — 9, 4 — 8).
4. Разработка структуры хранения данных и распределенной архитектуры
   (работы 5 — 7, 6 — 10).
5. Реализация отдельных модулей приложения
   (работы 7 —10, 8 — 13, 10 — 12).
6. Прогон системы на данных приближенных к реальности, корректировка системы (работы 9 —11, 11 — 12, 12 — 13).
7. Тестирование и отладка (работы 13 — 14).
8. Прогон системы на реальных данных (работы 14 — 15).

Одной из основных статей расходов является заработная плата персонала, занятого в исследованиях и разработке при проведении данной дипломной работы. Расчет среднемесячной и среднедневной зарплаты работников, задействованных в проекте, приведен ниже.

№	ИТР	Количество сотрудников	Среднемесячная зарплата (руб.)	Количество рабочих дней в месяце	Среднедневная зарплата (руб.)
1	Системный архитектор	1	60000	21	2857.14
2	Лингвист	1	60000	21	2857.14
3	Математик	2	60000	21	2857.14
4	Разработчик	2	60000	21	2857.14
5	Тестировщик	1	60000	21	2857.14

Трудоемкость вычисляется по формуле:

$$Q(i-j) = t(i-j) \cdot A(i-j) \cdot f$$

- i, j — начальное и конечное события работы $E(i-j)$;
- $Q(i-j)$ — трудоемкость работы, чел/дн.;
- $A(i-j)$ — количество исполнителей, занятых выполнением работы E(i - j);
- f — коэффициент перевода (при необходимости) рабочих дней в календарные, $f = 0.85$ для пятидневной рабочей недели или $f = 1.0$, если перевод в календарные дни не требуется.

В данном случае коэффициент перевода берется $0,85$.

Вычислим расходы на зарплату персонала этапам работ обозначенным выше. Важно заметить, что для простоты в таблице зарплаты различных работников не различаются. В таблице выше мы уже привели зарплаты сотрудников — они одинаковы. В противном случае, придется вычислить среднедневную заработную плату, приходящуюся на одного человека в команде (не зависимо от его роли), и далее оперировать этой цифрой.

№ этапа	Количество исполнителей (чел.)	Трудоёмкость (чел./дн.)	Среднедневная зарплата (руб.)	Зарплата (руб.)
1	1	3.23	2857.14	9228.56
2	4	28.55	2857.14	81599.91
3	4	13.42	2857.14	38371.39
4	2	4.93	2857.14	14085.70
5	3	13.43	2857.14	38371.39
6	3	7.31	2857.14	20885.69
7	6	65.28	2857.14	186514.09
8	1	1.275	2857.14	3642.853
Итого		137.425		392642.46

Из расчетов выше, следует, что суммарная трудоёмкость (≈ 137 человеко-дней) значительно превышает длину критического пути (47 дней).
Это свидетельствует о том, что при данном планировании персонал используется достаточно эффективно. Основным результатом расчёта этой таблицы является выявление суммы затрат на заработную плату.

$$S_{\text{зп}} = 392642.46\text{рублей}.$$

Затрат на закупку программного обеспечения нет, т.к. для разработки планируется использовать открытые продукты.
Затраты на оборудование:

№	Наименование	Количество	Цена (руб.)	Стоимость (руб.)
1	Ноутбук Sony Vaio	7	40000.00	280000.00
Итого				280000.00

Суммарная стоимость оборудования:

$$S_{\text{об}} = 280000.00\text{рублей}.$$

Рассмотрим оплату Интернета как дополнительную статью расходов:

$$S_{\text{Интернета}} = S_{\text{подключения}} + t \cdot S_{\text{мес}}$$

- $S_{\text{подключения}} = 1500$ стоимость подключения, руб;
- $S_{\text{мес}} = 600$ — оплата безлимитного тарифа в месяц, руб;
- t — количество месяцев разработки, из расчета, что в месяце только 21 рабочий день;

$$S_{\text{Интернета}} = 1500 + 3 \cdot 600 = 3300.00 \text{ рублей.}$$

Кроме того, для повышения качаства системы, возможно, ее придется тестировать на платных корпусах текста. Например:

- «European Corpus Initiative Multilingual Corpus I»;
- «Национальный корпус русского языка».

«European Corpus Initiative Multilingual Corpus I» доступен по цене 2000 рублей, в бессрочное пользование любого характера. Про коммерческую доступность «Национального корпуса русского языка» ничего пока не известно, потому мы не будем его учитывать. Тогда

$$S_{\text{корп}} = 2000 \text{ рублей.}$$

Суммарные расходы на разработку могут быть вычислены по формуле:

$$S = S_{\text{зп}} \cdot (1 + \omega_d) \cdot (1 + \omega_c) + S_{\text{об}} + S_{\text{Интернета}} + S_{\text{корп}}$$

- $\omega_d = 0.2$ — коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (премии);
- $\omega_c = 0.34$ — коэффициент, учитывающий страховые взносы во внебюджетные фонды.

$S = 916669.08$рублей.

Далее, вычислим цену полученной системы:

$$C = \frac{(1 + P_{\text{н}}) \cdot S}{n};$$

- $P_{\text{н}} = 0.2$ — норматив рентабельности, учитывающий часть чистого дохода, включенного в цену (может быть принят равным $0,2$);
- n — количество организаций, которые могут купить разрабатываемое программное обеспечение.

Подобная система может оказаться полезной прежде всего крупным бюро переводов, и крупным многоязычным интернет-порталам. Оценить число последних не представляется возможным. Общее число бюро переводов зарегестрированных в г. Москве насчитывает примерно ≈ 600. Будем считать, что, потенциально, каждое из них может купить данную систему. Тогда,

$C = 1833.33$ рублей.

Вообще, подобная система может оказаться полезной:

- издательствам, занимающимся переводом иностранной технической литературы;

- ведомственным организациям;
- военным огранизациям;
- конструкторским бюро и научно исследовательским центрам.

Однако, эти типы предприятий в данной оценке, мы использовать не будем. Кроме того, авторы работы убеждены, что системы подобного класса должны поставлять государственным учреждениям бесплатно.

Капитальные вложения, связанные с внедрением в организации-пользователе новой программы, равны продажной стоимости системы. На данный момент эта стоимость составляет 1833.33 рублей.

Расходы, связанные с эксплуатацией системы (на одну единицу техники, в год) могут быть определены следующим образом:

$$U = T_{\text{м.в.}} \cdot C_{\text{м.в.}} + \frac{C}{T}$$

- $T = 0.5$ — срок морального устаревания системы (условно примем за полгода) ;
- $T_{\text{м.в.}}$ — годовое машинное время вычислительной машины, необходимое для применения внедряемой системы (в данном случае наиболее эффективно использовать вычислительный кластер, но с учетом высокой цены такого оборудования, вполне может подойти выделенный сервер, или даже простой персоональный компьютер);
- $C_{\text{м.в.}} = 12$ рублей, стоимость часа машинного времени.

В данном случае, мы полагаем, что каждое из рассматреваемых бюро переводов обладает своей базой текстов. Таким образом, не будет необходимости
в дополнительных расходах, на покупку сторонних платных корпусов текстов.

В итоге получаем:

- при работе систему 760 часов в году: $U_{\text{маш},760} = 12786.00$ рублей;
- при работе систему 1993 часов в году (250 рабочих дней, при 40-часовой рабочей неделе): $U_{\text{маш},1993} = 27582.67$ рублей;
- при работе систему 8760 часов в году (в режиме 24 на 7 на 365): $U_{\text{маш},8760} = 108786.67$ рублей.

Кроме того, для использования системы, предприятию придется расширить парк машин. Однако, эти капиталовложения могут зависеть от нужд и возможностей самой компании, и колеблются в диапазоне от 12000 рублей до 13 млн. рублей (покупка вычислительного кластера класса Блэйд с 40 узлами).

6.4. Целесообразность применение системы

Системы машинного перевода целесообразно применять только для перевода научно-технической литературы. Это обусловлено стилистическими особен-ностями научного текста. В других случаях результат машинного перевода не представляет какой-либо ценности.

Системы машинного перевода (пока) не могут полностью заменить человека, однако, они значительно облегчают труд переводчика, делая его работу более эффективной.

Кроме того, системы машинного перевода могут быть необходимы:

- научным сотрудникам исследовательских центров — чтобы в кратчайшие сроки получить общее представление, о той или иной работе, на иностранном языке;
- военным и ведомственным организациям — когда уровень секретности, не всегда позволяет переводчику нужной специализации получить доступ к исходному тексту.

Основное преимущество данной системы, заключается, в том, что ее можно распростанять в коробочном варианте (распределенность желательна, но совсем не обязательна). Это является гарантией, что информация введенная для перевода не будет доступна сторонним лицам. Кроме того, благодаря, тому что система основана на статистике, ее можно настроить на тексты, заданной тематики, что будет весьма полезно первой и второй категории пользователей.

Системы машинного перевода могут быть выгодны:

- крупным бюро перевода;
- издательствам, занимающимся переводом иностранной технической литературы;
- инернет-порталам.

Заработная плата переводчика на конец 2011колеблется от 20000 руб до 45000 руб. Если взять среднюю величину и выяснить во сколько организации обходится один переводчик в год, то получится

$$U_{\text{чел},avg} = \frac{45000 + 20000}{2} \cdot 12 \cdot (1 + \omega_d) \cdot (1 + \omega_c) = 627120.00 \text{ рублей.}$$

$$U_{\text{чел},min} = 20000 \cdot 12 \cdot (1 + \omega_d) \cdot (1 + \omega_c) = 385920.00 \text{ рублей.}$$

Напомним:

- $\omega_d = 0.2$ — коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (премии);
- $\omega_c = 0.34$ — коэффициент, учитывающий страховые взносы во внебюджетные фонды.

Основываясь на расчетах проведенных в предыдущем разделе, совокупная стоимость владения рассматриваемой системы в самом дорогом случае (без учета капиталовложений в оборудование) ниже, чем компании обходится самый низкооплачиваемый переводчик.

$$U_{\text{маш},8760} = 108786.67 < 385920.00 = U_{\text{чел},min}$$

Причем, если рассматривать, только рабочие дни и 40-часовую рабочую неделю, то разница становится более ощутимой.

$$U_{\text{маш},1993} = 27582.67 < 385920.00 = U_{\text{чел},min}$$

Кроме того, скорость профессионального переводчика обычно ограничена двадцатью страницами в день, в то время как, на тот же объем текста, машина потратит в худшем случае несколько минут.

Важно понимать, что статистические системы машинного перевода не могут полностью функционировать без человека. Перед тем как начать переводить, статистические СМП должны обучиться на переводах, которые сделал человек. Причем от качества текстов, на которых машина обучается, будет зависеть и качество результата ее работы. Перевод выдаваемый машиной не всегда удовлетворяет литературным стандартам языка перевода. Потому в этих случаях могут потребоваться услуги корректора. Однако, стоит заметить, что при работе переводчика-человека также бывает необходим корректор. Чаще в его роли выступает переводчик более высокой квалификации.

В итоге, можно придти к следующей формуле

$$U_{\text{чел},max} + U_{\text{маш},8760} < U_{\text{чел},min} + U_{\text{чел},max}$$

где, $U_{\text{чел},max}$ — расходы на заработную плату корректора или переводчика высокой квалификации. (В данном случае переводчиков с низкой квалификацией, можно отправить повышать свою квалификацию.)

На предприятиях, основной деятельностью, которых является перевод текстов с одного языка на другой возможно следующей применение схемы

$$\text{человек}_1 \rightarrow \text{машина} \rightarrow \text{человек}_2$$

- человек_1 — высококвалифицированный переводчик, который продолжает переводить особо важные тексты, самостоятельно, без применения СМП.
- машина — статистическая СМП, которая предварительно обучается. на переводах человека_1;
- человек_2 — высококвалифицированный переводчик, который корректирует результаты СМП.

Выгодность данной схемы требует дополнительных обоснования и практических измерений скорости работы людей и СМП и выходит за рамки данной работы.

Заключение

Список литературы

1. *Charniak, E.* Syntax-based Language Models for Machine Translation / E. Charniak, K. Knight, Yamada K. // MT Summit IX. — 2003.

2. *Chen, S.F.* An empirical study of smoothing techniques for language modeling / S.F Chen // *Computer Speech and Language*. — 1999. — Vol. 13, no. 4.

3. *DeNero, J.* Fast Consensus Decoding over Translation Forests / J. DeNero, D. Chiang, K. Knight // Association for Computational Linguistics 2009. — Association for Computational Linguistics, 2009.

4. Fast Decoding and Optimal Decoding for Machine Translation / U. Germann, M. Jahr, K. Knight et al. // Artificial Intelligence. — 2003.

5. *Germann, U.* Greedy decoding for statistical machine translation in almost linear time / U. Germann // Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics on Human Language Technology / USC Information Sciences Institute, Marina del Rey. — Vol. Volume 1. — CA: Association for Computational Linguistics, 2003.

6. *Hoang, H.* Design of the Moses Decoder for Statistical Machine Translation / H. Hoang, P. Koehn // ACL Workshop on Software engineering, testing, and quality assurance for NLP 2008. — Association for Computational Linguistics, 2008.

7. *Knight, K.* Teaching Statistical Machine Translation / K. Knight // MT Summit IX Workshop on Teaching Machine Translation. — 2003.

8. *Knight, K.* Statistical Machine Translation / K. Knight, P. Koehn // Tutorial at MT Summit 2003. — 2003.

9. *Knight, K.* What's New in Statistical Machine Translation / K. Knight, P. Koehn // Tutorial at HLT/NAACL 2003. — 2003.

10. *Knight, K.* Introduction to Statistical Machine Translation / K. Knight, P. Koehn // Tutorial at AMTA 2004. — Association for Computational Linguistics, 2004.

11. *Koehn, P.* Challenges in Statistical Machine Translation / P. Koehn // Talk given at PARC, Google, ISI, MITRE, BBN, / Univ. of Montreal. — 2004.

12. *Koehn, P.* Statistical Machine Translation / P. Koehn. — Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

13. *Koehn, P.* Factored Translation Models / P. Koehn, Hoang H. // Handbook of Natural Language Processing and Machine Translation. — Springer, 2011.

14. *Koehn, P.* Edinburgh University System Description for the 2008 NIST Machine Translation Evaluation / P. Koehn, J. Schroeder, M. Osborne // NIST MT Evaluation Meeting. — Association for Computational Linguistics, 2008.

15. *Koehn, P.* Moses: Open Source Toolkit for Statistical Machine Translation / P. Koehn et al. — Association for Computational Linguistics, 2007.

16. *Liu, Yang*. Log-linear Models for Word Alignment / Yang Liu, Qun Liu, Shouxun Lin // 43rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics / Institute of Computing Technology Chinese Academy of Sciences. — Beijing: Association for Computational Linguistics, 2005.

17. *Manning, C. D*. Foundations of Statistical Natural Language Processing / C. D Manning, H. Schuetze. — Second printing with corrections edition. — Cambridge: The MIT Press, 2000.

18. *Smith, P. D.* An Introduction to Text Processing / P. D. Smith. — Cambridge, MA:: The MIT Press, 1990.

19. *Sparck, J. K.* Evaluating Natural Language Processing Systems / J. K. Sparck, J. R. Galliers. — Berlin: Springer, 1995.

20. *Stone, M. L.* Web embraces language translation / M. L. Stone. — ZDNN, 1998.

21. *Sumita, Y.* Experiments and prospects of example-based machine translation / Y. Sumita, H. Iida // In Proceedings of the 29th Annual Conference of the ACL. — Berkley: CA, 1991.

22. *Wilks, Y.* Machine Translation, Its Scope and Limits / Y. Wilks. — New York: Springer Science+Business Media LLC, 2009.

23. *Анисимов, А. В.* Компьютерная Лингвистика для Всех. Мифы. Алгоритмы. Язык / А. В. Анисимов; Под ред. М. М. Глушко. — Киев: Наукова думка, 1991.

24. *Ахманова, Г. И.* Теория и практика английской научной речи / Г. И. Ахманова, О. И. Богомолова; Под ред. М. М. Глушко. — М.: Изд. МГУ, 1987.

25. *Белоногов, Г. Г.* Компьютерная лингвистика и перспективные информационные технологии / Г. Г. Белоногов. — М.: Русский мир, 2004.

26. *Березин, В. М.* Защита от вредных производственных факторов при работе с ПЭВМ / В. М. Березин, М. И. Дайнов. — М.: Изд-во МАИ, 2003.

27. *Бобков, Н. И.* Охрана труда на ВЦ / Н. И. Бобков, Т. В. Голованова. — М.: Изд-во МАИ, 1995.

28. *Вдовин, В. А.* Экономическая эффективность разработки информационных систем и технологий / В. А. Вдовин, А. В. Дегтярев, В. А. Оганов; Под ред. А.В. Дегтярева; МАИ. — М.: Доброе Слово, 2006.

29. *Дайнов, М.И.* Методические указания к дипломному проектированию «Экологические платежи за загрязнение окружающей природной среды» / М.И. Дайнов, Л.Б. Метечко, В.В. Толоконникова. — М.: Изд-во МАИ, 2001.

30. *Дайнов, М. И.* Борьба с шумами и вибрацией в авиационной промышленности / М. И. Дайнов, Л. И. Малько, В. М. Яров. — М.: Изд-во МАИ, 1998.

31. *Ершов, А. П.* Машинный фонд русского языка: внешняя постановка / А. П. Ершов. — М.: Наука, 1986.

32. *Кан, Д. А.* Применение теории компьютерной семантики русского языка и статистических методов к построению системы машинного перевода: Диссертация канд. ф.м. наук: 05.13.11 / Санкт-Петербургский Государственный Университет. — Санкт-Петербург, 2011.

33. *Караулов, Ю. Н.* Анализ метаязыка словаря с помощью ЭВМ / Ю. Н. Караулов. — М.: Наука, 1982.

34. *Караулов, Ю. Н.* Методология лингвистического исследования и машинный фонд русского языка / Ю. Н. Караулов. — М.: Наука, 1986.

35. *Керниган, Б.* Практика программирования / Б. Керниган, Р. Пайк. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.

36. *Кнут, Д.* Искусство программирования / Д. Кнут. — 3-е издание, исправленное и дополненное изд. — М.: Вильямс, 2002. — Т. Том 1. Основные алгоритмы.

37. *Ковалев, А. М.* Основы управления проектами в области информационных технологий / А. М. Ковалев, В. А. Ковалев; Под ред. А.В. Дегтярева; МАИ. — М.: Доброе Слово, 2007.

38. *Комиссаров, В. Н.* Практикум по переводу с английского языка на русский / В. Н. Комиссаров, А. Л. Коралова. — М.: Высшая школа, 1990.

39. *Кормалев, Д.А.* Основы теории автоматической обработки текста / Д.А Кормалев, Е.А. Сулейманова; Университет города Переславль-Залесский. — Переславль-Залесский, 2005.

40. *Липатов, А.В.* Автоматизация процесса построения и пополнения двуязычных специализированных словарей / А.В. Липатов, А. А. Мальцев, В. В. Шило // Труды конференции «Диалог». — М.: 2005.

41. *Максименко, О. И.* Формальные методы оценки эффективности систем автоматической обработки текста: Диссертация доктора филологических наук: 10.02.21 / Москва. — М., 2003.

42. *Максименко, О. И.* Машинный семантический анализ русского языка и его применения: Диссертация доктора а физико-математических наук: 05.13.11 / Санкт-Петербургский государственный университет. — СПб., 2006.

43. *Марчук, Ю. Н.* Основы компьютерной лингвистики / Ю. Н. Марчук; МПУ. — Издание 2-е дополненное изд. — М.: Изд-во «Народный учитель», 2000.

44. *Маслов, Ю. С.* Введение в языкознание / Ю. С. Маслов. — М.: Высшая школа, 1987.

45. *Мельчук, И. А.* Опыт теории лингвистических моделей «смысл-текст» / И. А. Мельчук. — М.: Наука, 1974.

46. *Мельчук, И. А.* Русский язык в модели «смысл-текст» / И. А. Мельчук; Школа: «Языки русской культуры». — Москва-Вена, 1995.

47. *Моисеева, Н. К.* Управление маркетингом: теория, практика, информационные технологии / Н. К. Моисеева, М. В. Конышева. — М.: Финансы и статистика, 2002.

48. *Мороховский, А. Н.* Стилистика английского языка / А. Н. Мороховский. — Киев: Вища Школа переводов, 1984.

49. *Нелюбин, Л. Л.* Перевод и прикладная лингвистика / Л. Л. Нелюбин. — М.: Высшая школа, 1983.

50. *Нелюбин, Л. Л.* Компьютерная лингвистика и машинный перевод / Л. Л. Нелюбин; Всесоюзный центр переводов. — М., 1991.

51. *Нелюбин, Л. Л.* История и теория зарубежного перевода / Л. Л. Нелюбин, Г. Т. Хухуни; МПУ. — М.: Издательство Сигнал, 1999.

52. *Нелюбин, Л. Л.* История и теория перевода в России / Л. Л. Нелюбин, Г. Т. Хухуни; МПУ. — М.: Издательство Сигнал, 1999.

53. *Новиков, А. И.* Применение денотатной структуры текста для перевода научно-технической литературы / А. И. Новиков // Психолингвистические аспекты грамматики. — М.: Наука, 1979.

54. *Ньюэл, М. В.* Управление проектами для профессионалов. Руководство к сдаче сертификационных экзаменов / М. В. Ньюэл. — М.: Кудиц-Пресс, 2008.

55. *Пиотровский, Р. Г.* Текст, машина, человек / Р. Г. Пиотровский. — Л.: Наука, 1975.

56. *Плещенко, Т. П.* Стилистика и культуры речи / Т. П. Плещенко. — Мн.: ТетраСистемс, 2001.

57. *Потемкин, С. Б.* Автоматическая оценка качества машинного перевода на основе семантической метрики / С. Б. Потемкин, Г. Е. Кедрова // Труды II Международной научно-практической конференции, посвященной Европейскому Дню языков. — Луганск: 2005.

58. *Потемкин, С. Б.* Использование корпуса параллельных текстов для пополнения специализированного двуязычного словаря / С. Б. Потемкин, Г. Е. Кедрова // III Международный конгресс исследователей русского языка «Русский язык: исторические судьбы и современность». — М.: 2007.

59. *Пумпянский, А. Л.* Информационная роль порядка слов в научной и технической литературе / А. Л. Пумпянский. — Мн.: ТетраСистемс, 2001.

60. *Разинкина, Н. М.* Функциональная стилистика английского языка / Н. М. Разинкина. — М.: Высшая школа, 1989.

61. *Рассел, С.* Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. — 2-е изд. изд. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.

62. *Рахимбердиев, Б. Н.* Эволюция семантики экономической терминологии русского языка в XX веке: Диссертация канд. филологических наук :10.02.21 / Москва. — М., 2003.

63. *Реформатский, А. А.* Введение в языковедение / А. А. Реформатский; Под ред. В. А. Виноградов. — М.: Аспект Пресс, 1996.

64. *Рецкер, Я. И.* О закономерных соответствиях при переводе на родной язык / Я. И. Рецкер. — М.: Наука, 1950.

65. *Рецкер, Я. И.* Теория перевода и переводческая практика / Я. И. Рецкер; Под ред. Д. И. Ермолович. — М.: Р.Валент, 2004.

66. *Романов, А.С.* Подходы к идентификации авторства текста на основе n-грамм и нейронных сетей / А.С. Романов // Молодежь и современные информационные технологии: Сб. тр. VI Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. — Томск: Изд-во ТПУ, 2008.

67. *Романов, А.С.* Структура программного комплекса для исследования подходов к идентификации авторства текстов / А.С. Романов // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. — 2(18). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008.

68. *Слюсарева, Н. А.* Проблемы функционального синтаксиса современного английского языка. — 1981.

69. *Сошников, Д. В.* Парадигма логического программирования / Д. В. Сошников. — М.: Вузовская книга, 2006.

70. *Хорошилов, А. А.* Теоретические основы и методы построения систем фразеологического машинного перевода: Диссертация доктора технических наук: 05.13.17 / Москва. — М., 2006.

71. *Хроменков, П. Н.* Анализ и оценка эффективности современных систем машинного перевода: Диссертация канд. филологических наук :10.02.21 / Москва. — М., 2000.

72. *Швейцер, А. Д.* Теория перевода / А. Д. Швейцер. — М.: Наука, 1988.

73. *Шевелев, О.Г.* Методы автоматической классификации текстов на естественном языке / О.Г. Шевелев. — Томск: ТМЛ-Пресс, 2007.

Приложение А. Простейшая СМП основанная на примерах

```
-module(simple_ebmt_decoder).
-export([decode/1]).

%% Простой фразовый декодировщик для системы машинного перевода основанной на примерах
decode(Input_string) ->
  Word_list   = words:list(Input_string),          %% Разбиваем входную строку на слова.
  Decoded_word_list = decode_word_list(Word_list, 6), %% Переводим список слов.
  make_sentence(Decoded_word_list).                  %% Формируем из него предложение.

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Декодирование
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% Переводит список слов Word_list с учетом размера фразы Phrase_Size.
decode_word_list(Word_list, Phrase_Size) ->
  %% decode_word_list(Word_list, Size, MaxSize)
  decode_word_list(Word_list, Phrase_Size, Phrase_Size).

decode_word_list([], _, _) -> [];
  %% Если входной список слов пуст, значит переводить больше нечего.

decode_word_list([ Unknown_word | Rest_word_list], 0, MaxSize) ->
  %% Если текущий размер рассматриваемой фразы, значитмы, не можем перевести эту фразу с начала.
  %% Попробуем начать со второго слова. А первое слово текущей фразы признаем неизвестным.
  [[Unknown_word] | decode_word_list(Rest_word_list, MaxSize, MaxSize)];

decode_word_list(Word_list, Size, MaxSize)->
  %% Разбиваем список слов на 2 части.
  %% Первая — фраза, которую хотим перевести. Вторая — остаток предляжения.
  case Size < erlang:length(Word_list) of
    true ->
      {First_Ngram, Rest_word_list } = lists:split(Size, Word_list);
    false ->
      First_Ngram = Word_list,
      Rest_word_list = []
  end,
  %% Пытаемяс перевести фразу.
  case try_to_translate(First_Ngram) of
    {no} -> %% Если не удалось, возьмем фразу поменьше
```

```
40          decode_word_list(Word_list, Size-1, MaxSize);
41        Val -> %% Если удалось, переводим дальше.
42          [ Val | decode_word_list(Rest_word_list, Size, MaxSize)]
43    end.
44
45  try_to_translate(Ngram) ->
46    case Ngram of  % Таблица соотвествий слов.
47          ["i","have","a","big","fat","cat"]   ->
48            ["u","menja","est'","bolshoj","zhirnij","kot"];
49          ["i","have","a","big","fat","rat"]   ->
50            ["u","menja","est'","bolshoj","zhirnij","krys"];
51          ["i","have"]   -> ["ja","imeju"];
52          ["have","a"]   -> ["imet'"];
53          ["a","big"]    -> ["bolshoj"];
54          ["big","fat"]  -> ["ochen'","zhirnij"];
55          ["fat","cat"]  -> ["zhirnij","kot"];
56          ["i"]    -> ["ja"];
57          ["have"]  -> ["imet'"];
58          ["big"]   -> ["bolshoj"];
59          ["fat"]   -> ["zhirnij"];
60          ["cat"]   -> ["kot"];
61          ["rat"]   -> ["krysa"];
62        % ----------------------------------
63          Val -> {no}
64    end.
65
66  %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
67  %%% Формирование предложения
68  %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
69
70  make_sentence(List) ->
71    string:join(join_phrases(List), [32]).
72
73  join_phrases([]) -> [];
74  join_phrases([Phrase|Tail] = List) ->
75    [join_phrase(Phrase) | join_phrases(Tail)].
76
77  join_phrase(Phrase) ->
78    string:join(Phrase, [32]).
```

Приложение Б. EM алгоритм

EM-алгоритм (expectation-maximization) - алгоритм, используемый в математической статистике для нахождения оценок максимального правдоподобия параметров вероятностных моделей, в случае, когда модель зависит от некоторых скрытых переменных. Каждая итерация алгоритма состоит из двух шагов. На E-шаге (expectation) вычисляется ожидаемое значение функции правдоподобия, при этом скрытые переменные рассматриваются как наблюдаемые. На M-шаге (maximization) вычисляется оценка максимального правдоподобия, таким образом увеличивается ожидаемое правдоподобие, вычисляемое на E-шаге. Затем это значение используется для E-шага на следующей итерации. Алгоритм выполняется до сходимости.

Expectation

$$P(a|\Pi_e, \Pi_r) = \frac{P(\Pi_e, a|\Pi_r)}{P(\Pi_e, \Pi_r)}$$

Числитель:

$$P(\Pi_e, a|\Pi_r) = \frac{\varepsilon}{(l_r+1)^{l_e}} \prod_{j=1}^{l_e} t(\omega_{ej}|\omega_{ra(j)})$$

Знаменатель:

$$P(\Pi_e, \Pi_r) = \sum_a P(\Pi_e, a|\Pi_r) =$$

$$= \sum_{a(1)=0}^{l_r} \cdots \sum_{a(l_e)=0}^{l_r} \frac{\varepsilon}{(l_r+1)^{l_e}} \prod_{j=1}^{l_e} t(\omega_{ej}|\omega_{ra(j)}) =$$

$$= \frac{\varepsilon}{(l_r+1)^{l_e}} \sum_{a(1)=0}^{l_r} \cdots \sum_{a(l_e)=0}^{l_r} \prod_{j=1}^{l_e} t(\omega_{ej}|\omega_{ra(j)}) =$$

$$= \frac{\varepsilon}{(l_r+1)^{l_e}} \prod_{j=1}^{l_e} \sum_{i=0}^{l_r} t(\omega_{ej}|\omega_{ri});$$

Таким образом:

$$P(A|\Pi_e,\Pi_r) = \frac{P(\Pi_e,A|\Pi_r)}{P(\Pi_e,\Pi_r)} = \frac{\frac{\varepsilon}{(l_r+1)^{l_e}} \prod_{j=1}^{l_e} t(\omega_{ej}|\omega_{ra(j)})}{\frac{\varepsilon}{(l_r+1)^{l_e}} \prod_{j=1}^{l_e} \sum_{i=0}^{l_r} t(\omega_{ej}|\omega_{ri})};$$

$$P(A|\Pi_e,\Pi_r) = \frac{P(\Pi_e,A|\Pi_r)}{P(\Pi_e,\Pi_r)} = \prod_{j=1}^{l_e} \frac{t(\omega_{ej}|\omega_{ra(j)})}{\sum_{i=0}^{l_r} t(\omega_{ej}|\omega_{ri})};$$

Maximization

$$counts(\omega_e|\omega_r;\Pi_e,\Pi_r) = \sum_a P(a|\Pi_e,\Pi_r) \cdot \sum_{j=1}^{l_e} \delta(\omega_e,\omega_{ej}) \cdot \delta(\omega_r,\omega_{ra(j)});$$

$$counts(\omega_e|\omega_r;\Pi_e,\Pi_r) = \frac{t(\omega_e|\omega_r)}{\sum_{j=1}^{l_e} t(\omega_e|\omega_{ra(j)})} \cdot \sum_{j=1}^{l_e} \delta(\omega_e,\omega_{ej}) \cdot \sum_{i=0}^{l_e} \delta(\omega_r,\omega_{ri});$$

$$t(\omega_e|\omega_r;\Pi_e,\Pi_r) = \frac{\sum_{\Pi_e,\Pi_r} counts(\omega_e|\omega_r;\Pi_e,\Pi_r)}{\sum_{\omega_r}\sum_{\Pi_e,\Pi_r} counts(\omega_e|\omega_r;\Pi_e,\Pi_r)};$$

Приложение В. Модель IBM 1

Обучить-Модель-IBM-1 ($t(\omega_e|\omega_r)$, Θ_e, Θ_r)

$\forall\, \omega_e \in \Pi_e \in \Theta_e$ **:**

  $\forall \omega_r \in \Pi_r \in \Theta_r$ **:**

    $t(\omega_e|\omega_r) \leftarrow u, u \in \mathbb{R}$;

▷ *Инициализируем таблицу* $t(\omega_e|\omega_r)$ *одинаковыми значениями.*

пока не сойдется **:**

  $\forall\, \omega_e \in \Pi_e \in \Theta_e$ **:** ▷ *Инициализируем остальные таблицы.*

    $\forall \omega_r \in \Pi_r \in \Theta_r$ **:**

      $counts(\omega_e|\omega_r) \leftarrow 0; \quad total(\omega_r) \leftarrow 0;$

  $\forall\, \Pi_e, \Pi_r \in \Theta_e, \Theta_r$ **:** ▷ *Вычисляем нормализациию.*

    $\forall\, \omega_e \in \Pi_e$ **:**

      $stotal(\omega_e) \leftarrow 0;$

      $\forall\, \omega_r \in \Pi_r$ **:**

        $stotal(\omega_e) \leftarrow stotal(\omega_e) + t(\omega_e|\omega_r);$

    $\forall\, \omega_e \in \Pi_e$ **:** ▷ *Собираем подсчеты.*

      $\forall\, \omega_r \in \Pi_r$ **:**

        $counts(\omega_e|\omega_r) \leftarrow counts(\omega_e|\omega_r) + \dfrac{t(\omega_e|\omega_r)}{stotal(\omega_e)};$

        $total(\omega_r) \leftarrow total(\omega_r) + \dfrac{t(\omega_e|\omega_r)}{stotal(\omega_e)};$

  $\forall\, \omega_e \in \Pi_e \in \Theta_e$ **:** ▷ *Оцениваем вероятность.*

    $\forall \omega_r \in \Pi_r \in \Theta_r$ **:**

      $t(\omega_e|\omega_r) \leftarrow \dfrac{counts(\omega_e|\omega_r)}{total(\omega_r)};$

Приложение Г. Модель IBM 2

Обучить-Модель-IBM-2 ($t(\omega_e|\omega_r)$, Θ_e, Θ_r)

$\forall\, \omega_e \in \Pi_e \in \Theta_e$ **:**

  $\forall \omega_r \in \Pi_r \in \Theta_r$ **:**

    $t(\omega_e|\omega_r) \leftarrow u_1, u_1 \in \mathbb{R}$;

    $\alpha(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_r, l_e) = u_2, u_2 \in \mathbb{R}$;

пока не сойдется **:**

  $\forall\, \omega_e \in \Pi_e \in \Theta_e$ **:** ▷ *Инициализируем остальные таблицы.*

    $\forall \omega_r \in \Pi_r \in \Theta_r$ **:**

      $counts(\omega_e|\omega_r) \leftarrow 0$; $\quad total(\omega_r) \leftarrow 0$;

      $counts_d(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_e, l_r) \leftarrow 0$; $\quad total_d(\pi_{\omega_r}, l_e, l_r) \leftarrow 0$;

  $\forall\, \Pi_e, \Pi_r \in \Theta_e, \Theta_r$ **:** ▷ *Вычисляем нормализациию.*

    $\forall\, \omega_e \in \Pi_e$ **:**

      $stotal(\omega_e) \leftarrow 0$;

      $\forall\, \omega_r \in \Pi_r$ **:**

        $stotal(\omega_e) \leftarrow stotal(\omega_e) + t(\omega_e|\omega_r) \cdot \alpha(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_r, l_e)$;

    $\forall\, \omega_e \in \Pi_e$ **:** ▷ *Собираем подсчеты.*

      $\forall\, \omega_r \in \Pi_r$ **:**

        $$c \leftarrow \frac{t(\omega_e|\omega_r) \cdot \alpha(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_r, l_e)}{stotal(\omega_e)}$$

        $counts(\omega_e|\omega_r) \leftarrow counts(\omega_e|\omega_r) + c$;

        $total(\omega_r) \leftarrow total(\omega_r) + c$;

        $counts_d(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_e, l_r) \leftarrow counts_d(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_e, l_r) + c$;

        $total_d(\pi_{\omega_r}, l_e, l_r) \leftarrow total_d(\omega_r, l_e, l_r) + c$;

  сгладить-искажения ($counts_d$, $total_d$);

  $\forall\, \omega_e \in \Pi_e \in \Theta_e$ **:** ▷ *Оцениваем вероятность.*

    $\forall \omega_r \in \Pi_r \in \Theta_r$ **:**

      $$t(\omega_e|\omega_r) \leftarrow \frac{counts(\omega_e|\omega_r)}{total(\omega_r)};$$

  $\forall\, (\pi_{\omega_e}, \pi_{\omega_r}, l_e, l_r) \in counts_d$ **:**

    $$\alpha(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_r, l_e) \leftarrow \frac{counts_d(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_e, l_r)}{total_d(\pi_{\omega_r}, l_e, l_r)};$$

сгладить-искажения ($counts_d$, $total_d$)

$\lambda \leftarrow 1.0$

$\forall\ (\pi_{\omega_e}, \pi_{\omega_r}, l_e, l_r) \in counts_d$ **:**

    $v \leftarrow counts_d(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_e, l_r)$;

    если ($0 < v < \lambda$) **:**

        $\lambda \leftarrow v$;

    $\lambda \leftarrow \frac{\lambda}{2}$;

$\forall\ (\pi_{\omega_e}, \pi_{\omega_r}, l_e, l_r) \in counts_d$ **:**

    $counts_d(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_e, l_r) \leftarrow counts_d(\pi_{\omega_e}|\pi_{\omega_r}, l_e, l_r) + \lambda$;

$\forall\ (\pi_{\omega_r}, l_e, l_r) \in total_d$ **:**

    $total_d(\pi_{\omega_r}, l_e, l_r) \leftarrow total_d(\omega_r, l_e, l_r) \cdot l_r$;