

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| РЕФЕРАТ | 4 |
| Введение | 6 |
| 1 Аналитический раздел | 7 |
| 1.1 Понятие самоубийства и суицидального поведения | 7 |
| 1.2 Интегративный подход в описании суицидального поведения | 8 |
| 1.3 Предотвращение самоубийств | 13 |
| 1.3.1 Суицидологическая диагностика | 14 |
| 1.3.2 Кризисная терапия | 15 |
| 1.3.3 Телефон Доверия | 17 |
| 1.4 Статистика самоубийств | 19 |
| 1.5 Классификация признаков паттернов суицидального поведения человека . . . | 20 |
| 1.6 Форматы хранения проявление поведения человека | 21 |
| 2 Конструкторский раздел | 25 |
| 2.1 Метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям | 25 |
| 2.2 Формат и метод сбора данных | 25 |
| 2.3 Средства реализации ботов в мессенджере Telegram | 26 |
| 2.4 Декомпозиция системы | 27 |
| 2.5 Задействованные методы машинного обучения | 29 |
| 2.6 Техника векторизации текстовых сообщений | 29 |
| 3 Технологический раздел | 31 |
| 3.1 Выбор инструментов разработки средства сбора данных | 31 |
| 3.2 Интерфейс средства сбора данных | 31 |
| 3.3 Описание обрабатываемых данных | 33 |
| 3.4 Выбор языка и библиотеки для разработки метода распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям | 36 |
| 3.5 Интерфейс средства распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям | 37 |
| 4 Исследовательский раздел | 41 |
| 4.1 Условия исследований | 41 |
| 4.2 Градиентный бустинг | 41 |
| 4.3 Метод случайного леса | 46 |
| 4.4 Метод опорных векторов | 51 |
| 4.5 Метод К-ближайших соседей | 56 |
| 4.6 Логистическая регрессия | 62 |

| | |
|---|-----------|
| 4.7 Перцептрон | 68 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 76 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 79 |

РЕФЕРАТ

Расчетно-пояснительная записка к выпускной квалификационной работе “Метод распознавания паттернов суицидального поведения человека по текстовым сообщениям” содержит 82 с., 39 рис., 3 табл., 35 ист., 0 прил.

Ключевые слова: суицидология, суицидальность, анализ текста, поведение человека, машинное обучение, классификация.

Объектом разработки является метод распознавания паттернов суицидального поведения человека.

Цель работы: разработка и программная реализация метода распознавания паттернов суицидального поведения человека по текстовым сообщениям.

В аналитическом разделе рассматриваются термины предметной области, представлен интегративный теоретический подход в суицидологии и приведена информация об определении истинности суицидальных намерений. Описываются факторы повышенного суицидального риска и мероприятия и методики предотвращения самоубийств. Приводится статистика совершения самоубийств. С использованием классификации признаков паттернов суицидального поведения человека приводятся форматы хранения проявления поведения человека.

В конструкторском разделе описывается метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям, а также формат и метод сбора задействованных в нем данных. Приводится диаграмма вариантов использования, декомпозиция задачи распознавания суицидального сообщения, а также диаграмма “сущность-связь” в нотации Чена. Определяется перечень задействованных методов машинного обучения и векторизации.

В технологическом разделе определяются инструменты разработки средства сбора данных и средства распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям. Реализован метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям. Представлены интерфейсы разработанных средств. Приводится описание обрабатываемых данных, а также анализ тональности сообщений и облаков слов каждого класса.

В исследовательском разделе проведено сравнительное исследование задействованных в методе алгоритмов машинного обучения и определено, какой из рассмотренных методов позволяет достичь лучших метрик точности с использованием матрицы ошибок и графиков оценок классификаторов.

Разработанный метод применим в сфере суицидологии. Автоматизированные средства поиска суицидальных сообщений, а также обычные анализаторы сообщений могут задействовать данный метод для обнаружения индивидов в суицидоопасных состояниях, а также для наблюдения людей, пребывающих в периоде пресуицида и постсуицида.

ВВЕДЕНИЕ

По данным всемирной организации здравоохранения более 700 тысяч людей погибло от суицида в 2019 году. Суицид – это четвертая по частоте причина смерти молодых людей в возрасте от 15 до 29. [1]

Одним из ключевых эффективных мероприятий, основанных на этих данных, является раннее обнаружение и поддержка людей, подверженных суицидальным наклонностям.

Цель работы – разработать метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям.

Для достижения поставленной цели потребуется:

- провести анализ действий и характеристик, позволяющих распознать паттерны суицидального поведения;
- классифицировать признаки паттернов суицидального поведения человека;
- описать способ получения набора данных суицидального поведения и разработать средство их сбора;
- разработать метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям;
- реализовать разработанный метод.

1. Аналитический раздел

В данном разделе рассматриваются термины предметной области, представлен интегративный теоретический подход в суицидологии и приведена информация об определении истинности суицидальных намерений. Описываются факторы повышенного суицидального риска и мероприятия и методики предотвращения самоубийств. Приводится статистика совершения самоубийств. С использованием классификации признаков паттернов суицидального поведения человека приводятся форматы хранения проявления поведения человека.

1.1 Понятие самоубийства и суицидального поведения

Самоубийство – это умышленное лишения себя жизни. [2]

На каждое самоубийство приходится гораздо больше несостоявшихся суицидентов, каждый несостоявшийся факт самоубийства является важным фактором риска самоубийства среди населения в целом. [3]

Суицидной считается любая внутренняя либо внешняя активность, движимая стремлением человека лишить себя жизни. Внутренняя форма проявления суицидального поведения включает в себя пассивные суицидальные мысли, замыслы и намерения, а также соответствующий эмоциональный фон – суицидальные переживания. Внешнее суицидальное поведение проявляется в виде суицидальных практических суицидальных действий или высказываний, включая использование средств и способов, которые итоге могут привести к самоустранению или спровоцировать его попытку. [4]

Существует три типа суицидального поведения [5]:

- самоубийство как решение проблемы (например, “если я умру, то больше не будет никаких проблем”);
- самоубийство как цель, желание (например, “я хочу умереть”);
- саморазрушительное поведение (например, нанесение себе увечий).

Одной из самых уязвимых в плане суицидальной активности категорий являются подростки и молодежь. Более половины попыток суицида подростков являются демонстративными, но различить истинные и демонстративные суицидные попытки – одна из сложнейших задач. По клиническим данным, примерно каждый третий случай заверщенного суицида сопровож-

дается не до конца известной мотивацией. [4]

Суицидальное поведение может интерпретироваться как просьба о помощи в 90% случаев, и лишь в 10% случаев – как истинное желание покончить с собой. [5]

1.2 Интегративный подход в описании суицидального поведения

Интегративный подход в психологии учитывает прежде всего способность человеческой психики меняться и совершенствоваться. В психотерапии интегративный подход направлен на процесс самораскрытия, саморазвития и самопомощь. [6]

Суицидальным поведением можно считать любые внутренние и внешние формы психических актов, направляемые представлениями о лишении себя жизни. Внутренние формы суицидального поведения включают: суицидальные мысли, представления, переживания, суицидальные тенденции (замыслы и намерения). **Внешние проявления суицидального поведения** заключаются в попытках суицида и непосредственно завершённые суициды. В данном контексте под попыткой суицида понимается целенаправленное оперирование средствами лишения себя жизни, которое не закончилось смертью. [7]

Суицидальному поведению предшествуют **антивитальные переживания**, то есть размышления об отсутствии ценности жизни, где еще нет четких представлений о собственной смерти, но имеется отрицание жизни [8]. Размышления об отсутствии ценности жизни выражаются в формулировках: “не живу, а существую”, “бесцельное существование”. [7]

Пассивные суицидальные мысли характеризуются представлениями и фантазиями на тему собственной смерти, но не в коем случае не лишения себя жизни как самопроизвольной активности. Зачастую подобное явление выражается в словах: “вот бы попасть под автобус”, “вот бы заснуть и не проснуться”. Суицидальные замыслы являются активной формой проявления суицидальности, то есть тенденция к самоубийству, причем она нарастает параллельно степени готовности плана ее реализации. В замыслах продумываются менее или более болезненные и медленные или быстрые способы лишения себя жизни, время и место действия. Суицидальные намерения предполагают присоединение к замыслу решения и волевого компонента, побуждающего к непосредственному переходу. **Пресуицид** – это период от возникновения су-

ицидальных мыслей до попыток их реализации. При остром пресуициде период может исчисляться минутами, месяцами – при хроническом течении. [7]

В соответствии с целью суицидальное поведение подразделяют на истинное и парасуицидальное. **Истинные самоубийства**, покушения и тенденции имеют целью лишение себя жизни с некоторой целью, например, прекращение страданий или избавление от галлюцинаторных преследователей. **Парасуицид** зачастую используется для эпатажа окружающих в случае антисоциальных личностей и для шантажа в случае истероидных личностей. В случаях, когда попытка самоубийства при парасуициде заканчивается совершенным суицидом в следствие обстоятельств, а не желания суицидента, его смерть относится к несчастному случаю. При этом парасуицид встречается у аддиктов с их жадой острых ощущений, таким образом они пытаются вывести себя из состояния бесчувственности и безрадостности, к подобным актам можно отнести: прижигание кожи или удушение, хождение по перилам моста, демонстрация окружающим готовности покончить с собой для установления эмоционального контакта. В рамках аддиктивного поведения встречается также групповое и массовое самоубийство, совершаемое членами сект по религиозным мотивам. [7]

Личностный смысл суицидального поведения включает в себя выражение протеста, желание мести, стремление к признанию, избегание определенной ситуации, самонаказание и отказ. Протест проявляется в случае конфликта с неприязненным объектом, на которого направлен акт самоубийства. Мечь – это форма протеста, выражающаяся в ущемлении интересов противника. Такие виды поведения подразумевают наличие высокой самооценки и активную позицию личности со сменой направления агрессии извне внутрь. [7]

Постсуицид – период, следующий за попыткой суицида. Его подразделяют на 4 типа. [7]

Критический постсуицид характеризуется утратой актуальности конфликтом, отсутствием суицидальных тенденций, негативным отношением к совершенной попытке, чувством вины и стыда перед окружающими, страхом перед возможным смертельным исходом произведенной попытки и пониманием того, что это не могло исправить ситуации; помощь может быть ограничена рациональной психотерапией.

Манипулятивный постсуицид характеризуется значительным улучшением конфликтной ситуации для пациента под влиянием его действий, отсутствием суицидальных тенденций, рентным отношением к совершенному, легким чувством стыда и страхом перед возможным смертельным исходом. В данном случае суицидальное поведение закрепляется как способ воздействия на окружающих, кроме того закрепляется и демонстративно-шантажное поведение. В таких случаях требуется изменение ценностных ориентаций, разрушение шаблонов поведения, а также выработка негативного отношения к суициду.

Аналитический постсуицид характеризуется неизменной актуальности конфликта для суицидента, отсутствием суицидальных тенденций, негативным отношением к совершенной попытке, используются новые способы разрешения конфликтной ситуации. При неэффективности или невозможности вынести конфликтную ситуацию возможна повторная попытка суицида с большим риском смертельного исхода. В данных случаях необходима помощь в ликвидации конфликта со стороны соответствующих служб. Если же эта ситуация обусловлена психопатологической продукцией (бред, галлюцинации), необходимо лечение и систематическое наблюдение психиатра.

Суицидально-фиксированный постсуицид характеризуется актуальностью конфликта, сохранением или сокрытием суицидальных тенденций, положительным отношением к суициду. В данном случае требуется строгий надзор и лечение в условиях закрытого психиатрического стационара.

Истинность суицидальных намерений зачастую определяются обстоятельствами попытки, субъективными сведениями, а также медицинскими критериями. [7]

В качестве *обстоятельств попытки* могут рассматриваться [7]:

- отсутствие в контакте с суицидентом окружающих лиц, а также малая вероятность появления кого-либо поблизости;
- время совершения действия (от 6 до 12 часов дня);
- отсутствие суицидальных высказываний;
- отсутствие алкогольной интоксикации;
- приготовление к смерти (уборка личного пространства, смена личного белья);

- насильственные способы совершения суицида (попадание под транспортные средства, повешение, падение с высоты, использование огнестрельного оружия);
 - принятие мер, препятствующих обнаружению или вмешательству (отключение личного средства связи, запираание двери на ключ и прочее).
- В качестве *субъективных сведений* о попытке выступают [7]:
- непосредственное желание умереть;
 - длительность пресуицида (от суток и более);
 - желание умереть и сожаление, что человек не смог довести дело до конца.

Медицинские критерии включают в себя: высокую вероятность смертельного исхода без медицинского вмешательства, а также отсутствие необходимости реанимационных мероприятий. [7]

Мотивы и поводы суицидальных поступков в порядке последовательного уменьшения их удельного веса [9]:

1. Лично-семейные конфликты:

- несправедливое отношение со стороны родственников и окружающих, включающее в себя оскорбления и унижения;
- супружеская измена или развод;
- половая несостоятельность;
- неудачная или безответная любовь;
- одиночество, социальная изоляция, изменение образа жизни;
- потеря близких или значимых знакомых, обнаружение у них болезней;
- препятствия к удовлетворению ситуационной актуальной потребности;

2. Состояние психического здоровья:

- реальные конфликты психически больных;
- патологические мотивировки;
- постановка психиатрического диагноза;

3. Состояние физического здоровья:

- соматические заболевания, физические страдания;
- хронические заболевания;
- уродства;

4. Конфликты, связанные с антисоциальным поведением суицидента:

- опасение судебной ответственности;
- боязнь наказания, позора, социального неприятия;
- самоосуждение;

5. Конфликты в профессиональной и учебной сфере:

- падение престижа, несостоятельность;
- несправедливые требования к выполнению работы;
- несправедливая оценка исполненных обязанностей;

6. Материально-бытовые трудности, завышенные притязания;

7. Другие мотивы.

Среди факторов повышенного суицидального риска выделяют *экстраперсональные* и *внутриличностные*. К наиболее важным экстраперсональным факторам относят [10]:

- психозы и пограничные психические расстройства;
- суицидальные высказывания;
- повторные суицидальные действия и ранний постсуицидальный период до 3 месяцев;
- подростковый возраст;
- экстремальные условия жизни (тюремное заключение, маргинальное сообщество, одиночество);
- утрата престижа, особенно престижа в группе сверстников;
- конфликтная ситуация, психотравмы;
- алкоголизм и наркомания.

К внутриличностным факторам относят [10]:

- отсутствие установок, определяющих ценность жизни;
- неадекватность самооценки;
- неполноценность коммуникативной сферы;
- низкая стрессоустойчивость или толерантность к эмоциональным нагрузкам.

В основу рассматриваемой теории положена концепция самоубийства как следствия социально-психологической дезадаптации личности в условиях неразрешенного микросоциального конфликта. Процесс дезадаптации разделяется на фазы: *предиспозиционную* и *суицидальную*. Катализатором процесса перехода первой фазы во вторую является конфликт, который

занимает центральное место в структуре суицидального акта, при этом суицид – это выход личности из конфликта путем самоустранения. Кроме того, суицид может представлять собой результат психического расстройства или являться поведенческим актом практически здоровой личности. [7]

1.3 Предотвращение самоубийств

Решение кризисных ситуаций без микросоциальной и эмоциональной поддержки, а также коррекции суицидогенных установок, практически невозможно. В ряде случаев кризисным пациентам необходим тренинг недостающих им навыков адаптации к сложившейся жизненной ситуации. Дифференцированный подход к суицидентам требует клинической квалификации формы суицидоопасной реакции. Таким образом, кризисные проблемы затрагивают ряд областей: психологию, педагогику и психиатрию. Поэтому ведущим методом помощи суицидентам должна быть психотерапия, однако традиционные методы психотерапии мало пригодны для решения кризисных проблем. [7]

Федеральный научно-методический центр суицидологии сыграл большую роль в организации в СССР разветвленной службы профилактики самоубийств. В соответствии с разработанной типологией суицида были созданы специализированные медико-психологические учреждения открытого типа, расположенные вне психиатрических больниц и ориентированные на различные диагностические группы. Также были разработаны организационно-методические основы функционирования таких подразделений суицидологической службы: телефон доверия, кабинет суицидолога, кабинет социально-психологической помощи районных поликлиник и кризисный стационар в многопрофильной городской больнице. Кроме того, была разработана и внедрена в суицидологическую практику дифференцированная программа психотерапии суицидентов, ориентированная на различные типы суицидоопасных состояний. Однако, к сожалению, в ходе социально-экономического кризиса 1990 годов, отечественная система превенции суицидов утратила свои прежние позиции. Во многих местах помощь суицидентам сводится к психиатрической госпитализации, что негуманно и неэффективно как с точки зрения затрачиваемых средств, так и терапевтически. Часто такая помощь заключается лишь в неотложных соматических мероприятиях, проводимых в отделениях скорой помощи,

после выписки из которых суициденты часто совершают повторные попытки самоубийства. [7]

Одной из целей кризисной терапии является стремление избежать госпитализации, которая усложняет задачу адаптации пациента к его жизненному окружению. Поэтому пациентов без выраженного суицидального риска направляют в больницу лишь при наличии личной мотивации к стационарному лечению. Компромиссным вариантом является лечение в условиях дневного или ночного стационара.

1.3.1 Суицидологическая диагностика

Пресуицидальный синдром имеет следующие признаки [7]:

- резкое сужение интеллектуального фона, ограничение мыслительных процессов, заикленность мышления, ослабление способности рассматривать жизнеспособные варианты;
- сужение восприятия и уход в себя, чувство одиночества, бессмысленности и безвыходности;
- сильное смятение, ощущение крушения;
- бессильная агрессия и упреки в адрес других, сообщение о намерении покончить с собой;
- повышенная неприязнь к себе, самоотречение, ненависть, стыд, чувство вины;
- идея прекращения собственного существования, озарение, что существует способ положить конец собственным страданиям;
- фантазии о том, что будет после смерти с окружающими людьми.

Для оценки суицидального риска могут использоваться различные факторы, включающие в себя непосредственно суицидальную тематику, специфические симптомы и синдромы, а также влияние окружения. Для определения потребности в госпитализации или иных форм помощи пациентам разработаны и используются: шкала суицидального риска, карта риска суицидальности, шкала суицидального риска у больных алкоголизмом, опросник для больных с суицидальными тенденциями. Данные средства включают в себя анализ ситуации пациента и его личности. [7]

В шкале суицидального риска рассматриваются следующие факторы: возраст, пол, симптомы, стресс, суицидальное поведение в прошлом и настоящие планы, коммуникационные аспекты и возможности со стороны зна-

чимых других. При этом каждый из вариантов ответов имеет собственные баллы, по количеству которых и оценивается суицидальный риск. [7]

Карта для определения степени суицидального риска также имеет набор параметров, которые оцениваются некоторым количеством баллов, причем наиболее значимые – баллами 2 и 3. [7]

В шкале суицидального риска больных алкоголизмом степень риска оценивается также алгебраической суммой баллов, соответствующих обнаруженным диагностическим признакам, причем низкий риск определяется как оценка ниже 400 баллов, средний – от 400 до 800 баллов, а высокий – от 800 до 1200 баллов, причем высокий риск служит показанием к госпитализации. [7]

Опросник для больных с суицидальными тенденциями основан на диагностике четырех ведущих сфер жизнедеятельности человека, включающих в себя тело и ощущения, профессию и деятельность, контакты и фантазии и будущее. [7]

1.3.2 Кризисная терапия

Тактика кризисной терапии предполагает исследование значения стрессора для пациента, обеспечение необходимой социальной и микросоциальной поддержки, проявление сочувствия, побуждение к поиску альтернативных путей разрешения возникшей ситуации. При преобладании тревоги возможно применение гипноза. Может понадобиться вмешательство в виде внушения, переубеждения, изменения окружающей среды или госпитализации. Рекомендуются объяснить суициденту механизмы его саморазрушительного поведения и противопоставить его сознательные намерения и подсознательную мотивацию. Кроме того, может потребоваться выяснение социальных причин расстройства, а затем целостный анализ всех аспектов личности, после чего возможна смена ценностных ориентиров. Работа завершается замещением суицидальных установок “полезными”. [7]

Принято считать, что кризисный пациент утрачивает смысл своей жизни, однако вместо поиска нового смысла отказывается от жизни вообще. Основной целью кризисной терапии является использование пластичности коннотативной сферы суицидента, то есть его готовности отказаться от старой системы мышления и ценностей и выработать новые. Стратегия кризисной терапии заключается в создании психологических условий для личностного

роста пациента. [7]

Поскольку кризис длится не более шести недель и локализуется в социально-психологической сфере, кризисная терапия должна быть краткосрочной. Кроме того, от нее требуется обеспечить индивиду практическую помощь в изменении позиции в кризисной ситуации. Социально-психологическая направленность кризисной терапии отличается от других видов краткосрочной психотерапии и от методов межличностно-ориентированной психотерапии, которая используется для предупреждения рецидива кризиса у лиц с хроническим суицидальным риском. [7]

К целям кризисной терапии относят [11]:

- снятие симптомов;
- восстановление докризисного уровня функционирования;
- выявление внутренних ресурсов клиента, его семьи и иных форм помощи извне для преодоления кризисной ситуации;
- осознание событий, приводящих в состояние дисбаланса;
- осознание связи между стрессом и прежними жизненными переживаниями и проблемами;
- освоение новых моделей восприятия, мыслей чувств, развитие новых адаптивных реакций и стратегий совладания со стрессом, которые могут быть полезны не только в период данного кризиса, но и в будущем.

Главным показанием к применению кризисной терапии относят суицидоопасные состояния, обусловленные кризисной ситуацией, проявляющимися в сфере аффективных реакций субклинического и клинического уровня и развивающиеся у практически здоровых лиц, больных с пограничными нервно-психическими расстройствами и сохраненных душевнобольных вне связи с эндогенными механизмами заболевания. Кризисная терапия может осуществляться в индивидуальной, семейно и групповой формах, причем индивидуальная помощь является основой для других форм кризисной терапии и включает ряд этапов, которые в суицидологической практике могут частично перекрываться. [7]

Определен перечень действий, которые запрещены консультанту при проведении терапии [12]:

- впадать в замешательство или выглядеть шокированным;
- спорить или отговаривать пациента от суицида;

- преуменьшать боль пациента;
- пытаться улучшить и исправить состояние клиента, важно показать, что специалист понимает его боль;
- предлагать простых ответов на сложные вопросы, о проблемах человека надо говорить серьезно, открыто и откровенно, требуется оценивать значимость этих проблем с точки зрения пациента;
- обесценивать опыт клиента путем упоминания чужих проблем;
- обещать держать план суицида в секрете.

1.3.3 Телефон Доверия

Российская ассоциация телефонов экстренной психологической помощи является ассоциированным членом Международной федерации служб неотложной телефонной помощи IFOTES (International Federation of Telephone Emergency Services). Международные нормы федерации определяют цели, принципы и методы работы Телефонов Доверия. [7]

Службы неотложной телефонной помощи прилагают усилия, чтобы страдающий, отчаявшийся или думающий о самоубийстве человек имел возможность установить немедленный контакт с другим человеком, который готов его выслушать как друга и имеющим навыки оказания помощи в ходе беседы при уважении полной свободы абонента. Эта помощь распространяется не только на первый телефонный контакт, но продолжается в течение всего психологического кризиса, пока человеку требуется совет и поддержка. По желанию абонента служба может связать его с другим специалистом, компетентным в решении именно его проблемы. Любая помощь, оказанная службами телефонной неотложной помощи, имеет целью поддержать желание преодоления психологического кризиса. [7]

Для достижения положительных результатов абонент должен быть уверен в полной конфиденциальности, поэтому никакая информация, полученная от него, не может быть вынесена за пределы службы без его специального разрешения. Кроме того, ни абоненты, ни работники служб не должны подвергаться религиозному, политическому и иному давлению. Требуется, чтобы работники принимались в службы только после тщательного отбора и обучения. Кандидат в обязательном порядке должен обладать эмпатией. На абонента не возлагается никаких финансовых или иных обязательств при обращении в службу. [7]

Штат службы может состоять как из оплачиваемых работников, так и из волонтеров. Квалификация работников повышается путем постоянно продолжающегося обучения. Каждой службе должны быть доступны профессиональные консультанты разного профиля, которые могут быть как штатными сотрудниками службы, так и не состоять в ней вовсе. [7]

Психологическая помощь по телефону обладает рядом преимуществ, которые, по сравнению с традиционной очной терапией, весьма значимы для кризисных пациентов [7]:

- пространственные – телефонная связь позволяет оказывать психотерапевтическое воздействие на абонента, находящегося на любом расстоянии от специалиста;
- временные – абонент может в любое удобное для него время незамедлительно соединиться с психотерапевтом, что особенно важно для лиц с низкой выносливостью к психологическому стрессу;
- анонимность – даже при обращении к врачу без предъявления документов анонимность обратившегося не является полной, ведь врач видит пациента и в дальнейшем может его узнать;
- возможность прервать контакт – телефонный абонент может прервать беседу с специалистом в любой момент, подобная возможность имеет большое значение для лиц, нуждающихся в психологической безопасности;
- эффект ограниченной коммуникации – исключительно акустический характер коммуникации способствует вербализации, тем самым и лучшему осознанию переживаемой ситуации, помогая пациенту интеллектуально овладеть травмирующей ситуацией.

Целью телефонной терапии является предотвращение дальнейшего развития острых кризисных состояний, помочь разрешить психотравмирующую ситуацию и тем самым предотвратить возможное покушение на самоубийство, что отвечает основным задачам данной терапии: помощь в овладении и преодолении актуальной психотравмирующей ситуации и коррекция неадаптивных личностных установок, обуславливающих развитие кризисных состояний и суицидальных тенденций.

1.4 Статистика самоубийств

Каждый год в мире совершается 703 000 самоубийств и еще больше попыток самоубийств. Данные акты происходят не только в странах с высоким уровнем дохода, но и являются глобальным явлением во всех регионах мира. [3]

В период с 2010 по 2021 год уровень самоубийств увеличился примерно на 36%. В 2021 году самоубийства стали причиной 48 183 смертей, также 12.3 миллиона взрослых американцев серьезно думали о самоубийстве, 3.5 миллиона планировали попытку самоубийства, а 1.7 миллионов человек пытались покончить жизнь самоубийством. [13]

На каждую смерть от самоубийства в 2021 году приходилось около [13]:

- 3 госпитализации по причине членовредительства;
- 8 обращений в отделение неотложной помощи в связи с самоубийством;
- 38 попыток самоубийства, о которых сообщили сами люди за последний год;
- 265 человек, которые всерьез задумывались о самоубийстве за последний год.

Также стоит отметить, что уровень самоубийств среди мужчин в 2021 году был примерно в 4 раза выше, чем среди женщин. Таким образом 50% населения является 80% самоубийц. Самый высокий же уровень самоубийств по возрасту наблюдается у людей старше 85 лет, а наиболее распространенным методом сведения счетов с жизнью – огнестрельное оружие.

Статистика количества суицидов в определенные месяцы года представлена на рисунке 1.1 [13].

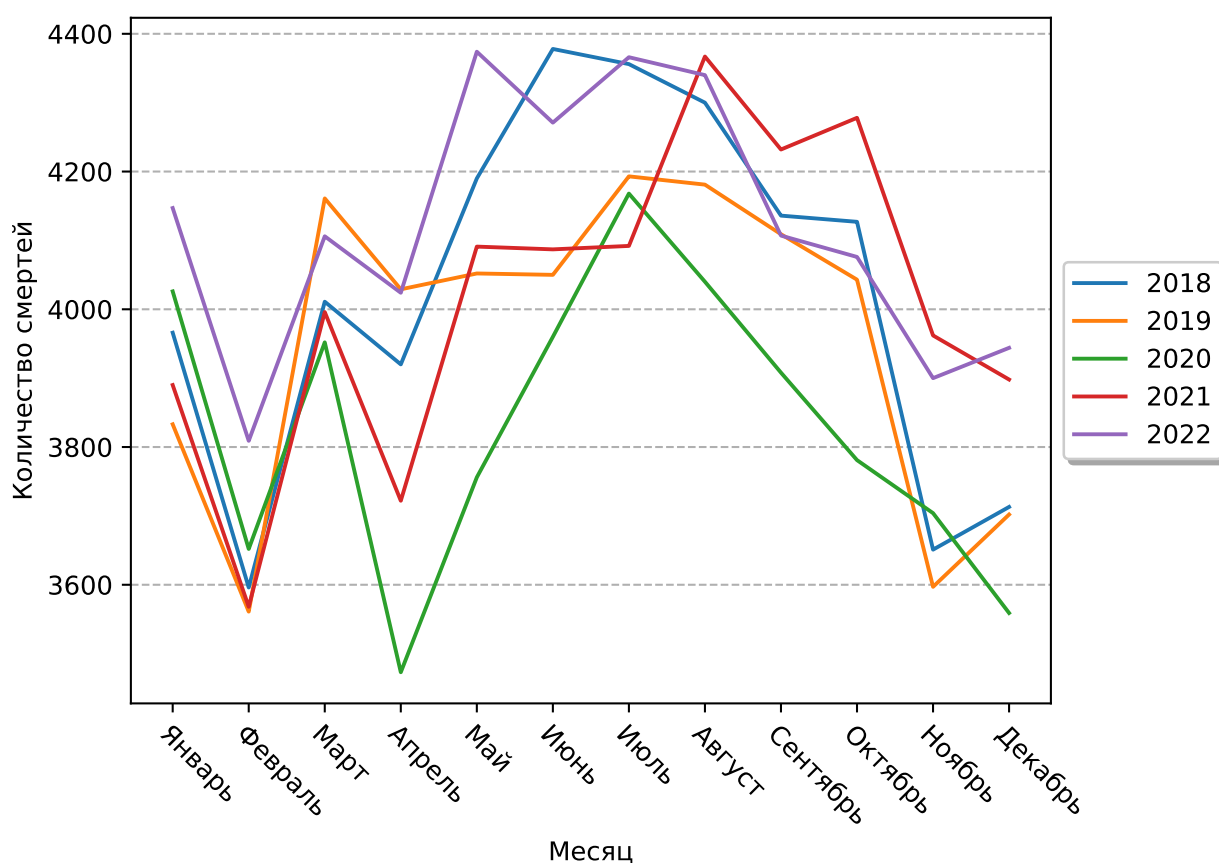


Рисунок 1.1 – График количества смертей от суицида в определенные месяцы за 2018–2022 год.

1.5 Классификация признаков паттернов суицидального поведения человека

Признаки паттернов суицидального поведения человека по своей форме проявления могут быть явными и неявными. К явным признакам суицидального поведения относятся просьбы о помощи, в то время как к неявным – намеки на собственное состояние, депрессивные высказывания, изоляция от общества.

Кроме того, каждая форма проявления, как просьба о помощи, может выражаться:

- аудиально – с использованием речевого аппарата, интонаций, музыкальных композиций;
- в текстовом виде – записка или сообщение;
- визуально – с использованием собственного имиджа, жестов, паттернов движений;
- социально – через изоляцию или конфликты с обществом;
- физиологически – затяжная депрессия, приводящая к суицидальным

наклонностям, сказывается на организме человека.

В сети интернет наиболее доступными являются явные и неявные признаки, выражающиеся в текстовом виде, причем в качестве анализируемого материала могут использоваться как личные сообщения, так и предоставляемые широкому кругу лиц тексты с описанием жизненных ситуаций, собственного состояния или личных переживаний.

1.6 Форматы хранения проявление поведения человека

Для автоматизации анализа выражений форм проявления суицидального поведения человека и выявления патологий требуется определить формат хранения данных.

Результатом анализа *аудиальных признаков* может быть наличие в словах человека депрессивных высказываний или интонаций пользователя в разговоре, умеющем суицидальный подтекст. Анализ аудио-сообщений подразумевает их расшифровку и сопоставление определенных высказываний с проявляемыми эмоциями. Далее под “эмоциональной картой аудио-дорожки” имеется в виду структура, в которой для определенных аудио-фрагментов сопоставлена одна из рассматриваемых эмоций пользователя. Данная структура может быть представлена как временные промежутки аудио-сообщения или как указатель на части расшифровки.

Результатом анализа *текстовых сообщений* может быть наличие в сообщении каких-либо суицидальных признаков: употребление выражений, подразумевающих суицидальную тематику, слова с суицидальным подтекстом, прямые высказывания о желании совершить суицид.

Результатом анализа *пространственно-временных признаков* может быть как выявление подверженности жителей определенных регионов депрессии в связи с происходящими в них событиями, или же соотнесение временных промежутков цикличным сезонам депрессии.

Результатом анализа *визуальных признаков* может быть определение проявления суицидального поведения, попытки суицида, либо его совершение, а также определение депрессии по мимике во время высказываний. Анализ визуальных признаков подразумевает обработку видеозаписей с действиями человека.

Социальные признаки могут выражаться как действия самого человека в социальной сфере или же информация, поступающая из социальной среды

исследуемого индивидуума. Результатом анализа данных признаков может быть установление факта социальной изоляции исследуемого человека, либо встревоженность окружения: родственников, друзей или знакомых. Анализ подразумевает мониторинг социальных связей человека или сбор данных о наблюдениях окружающих индивидуума людей.

Анализ *физиологических признаков* может включать в себя либо диагностику депрессивного состояния, либо частотность присутствия индивидуума в стрессовых ситуациях, которые сопровождаются стадией истощения организма. *Общий адаптационный синдром* – это сочетание стереотипных реакций, возникающих в организме в ответ на действие стрессоров и обеспечивающих ему устойчивость не только к стрессорному агенту, но и по отношению к другим болезнетворным факторам [14]. Определены три стадии общего адаптационного синдрома: тревоги, устойчивости и истощения. При длительном воздействии стрессора адаптивные механизмы, участвующие в поддержании резистентности, истощаются, и наступает стадия истощения организма. Данная стадия не является обязательной и стрессовая ситуация может быть окончена до ее наступления. Протекание реакции заключается в активизации эндокринной системы и обеднении коры надпочечников. [14]

Анализ *биологических признаков* подразумевает под собой настройку чувствительности модели путем отнесения человека к известным группам риска. Согласно исследованиям в 2021 году констатировано 38 358 смертей в 2021 году и 39255 в 2022 году в результате суицида среди мужчин [13]. Среди женщин зафиксировано 9 825 смертей в 2021 году и 10 194 смертей в 2022 году [13]. Таким образом, по данной статистике мужчины совершают $\approx 80\%$ самоубийств, что говорит о том, что пол имеет важную роль в определении суицидального поведения индивида. Также, согласно исследованиям чаще всего суицид совершают люди возрастной группы 25 -44 лет и 45 -64 лет, в 2021 году зафиксировано, что они составили совместно для этих групп $\approx 65\%$ всех самоубийств в США, а в 2022 году $\approx 66\%$ [13].

Вывод

Были рассмотрены термины предметной области, включающие в себя понятия самоубийства и суицидального поведения. Представлен интегративный теоретический подход в суицидологии, описаны суицидальное поведе-

ние, внешние проявления суицидального поведения, пресуицид, парасуицид и постсуицид. Приведена информация об определении истинности суицидальных намерений, включившая в себя обстоятельства попытки и медицинские критерии.

Описаны факторы повышенного суицидального риска и мероприятия и методики предотвращения самоубийств, включающие в себя суицидологическую диагностику, кризисную терапию и Телефон Доверия. Представлена статистика совершения самоубийств.

С использованием классификации признаков паттернов суицидального поведения человека описаны форматы хранения проявления поведения человека, представленные в таблице 1. Были выделены аудиальные, текстовые, пространственно-временные, визуальные, физиологические и биологические признаки. В рамках разрабатываемого метода анализируются лишь текстовые признаки.

Таблица 1 – Форматы описания признаков и их методов обработки

| Признаки | Данные | Методы обработки |
|---------------------------|--|---|
| Аудиальные | аудиофайл | распознавание речи, обработка и анализ текстовых сообщений, анализ характеристик голоса |
| | текстовая расшифровка речи | обработка и анализ текстовых сообщений |
| | эмоциональная карта, аудиофайл / текстовая расшифровка | сопоставление эмоциональной карты смысловой нагрузке речи |
| Текстовые | текстовое сообщение | обработка и анализ текстовых сообщений с использованием методов машинного обучения |
| | текстовое сообщение, эмоциональная карта | уточнение входных данных модели с использованием эмоциональной карты |
| Пространственно-временные | дата написания | соотнесения дат действий пользователя сезонности депрессии |
| | место дислокации автора, дата написания | соотнесение контекста происходящего в регионе пользователя его действиям |
| Визуальные | видеоряд действий пользователя | распознавание эмоций |
| | видеоряд действий пользователя, мониторинг контекста происходящего | анализ реакций индивидуума на внешние раздражители и жизненные ситуации |
| Физиологические | го | |
| | данные мониторинга уровня стресса | анализ состояния организма человека и его подверженности стрессам |
| | данные мониторинга уровня кортизола в крови | |
| Биологические | данные мониторинга состояния здоровья человека | |
| | пол пользователя | уточнение входных данных модели с использованием пола пользователя |
| | возраст пользователя | уточнение входных данных модели с использованием возрастной группы пользователя |

2. Конструкторский раздел

В разделе описывается метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям, а также формат и метод сбора задействованных в нем данных. Приводится диаграмма вариантов использования, декомпозиция задачи распознавания суицидального сообщения, а также диаграмма “сущность-связь” в нотации Чена. Определяется перечень задействованных методов машинного обучения и векторизации.

2.1 Метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям

Метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям включает в себя хранение и анализ сообщений пользователей. Для определения, является ли сообщение суицидальным, используется модель машинного обучения. В качестве обучающей выборки используется дополненный датасет размеченных сообщений из открытого доступа [15].

2.2 Формат и метод сбора данных

В качестве задействованных в анализе данных используются текстовые сообщения и их даты написания, так как представленная зависимость количества смертей от суицида в зависимости от года и месяца говорит о возможной корреляции месяца написания сообщения и его возможной интерпретации.

Для сбора данных задействовано автоматизированное средство сбора суицидальных сообщений в мессенджере Telegram. Интерфейс программного обеспечения позволяет направить в систему хранения два типа сообщений: суицидальные и на суицидальную тематику.

Средство сбора должно предоставлять пользователю следующий функционал:

1. Получение информации о проекте;
2. Получение информации об отличиях суицидальных сообщений и сообщений на суицидальную тематику;
3. Направление примеров суицидальных сообщений;
4. Направление примеров сообщений на суицидальную тематику.

Согласно 152-ФЗ “О персональных данных”, “персональные данные –

любая информация, относящаяся к прямо или косвенно определенному или определяемому физическому лицу (субъекту персональных данных)” [16]. Таким образом, к персональным данным можно отнести фамилию, имя и отчество, дату и место рождения, адрес проживания, семейное, социальное и имущественное положение, образование, профессию, доходы и другое. В связи с этим средство сбора информации, не обрабатывает и не хранит никаких персональных данных о пользователях, направивших сообщения.

2.3 Средства реализации ботов в мессенджере Telegram

В качестве представленных к использованию в качестве средства реализации бота в мессенджере телеграм могут быть задействованы популярные библиотеки:

- Python Telegram Bot [17],
- Telebot [18],
- Node Telegram Bot API [19],
- Telegram Bot Kotlin [20].

Python Telegram Bot – это библиотека, предоставляющая асинхронный интерфейс на ЯП Python для Telegram Bot API, которая совместима с версиями Python3.8 [21] и выше. Данная библиотека предоставляет высокий уровень абстракции и позволяет использовать объектно-ориентированный подход. Помимо реализации API, она также содержит ряд классов высокого уровня, упрощающих разработку ботов. Кроме того, проект поддерживает строенную с асинхронным вводом-выводом. [17]

Telebot – библиотека на Python, содержащая в себе асинхронную и синхронную реализацию Telegram Bot API. Данный проект предоставляет более гибкий и низкоуровневый доступ к API Telegram, чем упомянутый Python Telegram Bot. [18]

Node Telegram Bot API – это библиотека для создания Telegram-ботов с использованием языка JavaScript [22] и платформы NodeJS [23]. Несмотря на распространенное использование, используемая версия API Telegram является устаревшей. [19]

Telegram Bot Kotlin – это библиотека для создания Telegram-ботов на ЯП Kotlin [24]. Отличительной особенностью является возможность разработки ботов на платформе Java Virtual Machine [25], а также поддержка Kotlin Coroutines. [20]

2.4 Декомпозиция системы

На рисунке 2.1 представлена диаграмма вариантов использования системы.

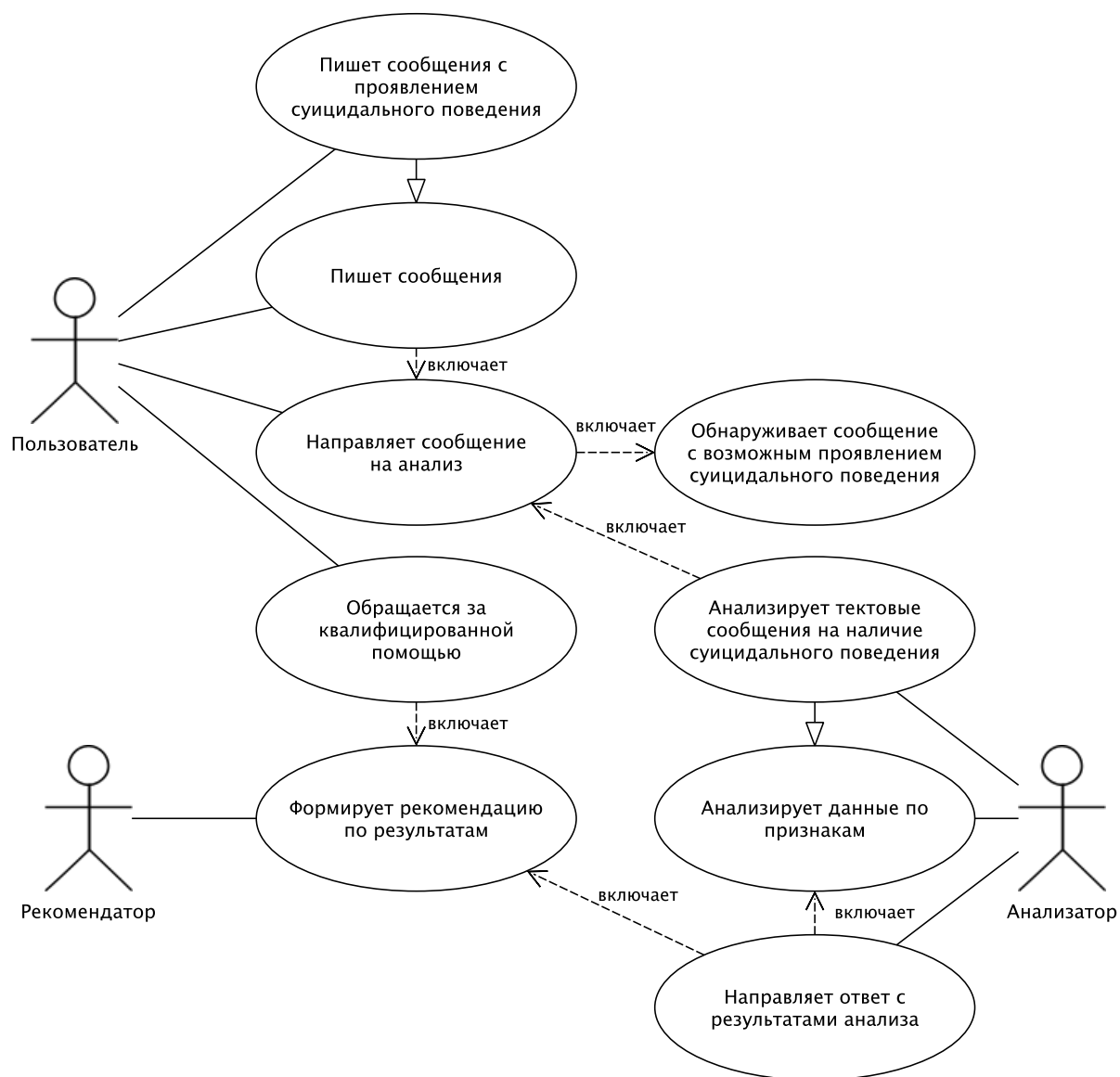


Рисунок 2.1 – Диаграмма вариантов использования системы.

На рисунках 2.2–2.3 представлены IDEF0 диаграммы задачи определения наличия суицидальных паттернов в текстовом сообщении.

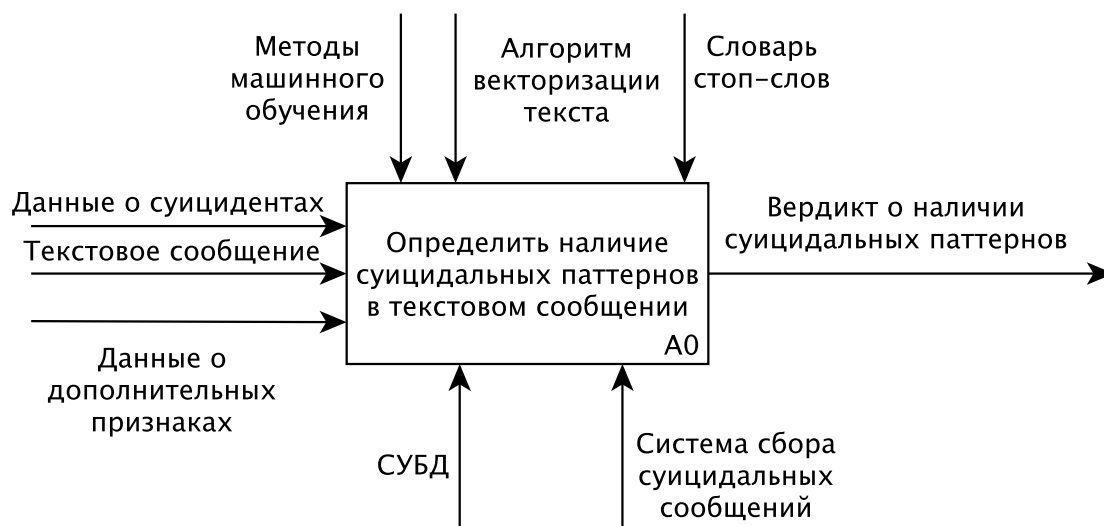


Рисунок 2.2 – IDEF0 диаграмма уровня A0.

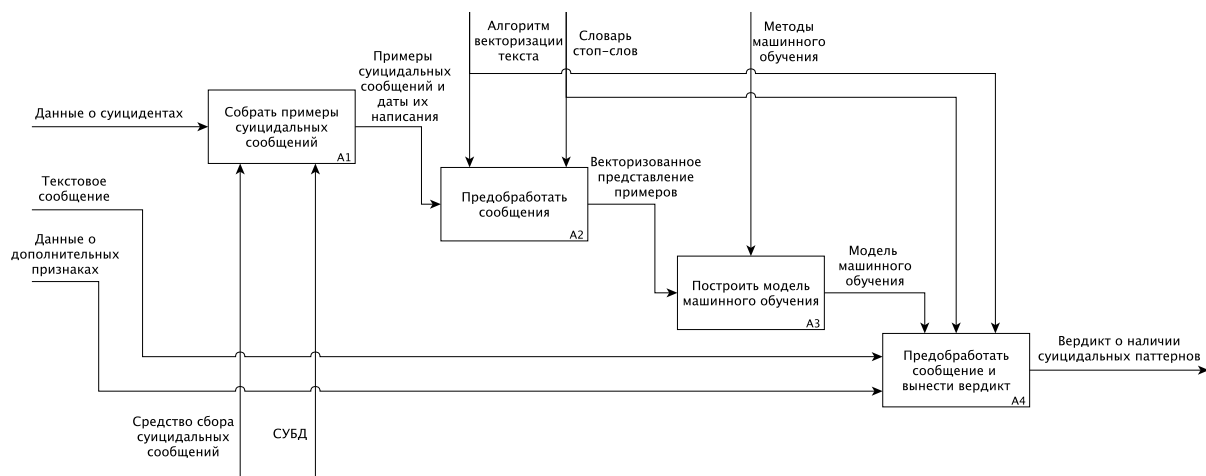


Рисунок 2.3 – IDEF0 диаграмма уровня A1-A3.

На рисунке 2.4 представлена диаграмма “сущность-связь” в нотации Чена.

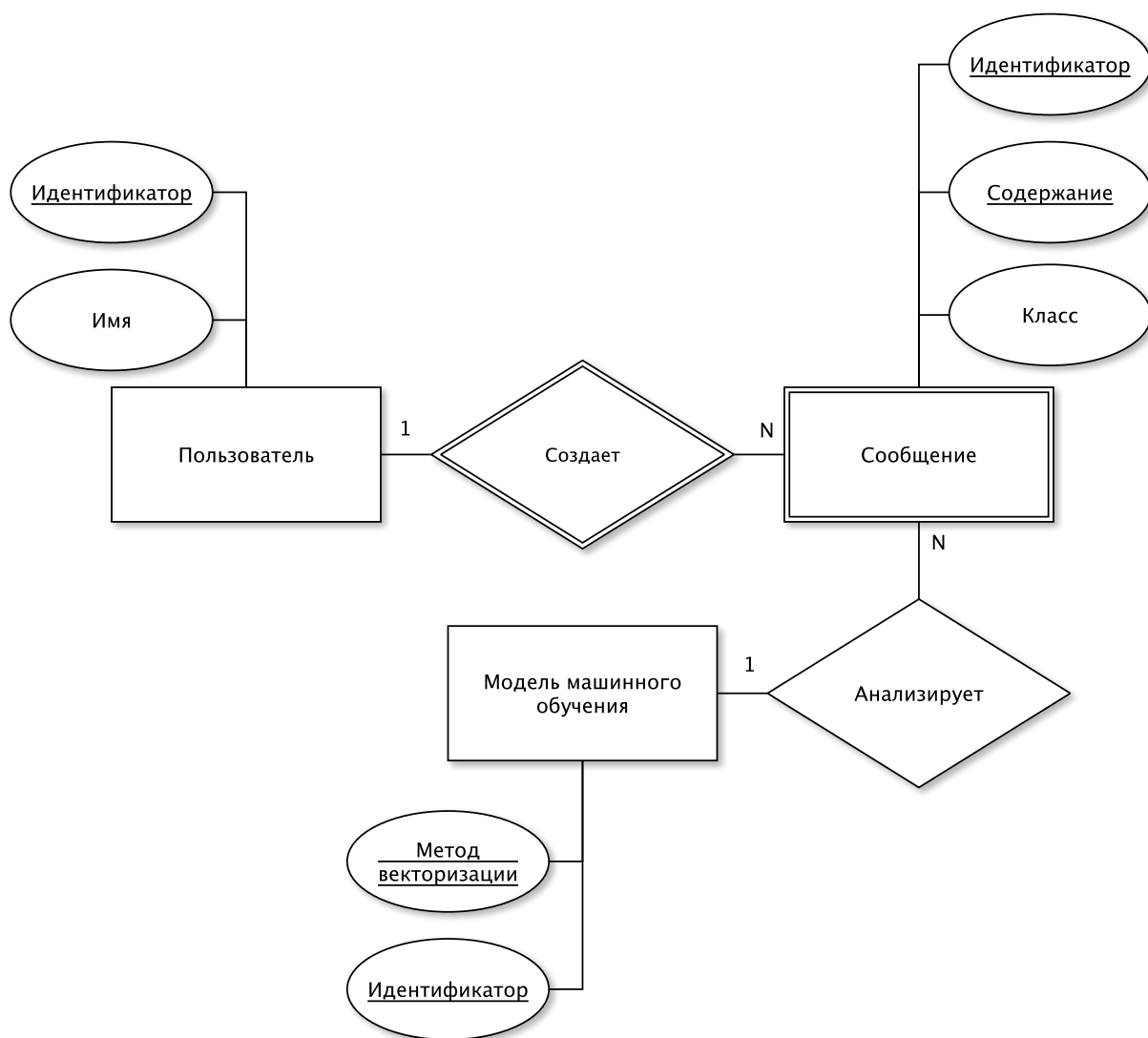


Рисунок 2.4 – Диаграмма “сущность-связь” в нотации Чена.

2.5 Задействованные методы машинного обучения

В качестве задействованных в методе алгоритмов будут рассмотрены: градиентный бустинг, метод случайного леса, метод опорных векторов, метод К-ближайших соседей, логистическая регрессия и перцептрон. Данный список обусловлен потребностью в целях исследования охватить широкий спектр методов машинного обучения для дальнейшего изучения возможности и потребности в создании ансамблевых моделей для решения поставленной задачи.

2.6 Техника векторизации текстовых сообщений

Для векторизации собранных текстовых сообщений будут задействованы алгоритм “мешок слов” и языковая модель BERT [26]. Алгоритм TF-IDF не входит в рассмотрение в силу того, что он является модернизацией

алгоритма “мешок слов”. Модели Word2Vec [27] и GloVe [28] также не попадают в рассмотрение в связи с тем, что данная работа первично имеет цель определить наиболее подходящий для решения задачи алгоритм машинного обучения.

Вывод

Был описан метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям, а также формат и метод сбора задействованных в нем данных. Определено, что в качестве средства сбора данных будет использоваться бот в мессенджере Telegram. Рассмотрены доступные средства реализации ботов в выбранном мессенджере.

Приведена диаграмма вариантов использования. Для системы было определено три действующих лица: пользователь, рекомендатор и анализатор. Приведена IDEF0 диаграмма, декомпозирована главная задача метода – распознавание суицидального сообщения. Диаграмма “сущность-связь” в нотации Чена позволила на абстрактном уровне описать систему распознавания.

Был определен перечень задействованных методов машинного обучения, который включил в себя: градиентный бустинг, метод случайного леса, метод опорных векторов, метод К-ближайших соседей, логистическая регрессия и перцептрон. В качестве методов векторизации выбраны: алгоритм “мешок слов” и языковая модель BERT.

3. Технологический раздел

В данном разделе определяются инструменты разработки средства сбора данных и средства распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям. Представлены интерфейсы разработанных средств.

Приводится описание обрабатываемых данных, а также анализ тональности сообщений и облаков слов каждого класса.

3.1 Выбор инструментов разработки средства сбора данных

В качестве средства реализации была выбрана библиотека Telebot, так как:

1. Функционал приложения не предусматривает сложных операций, в силу чего низкая производительность ЯП Python не скажется на скорости отклика системы;
2. ЯП Python позволит быстро разворачивать приложение на разнообразных операционных системах, поддерживающих интерпретатор Python;
3. Telebot предоставляет более тонкую настройку и контроль над запросами и ответами API Telegram.

Для организации хранения данных и моделей задействована реляционная СУБД PostgreSQL [29]. Данный выбор обусловлен наличием реляционных отношений в описанной системе, а также количеством полей у каждой сущности меньше 10, таким образом, данная СУБД может удовлетворить все потребности при реализации.

3.2 Интерфейс средства сбора данных

На рисунках 3.1-3.4 представлен интерфейс реализованного Telegram-бота.

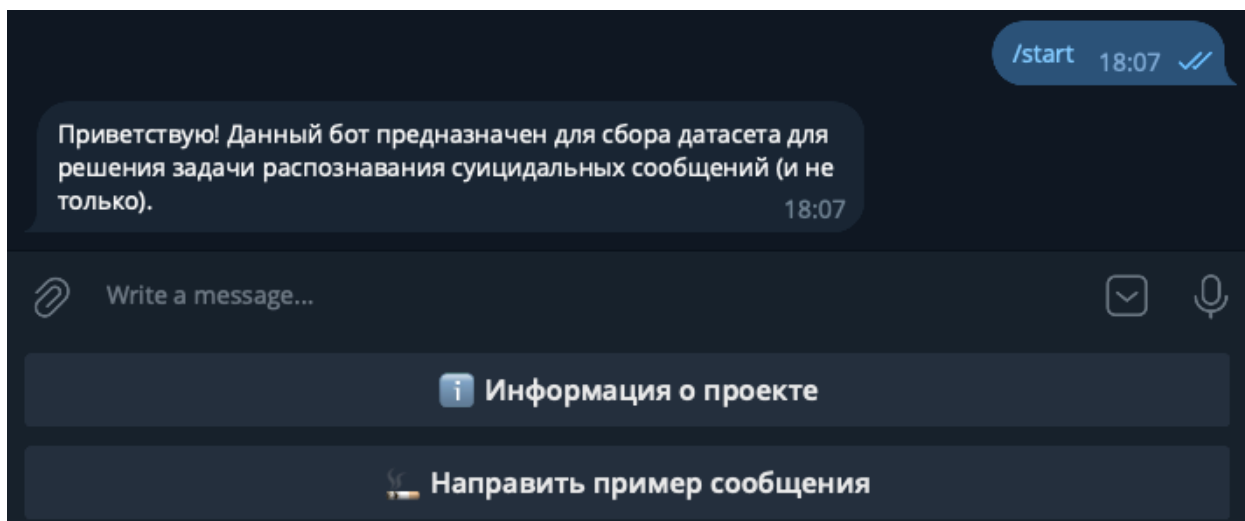


Рисунок 3.1 – Приветственное сообщение новому пользователю.

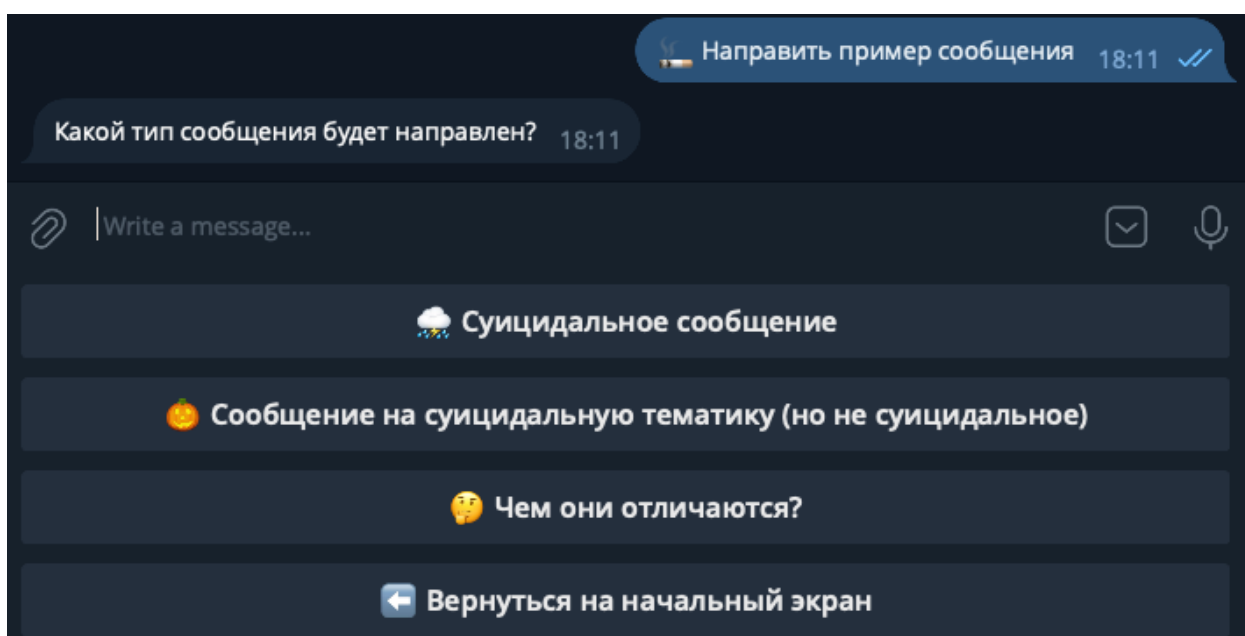


Рисунок 3.2 – Функционал направления в систему сообщения пользователем.

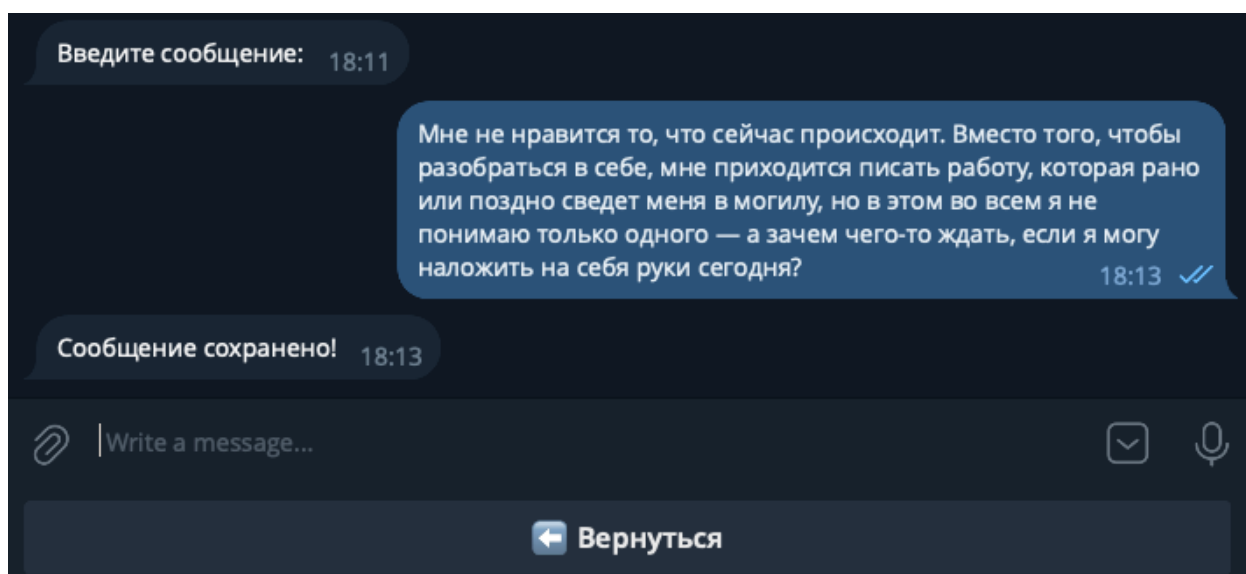


Рисунок 3.3 – Пример результата направленного в систему суицидального сообщения.

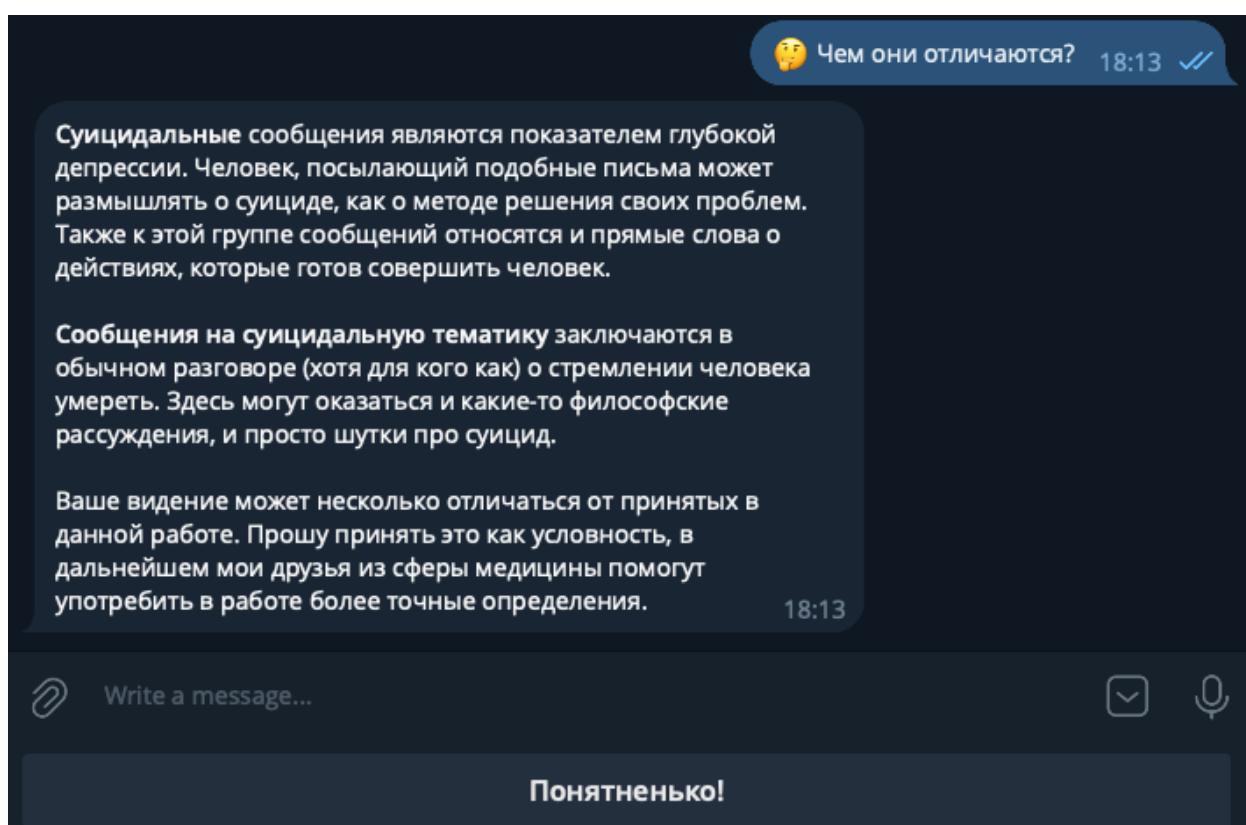


Рисунок 3.4 – Описание отличий суицидального сообщения и сообщения на суицидальную тематику.

3.3 Описание обрабатываемых данных

В результате работы средства сбора данных было размечено 1000 суицидальных сообщений. К собранным сообщениям было добавлено еще 1000

несуицидальных сообщений из датасета обнаружения пресуицидальных сигналов [15].

На рисунках 3.5 и 3.6 представлены круговые диаграммы тональности сообщений.

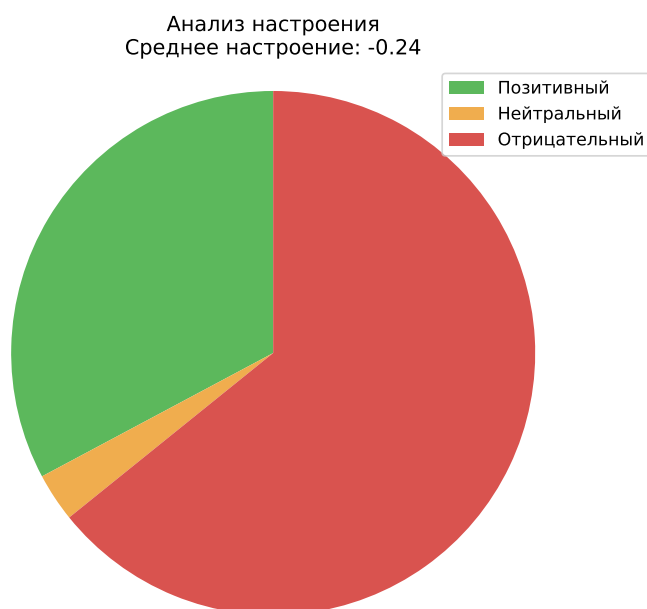


Рисунок 3.5 – Круговая диаграмма тональности суицидальных сообщений.



Рисунок 3.6 – Круговая диаграмма тональности несуицидальных сообщений.

На рисунке 3.7 представлена визуализация собранных данных класса суицидальных сообщений. Чаще всего в суицидальных сообщениях фигурирует слова “жизнь” (585 раз), “хотеть” (556 раз), “человек” (491 раз) и “мочь” (452 раза). Также стоит обратить внимание на присутствие слов “суицид”, “страдать”, “депрессия”, “смерть”, “умирать” и “ад”.



На рисунке 3.8 представлена визуализация данных класса несуицидальных сообщений. Чаще всего в несуицидальных сообщениях встречаются слова “хотеть” (159 раз) и “человек” (67 раз). Кроме того сообщения данной тематики чаще включают в себя различные вариации нецензурной брани.

дом, а также имеет большое число расширений, ускоряющих процесс разработки.

Список задействованных библиотек:

- pandas [30] – библиотека для обработки и анализа данных;
- numpy [31] – библиотека, добавляющая поддержку больших многомерных массивов и матриц, вместе с большой библиотекой высокоуровневых математических функций для операций с этими массивами;
- matplotlib [32] – библиотека для визуализации данных;
- scikit-learn [33] – библиотека множества операций и алгоритмов, используемых в сфере науки о данных и машинном обучении;
- nltk [34] – библиотека, предоставляющая обширный набор инструментов для работы с естественными языками;
- pymorphy2 [35] – библиотека, предоставляющая морфологический анализатор, а также утилиты для взаимодействия с ним.

3.5 Интерфейс средства распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям

На рисунках 3.9 и 3.10 представлен интерфейс реализованного средства распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям. Средство позволяет выбрать пользователю как модель, так и метод векторизации сообщения, поступающего в систему.

```
) sh run.sh
Запуск средства распознавания суицидальных паттернов...

Выберите модель, которой хотите воспользоваться.
  1. Градиентный бустинг
  2. Случайный лес
  3. Метод опорных векторов
  4. К-ближайших соседей
  5. Логистическая регрессия
  6. Перцептрон

  7. Выход

Ваш выбор: 2

Какую векторизацию использовать?
  1. Bag of words (Default)
  2. BERT

Ваш выбор: 2

Введите сообщение, которое требуется проанализировать: Увидеть Париж и умереть
Анализ выполняется...
Сообщение не относится к суицидальным

Выберите модель, которой хотите воспользоваться.
  1. Градиентный бустинг
  2. Случайный лес
  3. Метод опорных векторов
  4. К-ближайших соседей
  5. Логистическая регрессия
  6. Перцептрон

  7. Выход

Ваш выбор: 7

Всего доброго!
```

Рисунок 3.9 – Полная пользовательская история использования средства.

```
Выберите модель, которой хотите воспользоваться.
1. Градиентный бустинг
2. Случайный лес
3. Метод опорных векторов
4. К-ближайших соседей
5. Логистическая регрессия
6. Перцептрон

7. Выход

Ваш выбор: 5

Какую векторизацию использовать?
1. Bag of words (Default)
2. BERT

Ваш выбор: 1

Введите сообщение, которое требуется проанализировать: Я хочу умереть, мне все жутко надоело
Анализ выполняется...
Сообщение суицидальное
```

Рисунок 3.10 – Результат анализа суицидального сообщения.

Вывод

В качестве инструментов разработки средства сбора данных будут задействованы ЯП Python и библиотека Telebot. В качестве языка разработки средства распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям также будет использоваться ЯП Python. Задействованные библиотеки: pandas, numpy, matplotlib, scikit-learn, nltk, pymorphy2.

Были представлены интерфейсы средства сбора данных и средства распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям.

Представленные диаграммы тональности сообщений показали, что практически треть суицидальных сообщений автоматизированное средство оценки тональности распознает как сообщения с отрицательной окраской. Среди несуйцидальных сообщений преобладают тексты с отрицательной окраской, при этом нейтральных сообщений – четверть из всех.

Визуализированные облака слов подтвердили гипотезу, что выбранные классы суицидальных и несуйцидальных сообщений разделимы и отличны частотой некоторых слов. Отмечено, что слово “хотеть” встречается в суицидальных сообщениях в ≈ 7.83 раза чаще, чем в несуйцидальных, а слово

“человек” – в ≈ 7.33 раза чаще. Таким образом, суицидальные сообщения являются менее “разнообразными” и фиксирующимися на определенном словарном множестве.

4. Исследовательский раздел

4.1 Условия исследований

Исследование проводилось на персональном компьютере со следующими характеристиками:

- процессор Apple M1 Pro,
- операционная система macOS Ventura 13.5.2 (22G91),
- 32 Гб оперативной памяти.

Для определения гиперпараметров каждой модели применялся метод поиска по сетке с опорой на значение F1-меры. Разбиение данных на выборки производилось на 4 части, 1 из которых используется в качестве тестовой, результаты приводятся для каждого разбиения.

4.2 Градиентный бустинг

Параметры модели при применении метода векторизации “мешок слов”:

- коэффициент обучения – влияет на скорость обучения – 0.5;
- количество классификаторов в ансамбле – определяет количество деревьев, используемых в алгоритме – 215;
- минимальное количество образцов для разбиения узла дерева решений – 5.

На рисунке 4.1 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием градиентного бустинга, метод векторизации – “мешок слов”.

На рисунке 4.2 представлены оценки классификатора, полученные с использованием градиентного бустинга, метод векторизации – “мешок слов”.

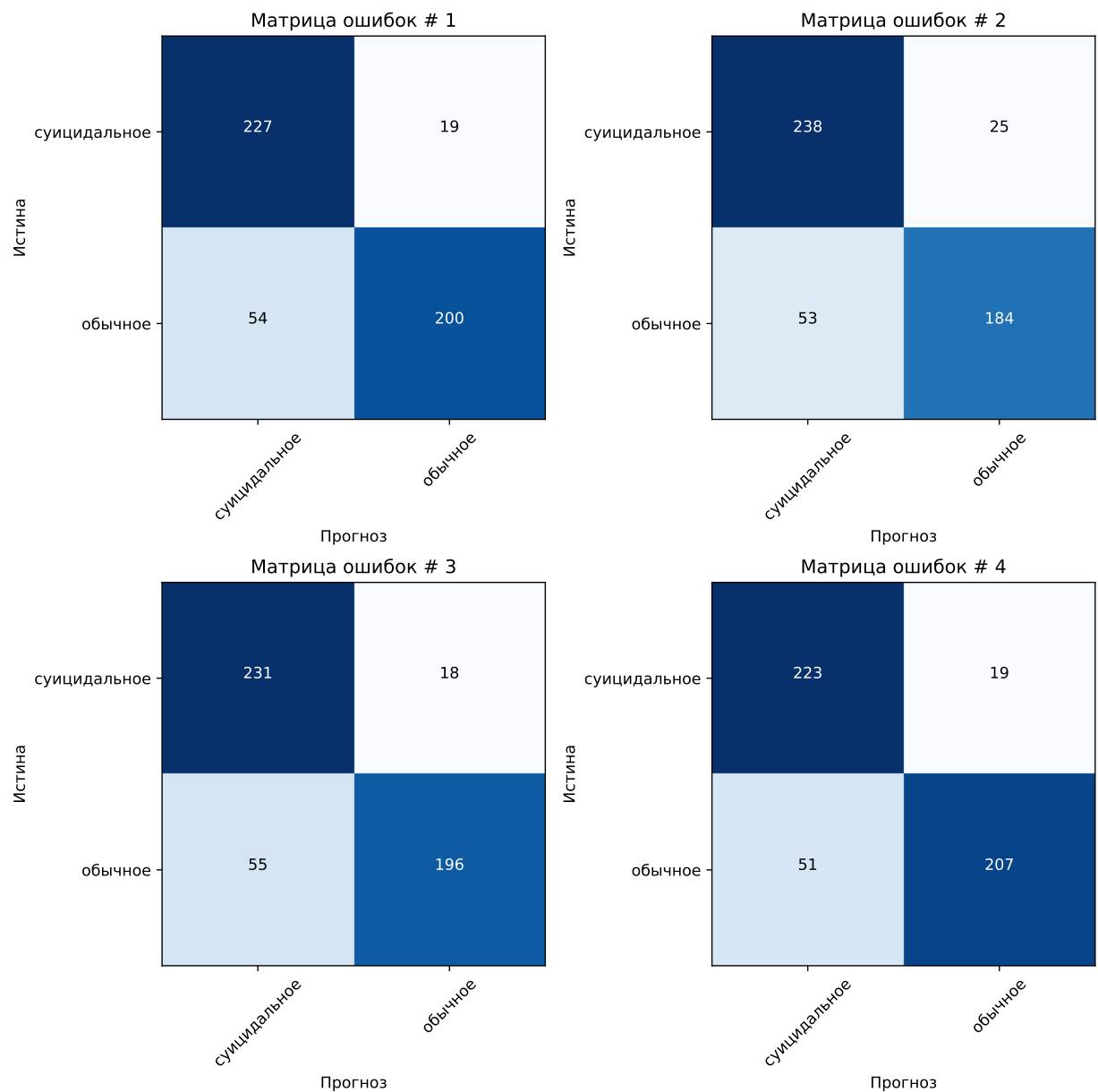


Рисунок 4.1 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием градиентного бустинга (метод векторизации – “мешок слов”).

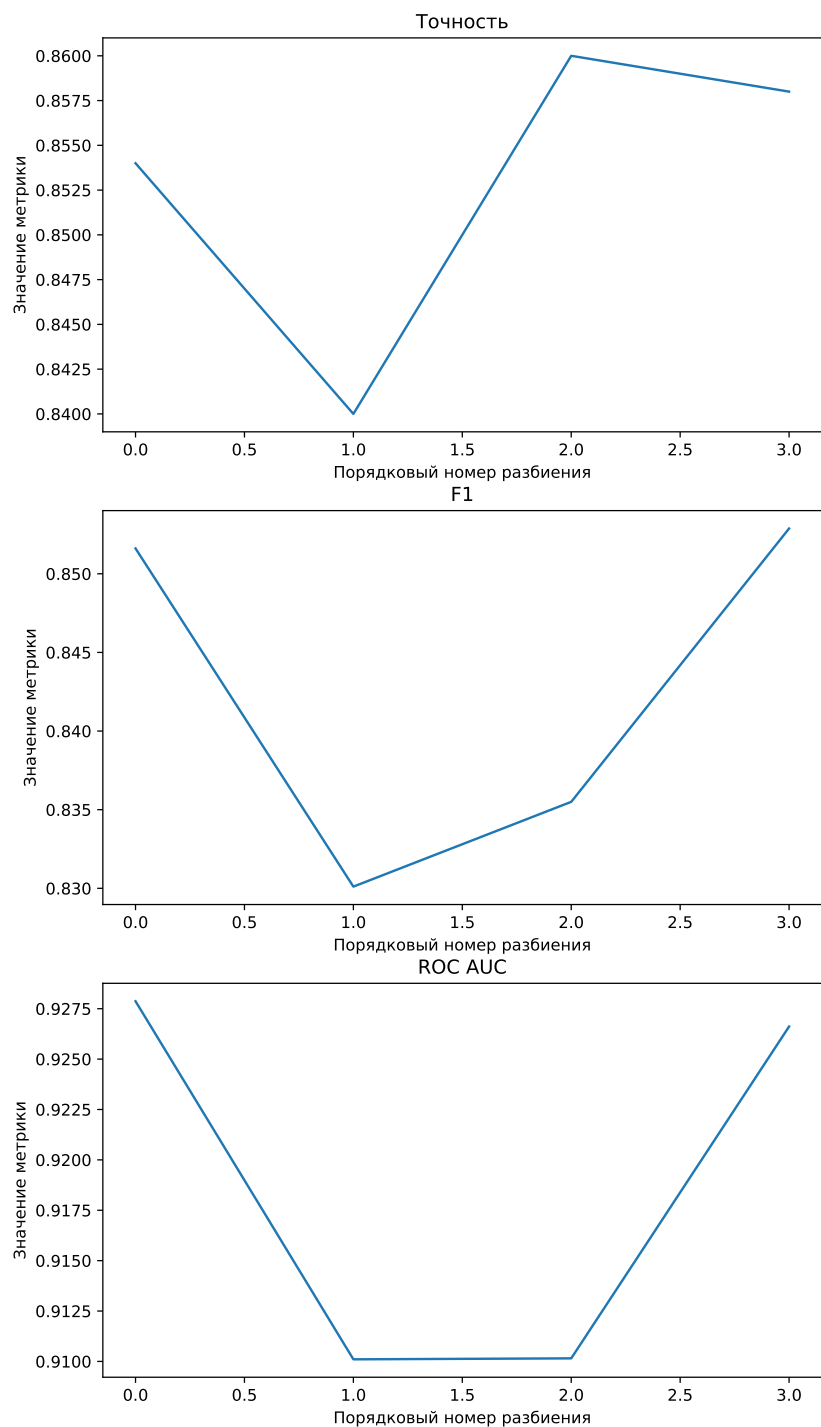


Рисунок 4.2 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием градиентного бустинга (метод векторизации – “мешок слов”).

Параметры модели при применении векторизации BERT:

- коэффициент обучения – 0.3;
- количество классификаторов в ансамбле – 245;
- минимальное количество образцов для разбиения узла дерева решений – 16.

На рисунке 4.3 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием градиентного бустинга, метод векторизации – BERT.

На рисунке 4.4 представлены оценки классификатора, полученные с использованием градиентного бустинга, метод векторизации – BERT.

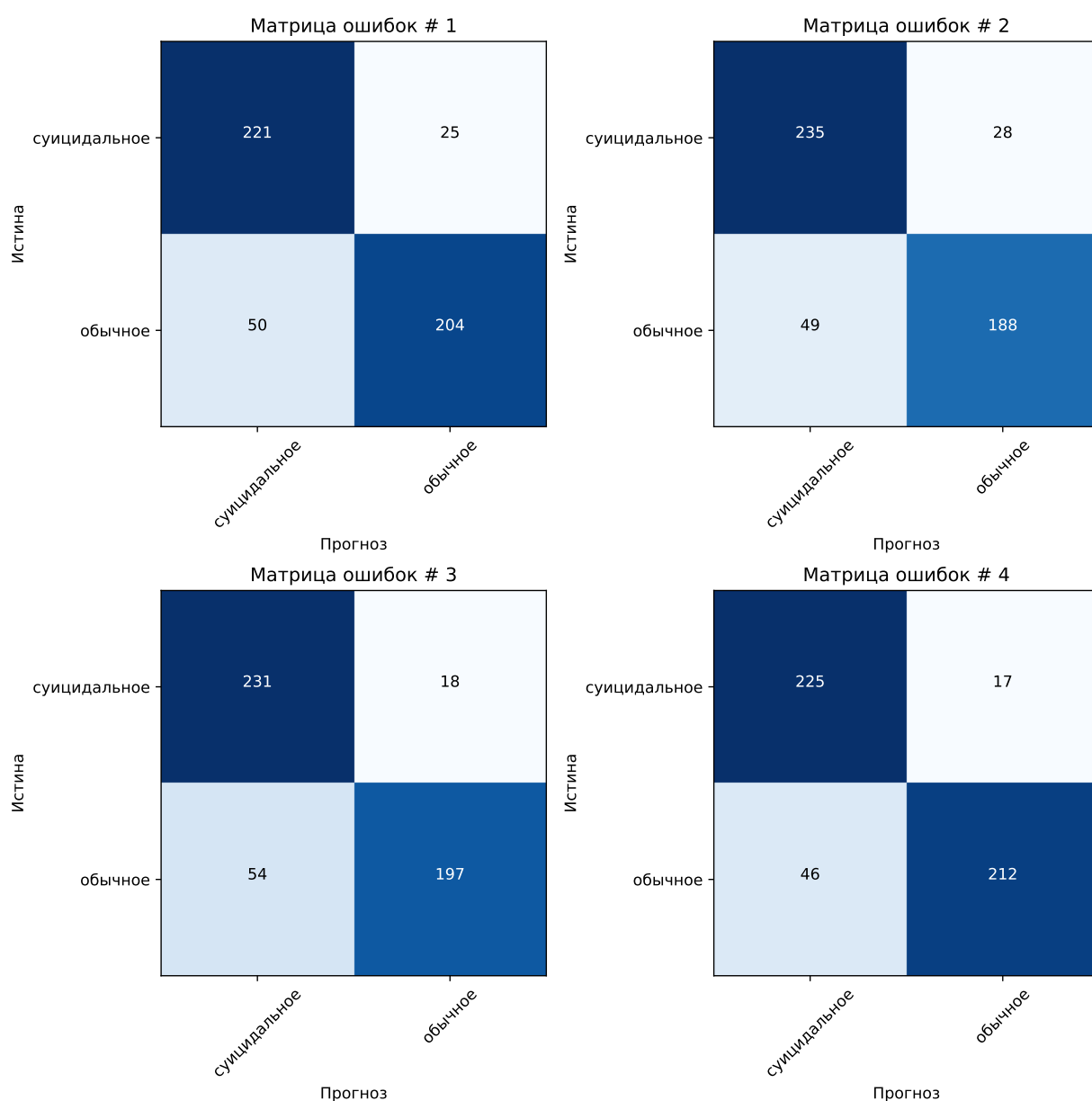


Рисунок 4.3 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием градиентного бустинга (метод векторизации – BERT).

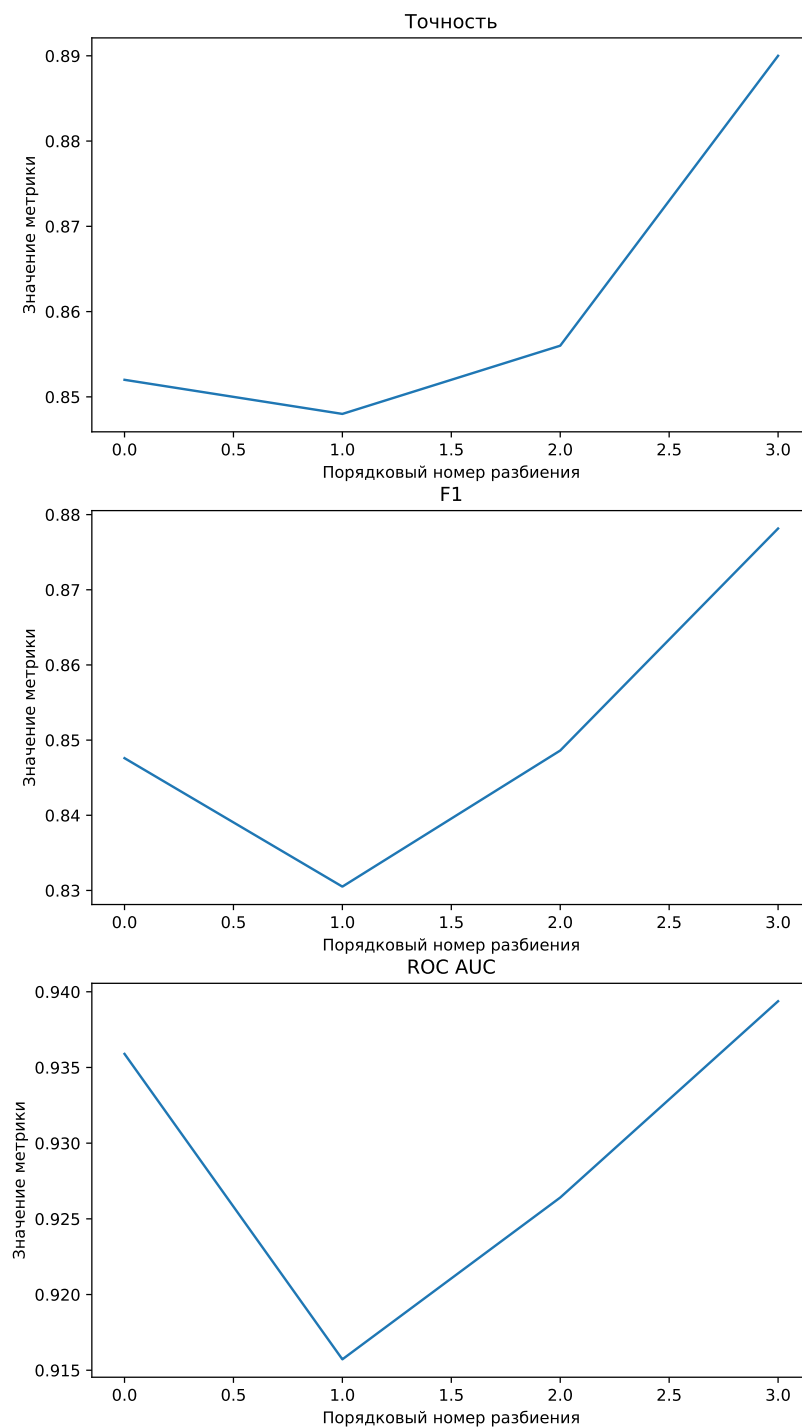


Рисунок 4.4 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием градиентного бустинга (метод векторизации – BERT).

4.3 Метод случайного леса

Параметры модели при применении метода векторизации “мешок слов”:

- максимальная глубина – определяет максимальную глубину дерева решений – 300;
- максимальное количество признаков – определяет максимальное количество признаков, используемых для разбиения узла дерева решений, может принимать значение функции – \log_2 ;
- количество классификаторов в ансамбле – определяет количество деревьев, используемых в алгоритме, – 850.

На рисунке 4.5 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием метода случайного леса, метод векторизации – “мешок слов”.

На рисунке 4.6 представлены оценки классификатора, полученные с использованием метода случайного леса, метод векторизации – “мешок слов”.

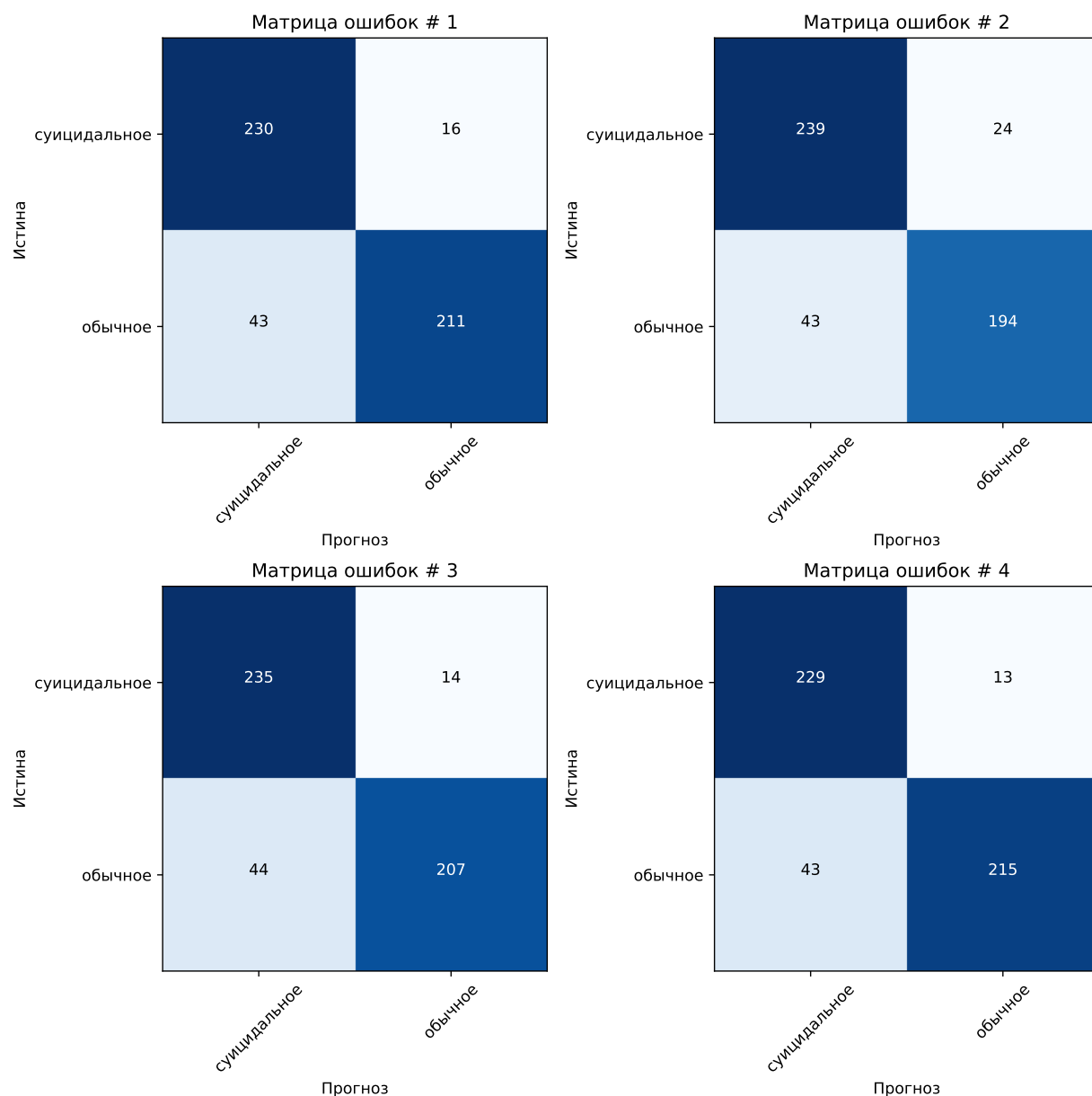


Рисунок 4.5 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода случайного леса (метод векторизации – “мешок слов”).

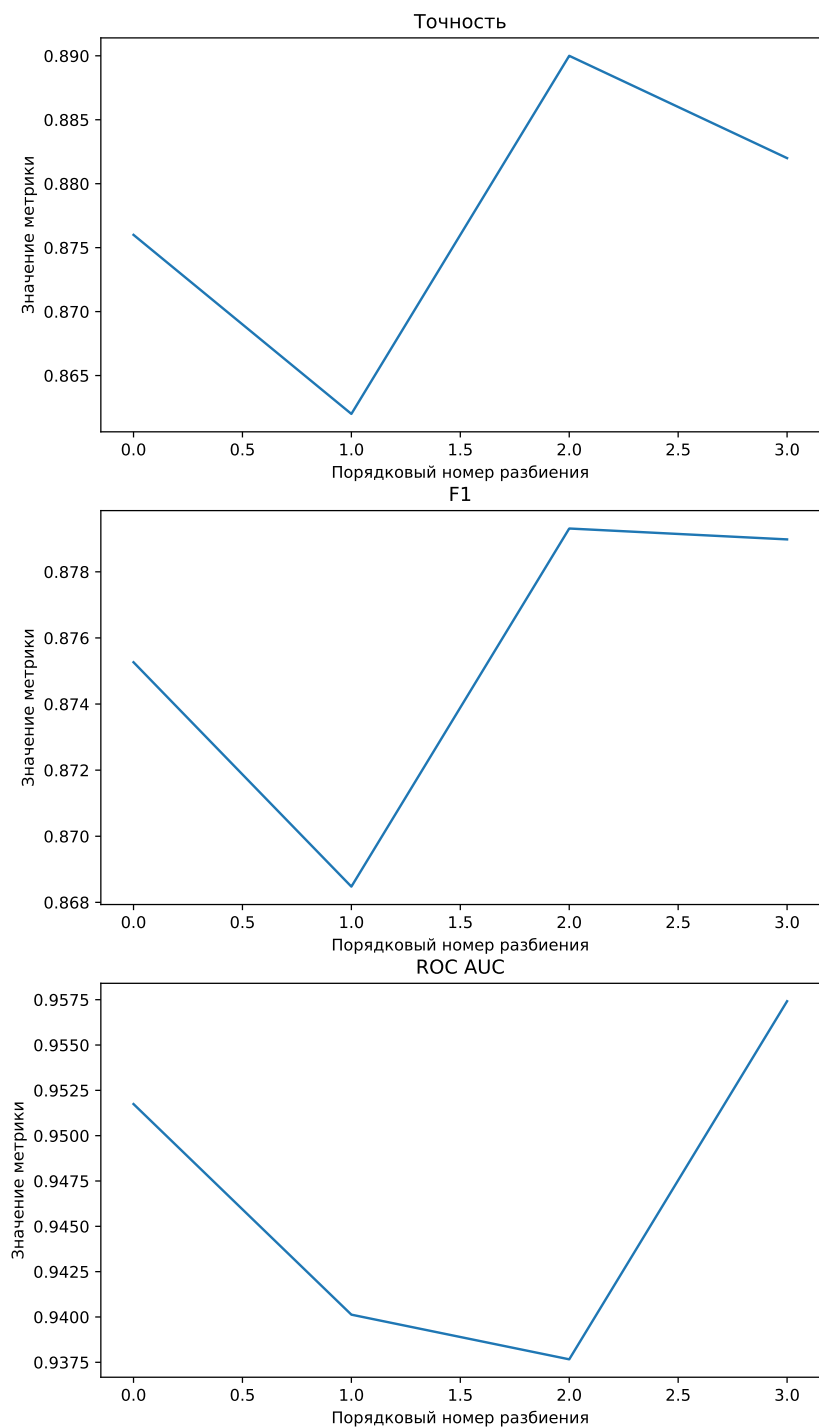


Рисунок 4.6 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода случайного леса (метод векторизации – “мешок слов”).

Параметры модели при применении векторизации BERT:

- максимальная глубина – отсутствует;
- максимальное количество признаков – \log_2 ;
- количество классификаторов в ансамбле – 2600.

На рисунке 4.7 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием метода случайного леса, метод векторизации – BERT.

На рисунке 4.8 представлены оценки классификатора, полученные с использованием метода случайного леса, метод векторизации – BERT.

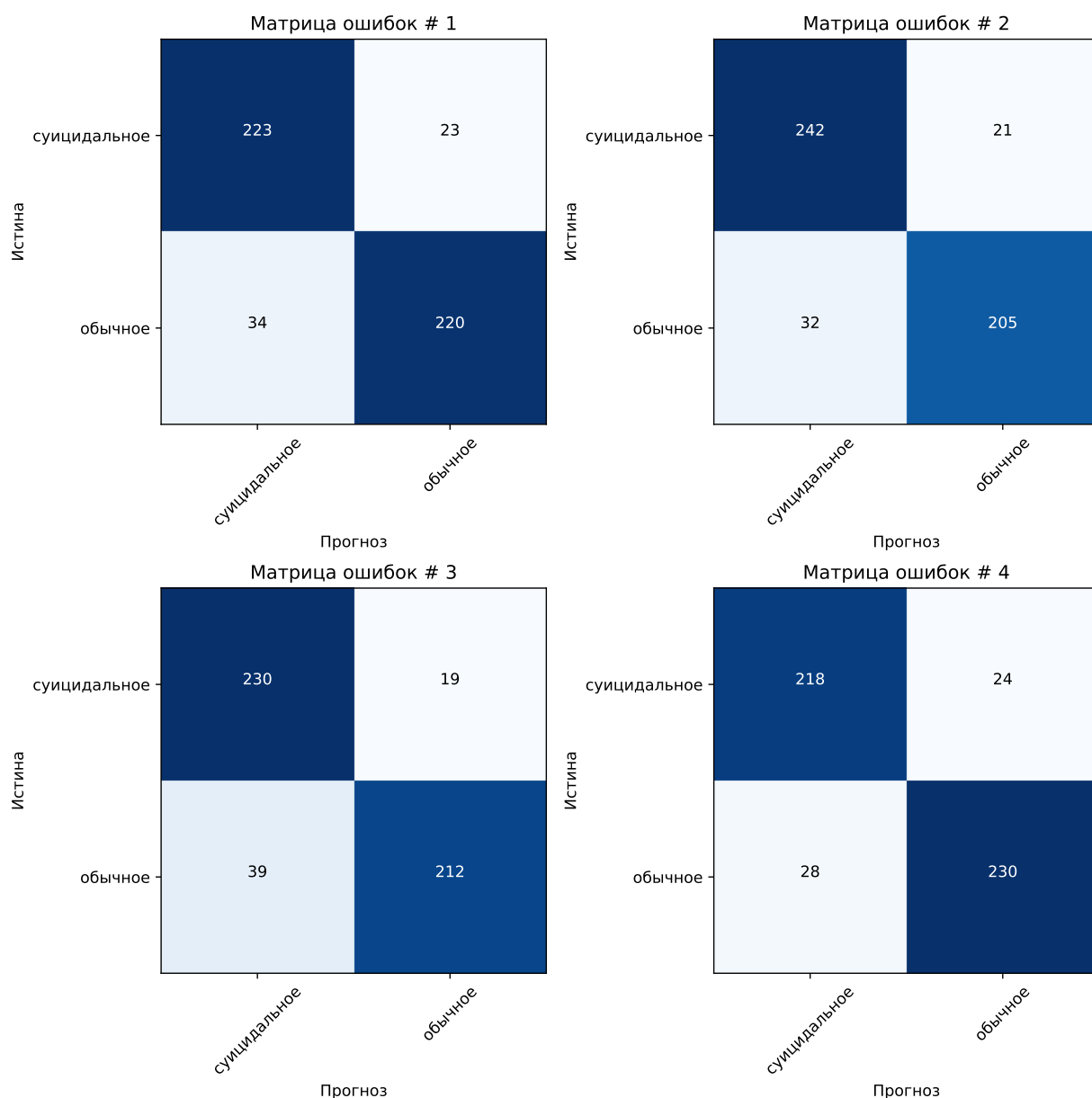


Рисунок 4.7 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода случайного леса (метод векторизации – BERT).

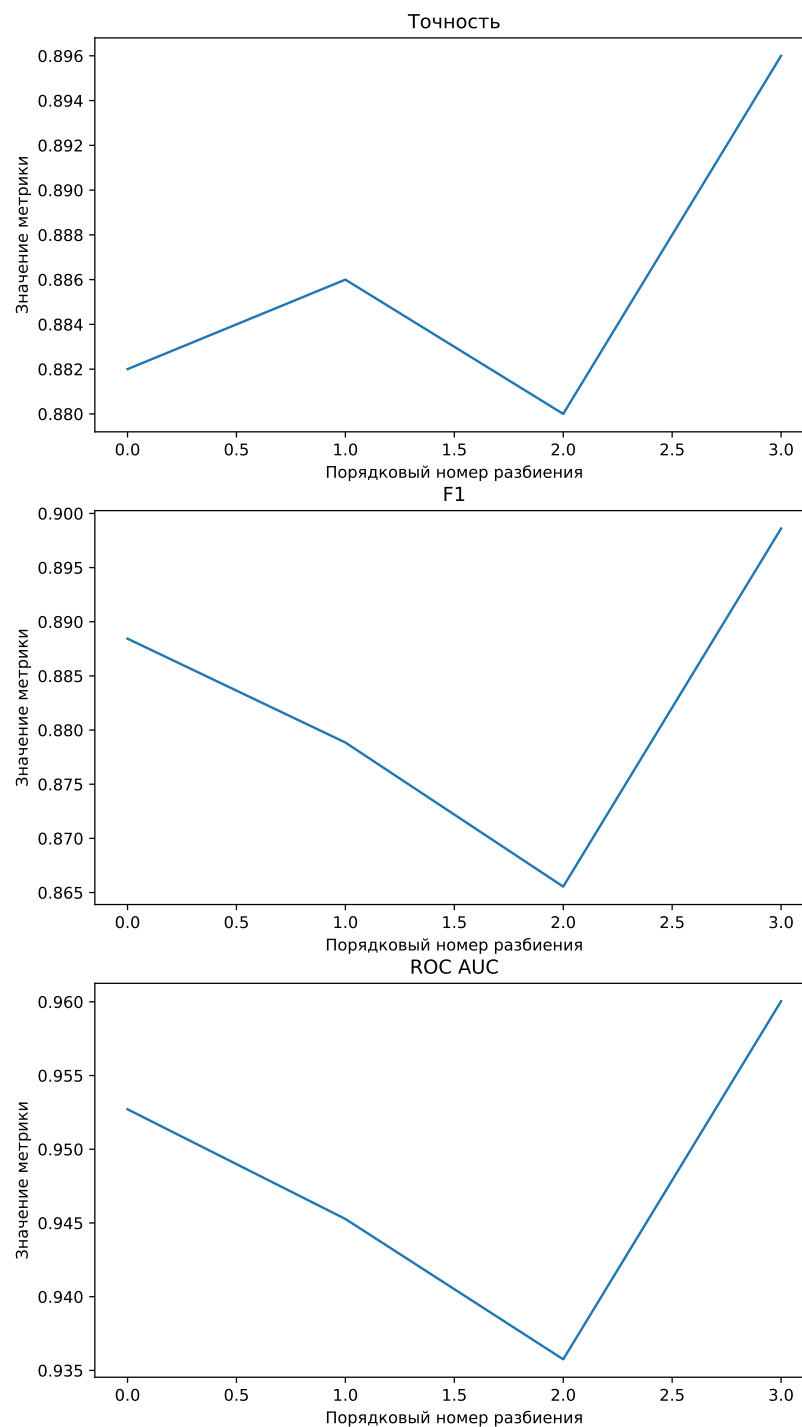


Рисунок 4.8 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода случайного леса (метод векторизации – BERT).

4.4 Метод опорных векторов

Параметры модели при применении метода векторизации “мешок слов”:

- регуляризационный параметр – определяет степень регуляризации модели – 7.0;
- ядро – определяет тип ядра, используемого в модели – RBF (радиальное базисной функции);
- коэффициент ядра – определяет “ширину” ядра – значение вычисляется как обратная величина произведения количества признаков на дисперсию признаков.

На рисунке 4.9 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием метода опорных векторов, метод векторизации – “мешок слов”.

На рисунке 4.10 представлены оценки классификатора, полученные с использованием метода опорных векторов, метод векторизации – “мешок слов”.

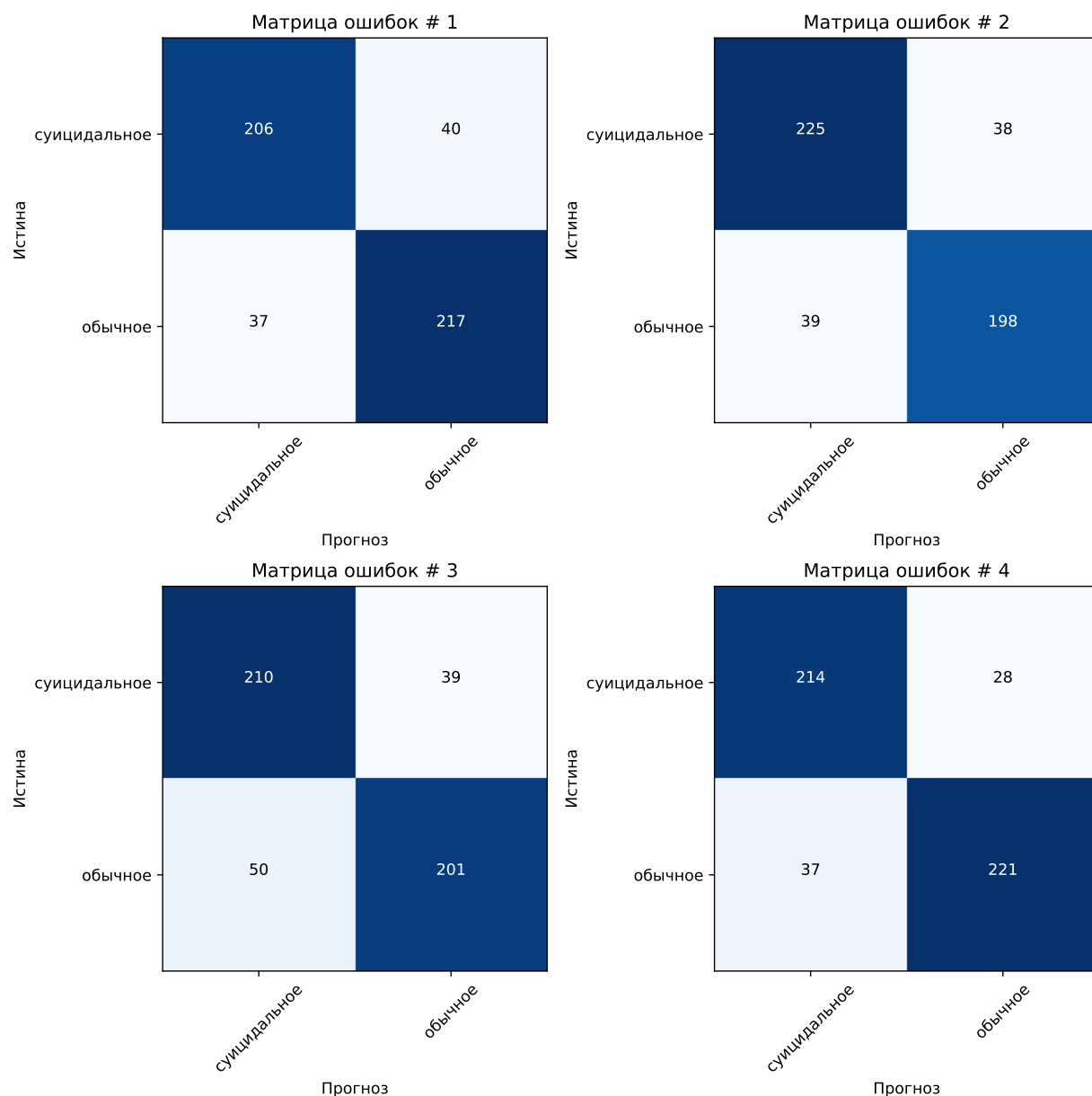


Рисунок 4.9 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода опорных векторов (метод векторизации – “мешок слов”).

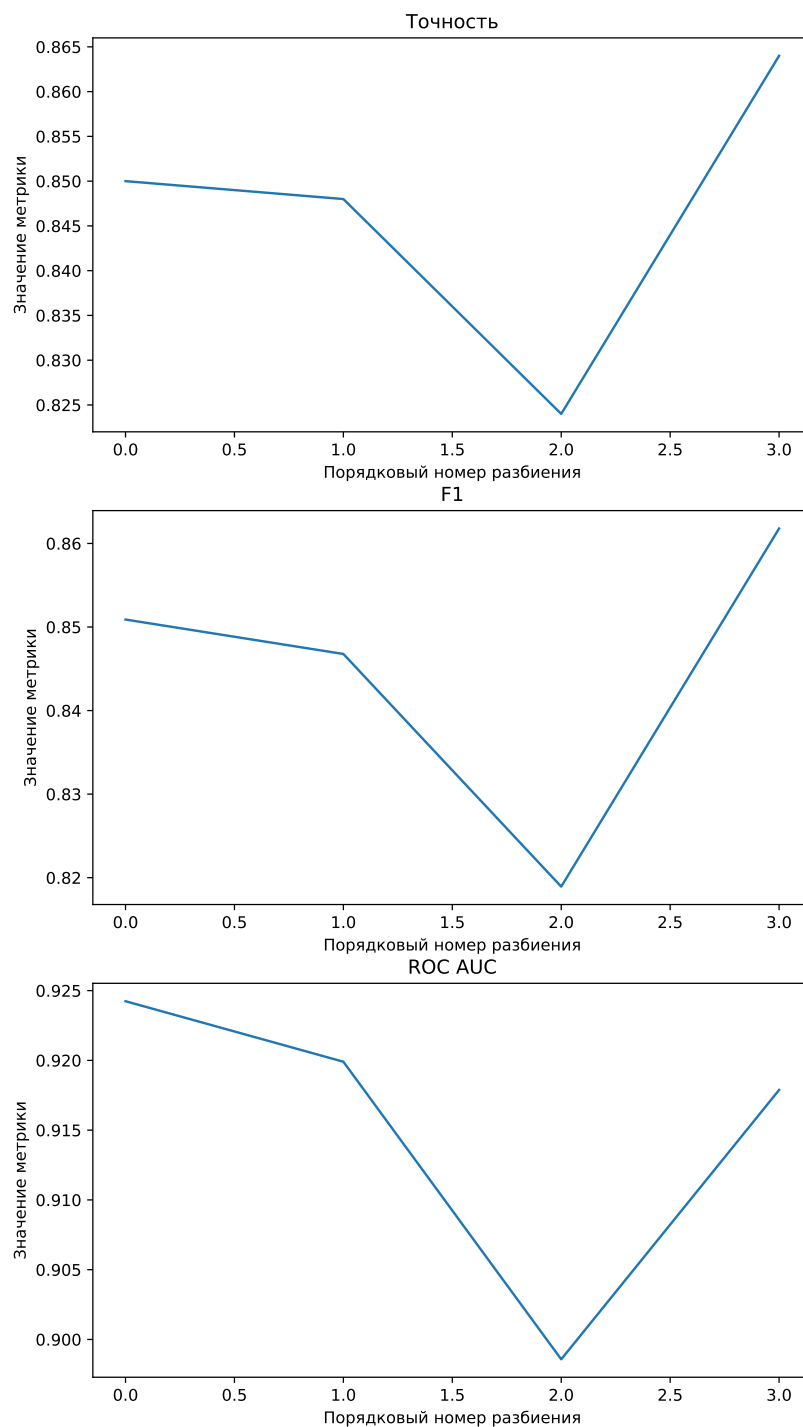


Рисунок 4.10 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода опорных векторов (метод векторизации – “мешок слов”).

Параметры модели при применении векторизации BERT:

- регуляризационный параметр – 1.5;
- ядро – линейное;
- коэффициент ядра – значение вычисляется как обратная величина произведения количества признаков на дисперсию признаков.

На рисунке 4.11 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием метода опорных векторов, метод векторизации – BERT.

На рисунке 4.12 представлены оценки классификатора, полученные с использованием метода опорных векторов, метод векторизации – BERT.

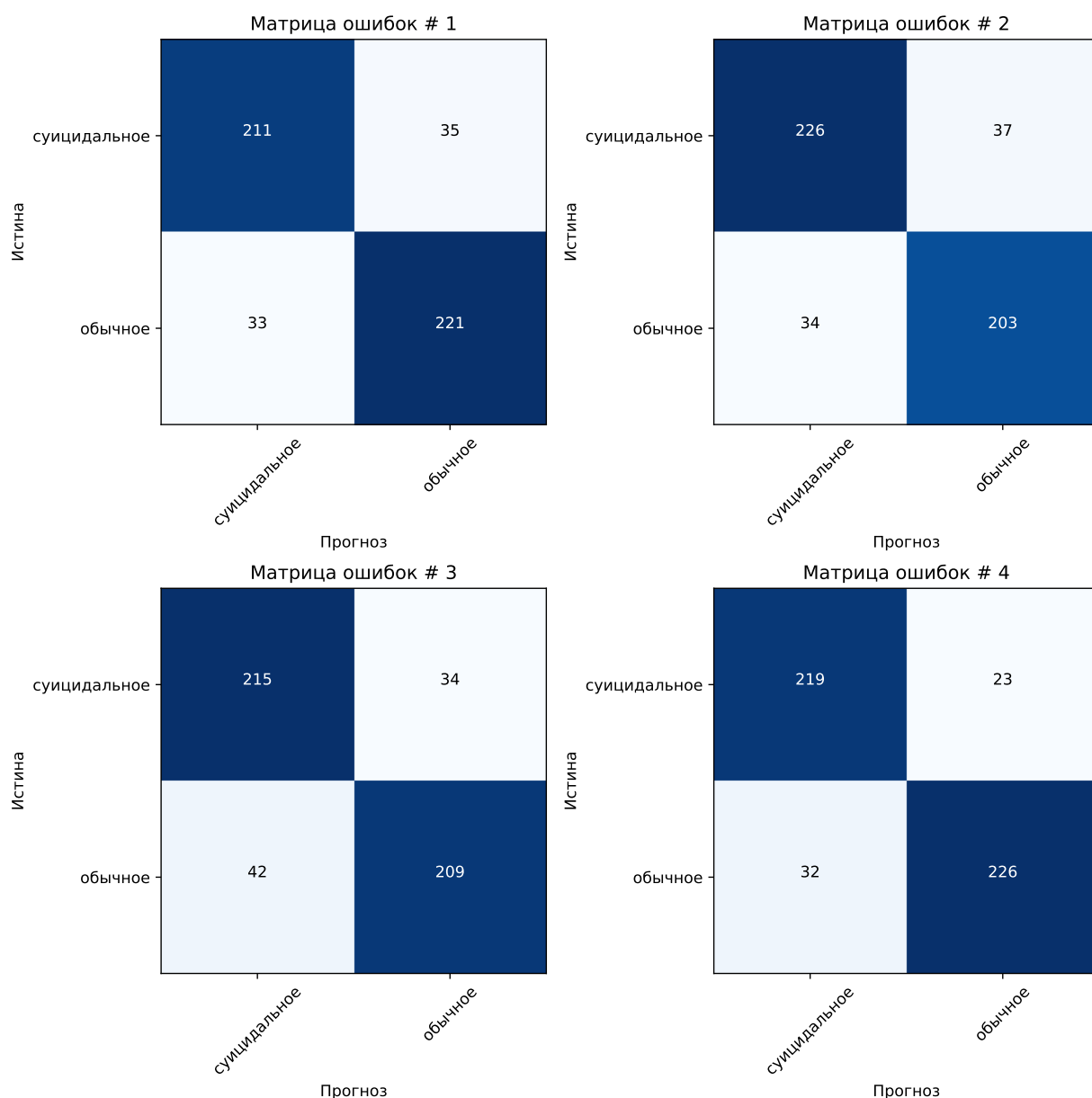


Рисунок 4.11 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода опорных векторов (метод векторизации – BERT).

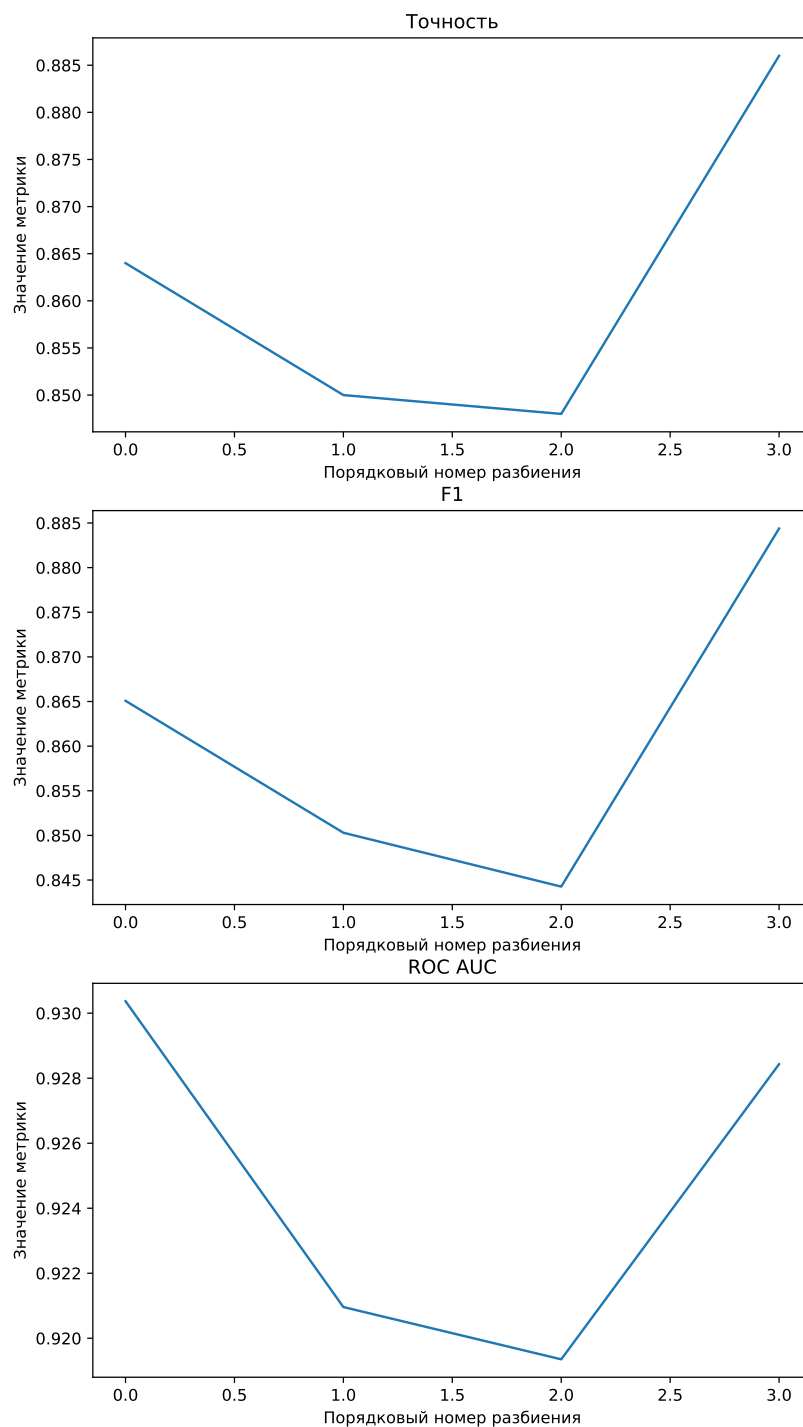


Рисунок 4.12 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода опорных векторов (метод векторизации – BERT).

4.5 Метод К-ближайших соседей

Параметры модели при применении метода векторизации “мешок слов”:

- количество образцов в листе дерева – 4;
- метрика расстояния – евклидово расстояние;
- количество ближайших соседей – 5;
- метод вычисления весов ближайших соседей – веса, обратно пропорциональные расстоянию до соседа.

На рисунке 4.13 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием метода К-ближайших соседей, метод векторизации – “мешок слов”.

На рисунке 4.14 представлены оценки классификатора, полученные с использованием метода К-ближайших соседей, метод векторизации – “мешок слов”.

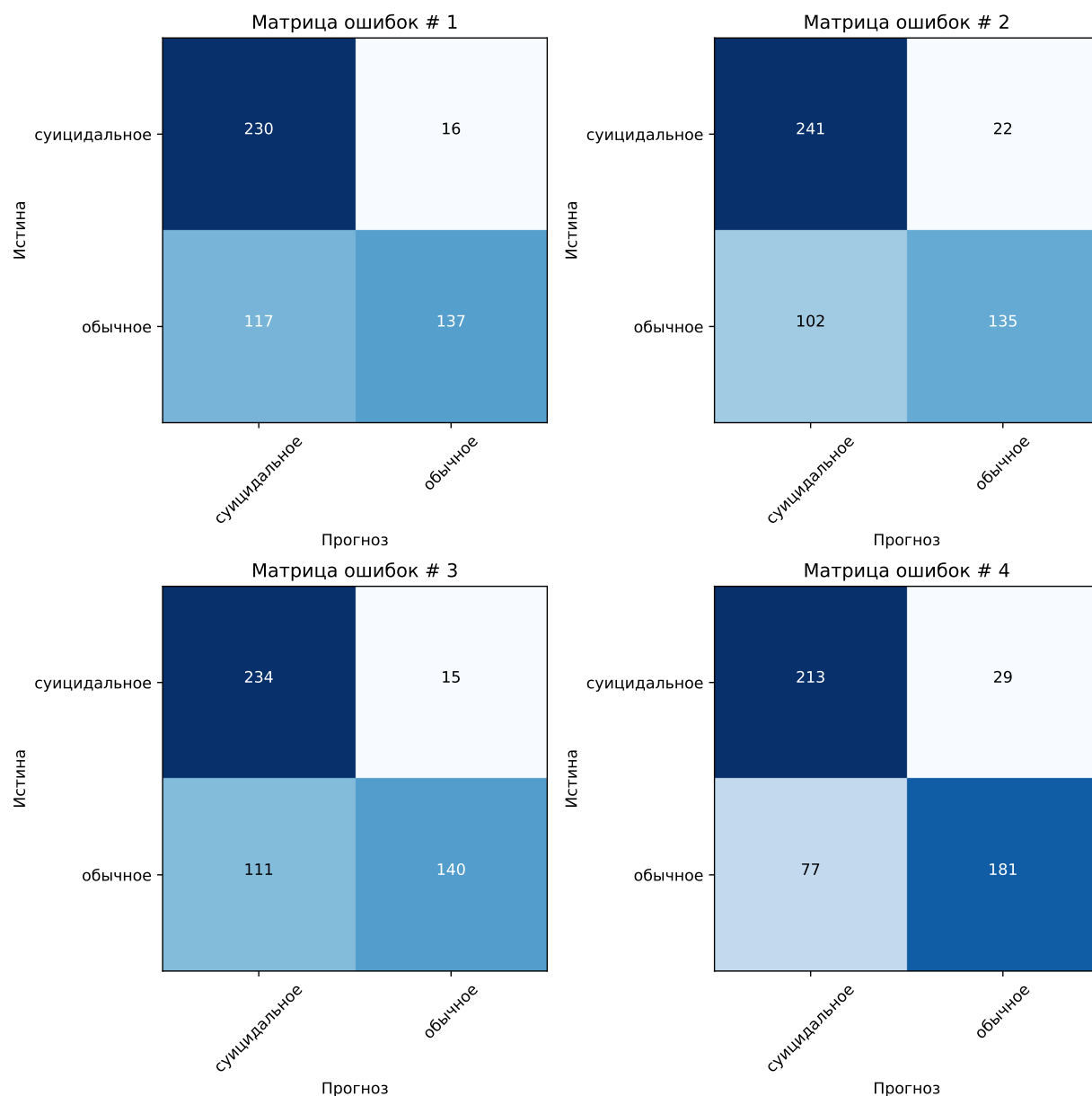


Рисунок 4.13 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода К-ближайших соседей (метод векторизации – “мешок слов”).

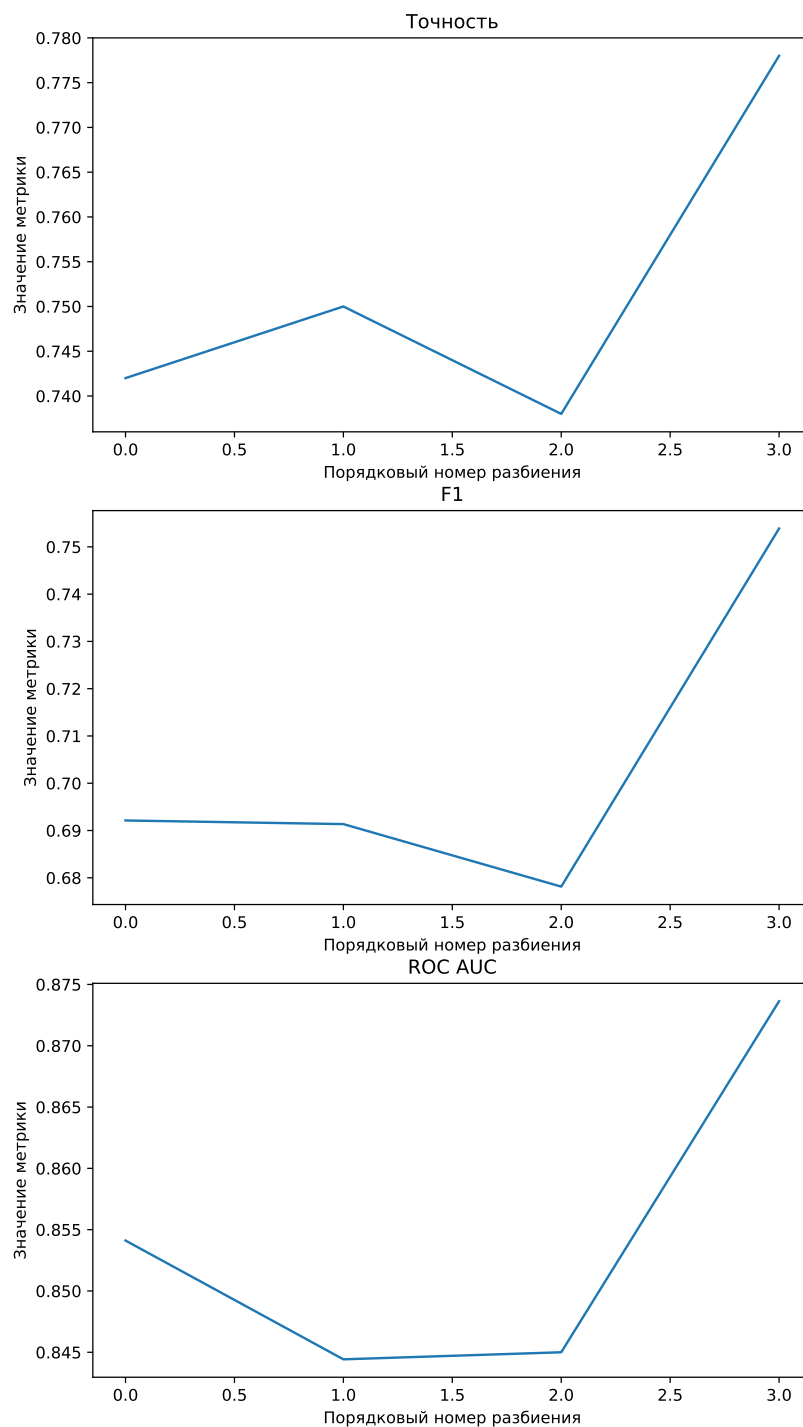


Рисунок 4.14 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода К-ближайших соседей (метод векторизации – “мешок слов”).

Параметры модели при применении векторизации BERT:

- количество образцов в листе дерева – 1;
- метрика расстояния – евклидово расстояние;
- количество ближайших соседей – 6;
- метод вычисления весов ближайших соседей – веса, обратно пропорциональные расстоянию до соседа.

На рисунке 4.15 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием метода К-ближайших соседей, метод векторизации – BERT.

На рисунке 4.16 представлены оценки классификатора, полученные с использованием метода К-ближайших соседей, метод векторизации – BERT.

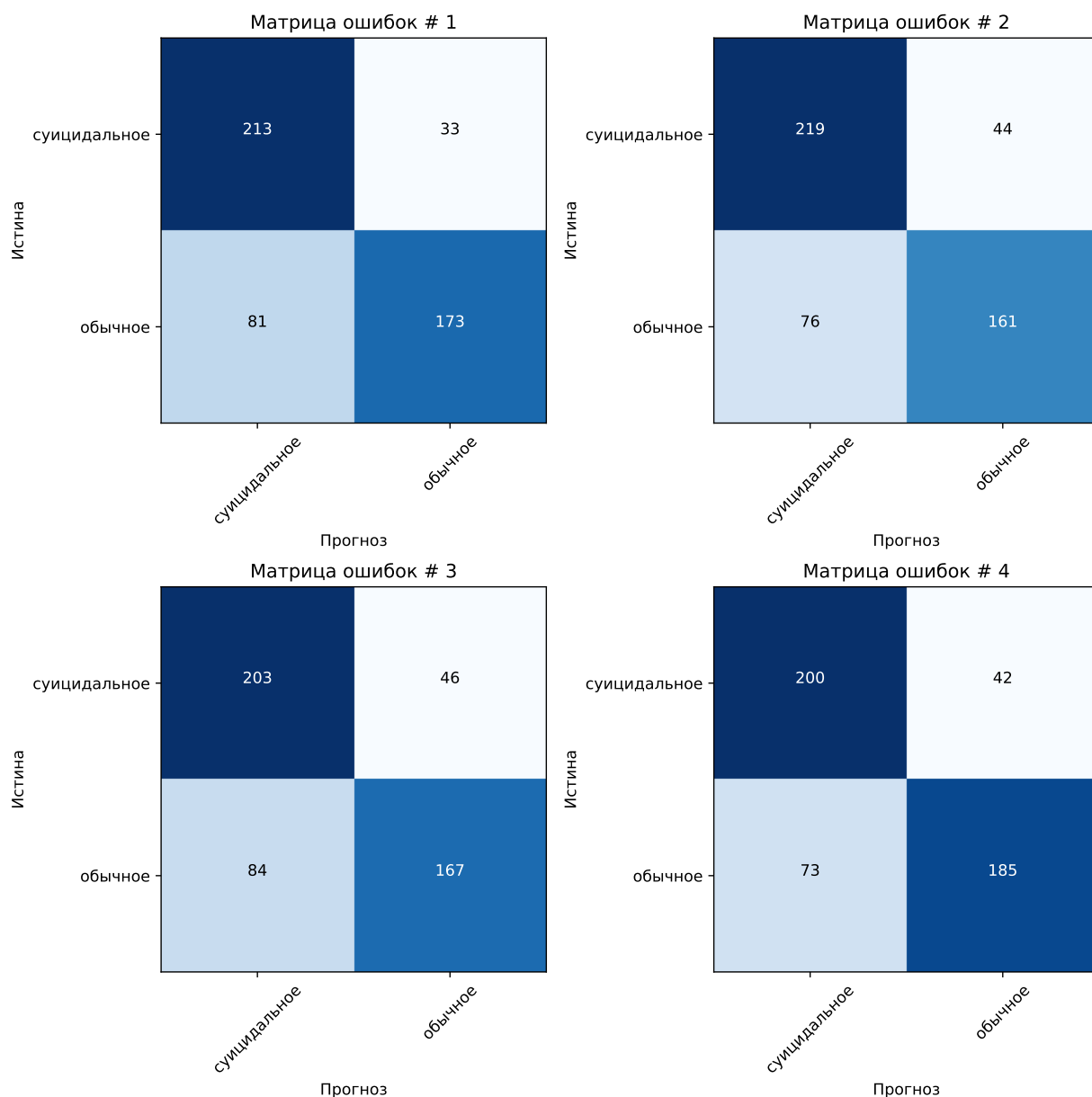


Рисунок 4.15 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода К-ближайших соседей (метод векторизации – BERT).

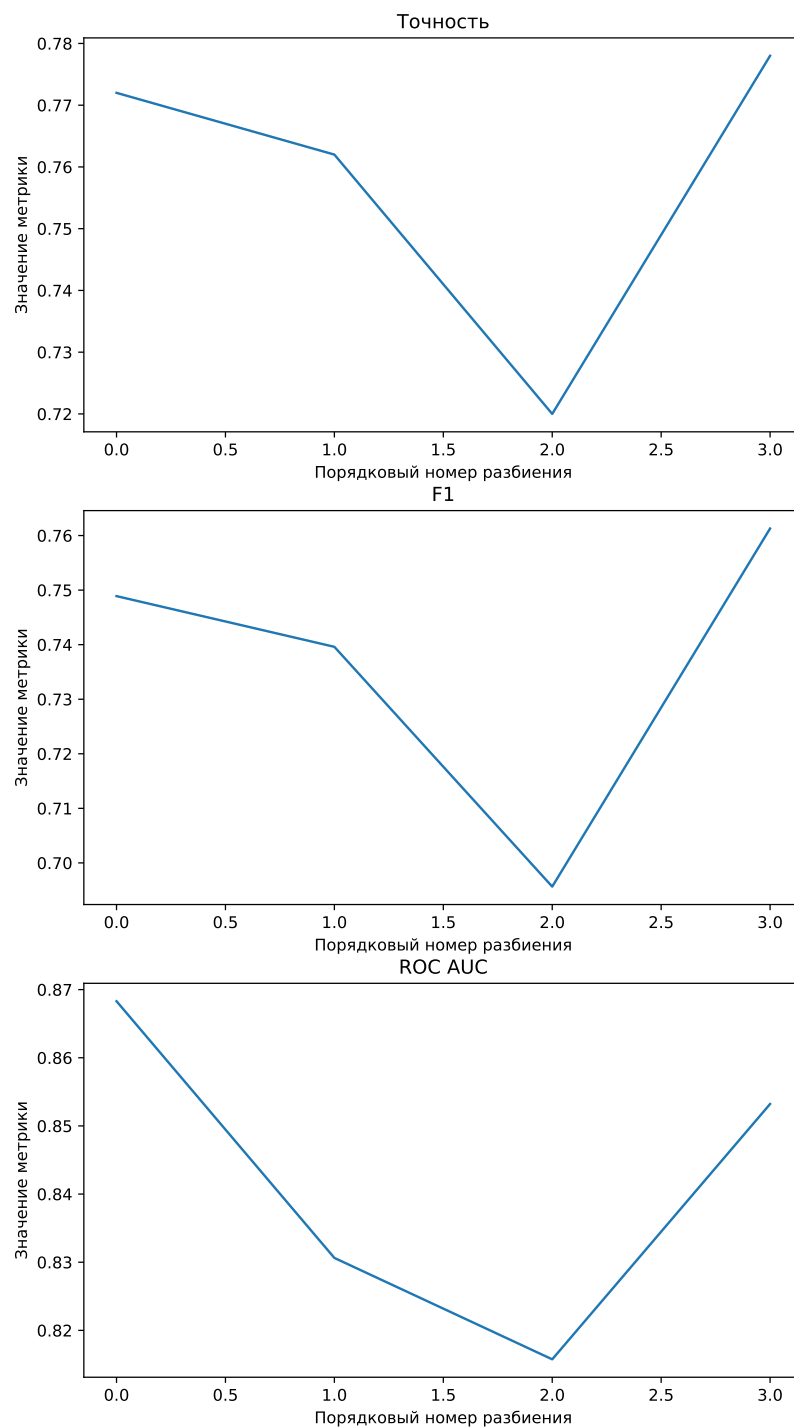


Рисунок 4.16 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием метода К-ближайших соседей (метод векторизации – BERT).

4.6 Логистическая регрессия

Параметры модели при применении метода векторизации “мешок слов”:

- регуляризационный параметр – 2.2;
- веса классов – сбалансированно;
- штраф – определяет тип штрафа, используемого для регуляризации – сумма квадратов весов модели, умноженных на гиперпараметр регуляризации;
- алгоритм оптимизации – liblinear.

На рисунке 4.17 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием логистической регрессии, метод векторизации – “мешок слов”.

На рисунке 4.18 представлены оценки классификатора, полученные с использованием логистической регрессии, метод векторизации – “мешок слов”.

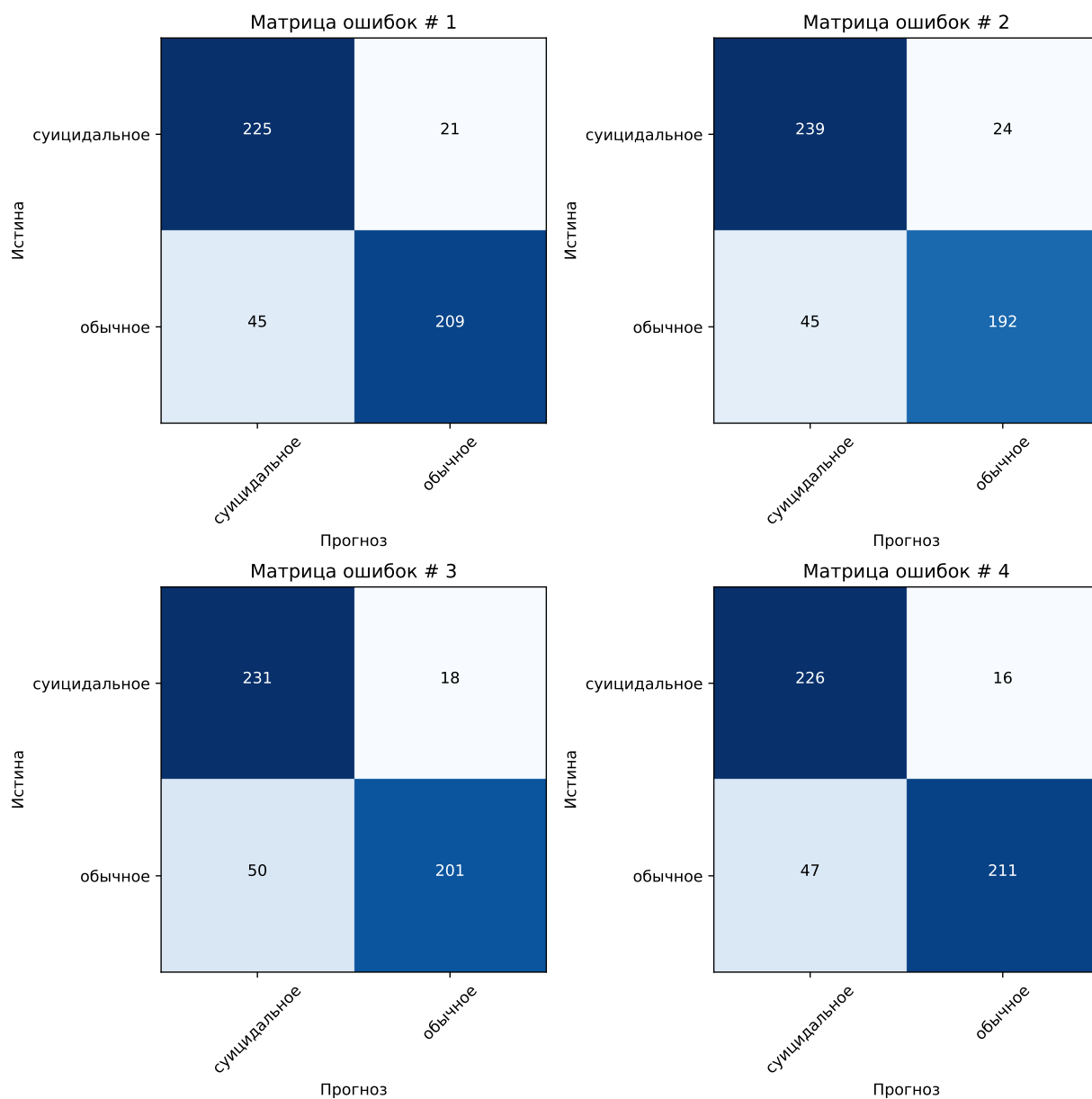


Рисунок 4.17 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием логистической регрессии (метод векторизации – “мешок слов”).

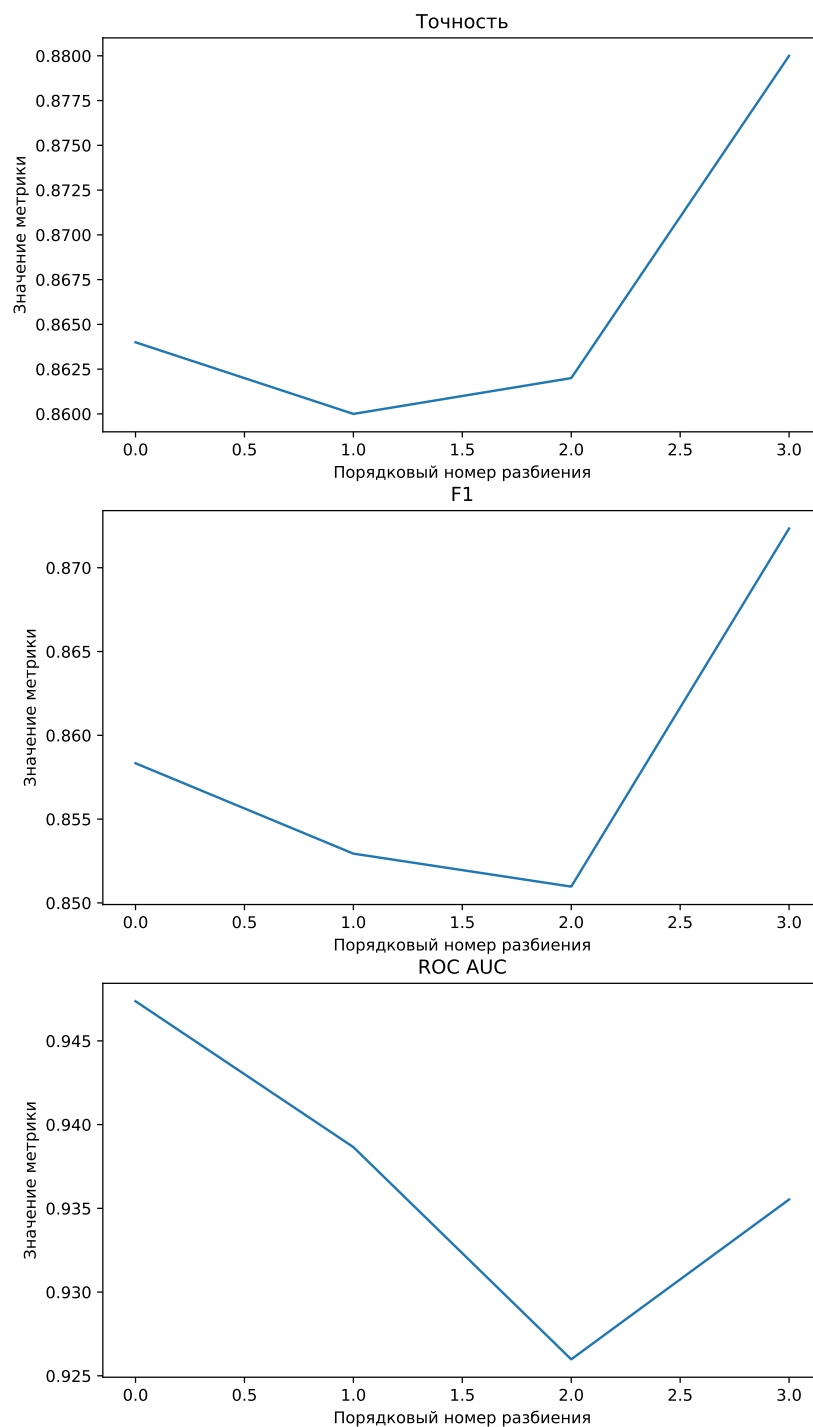


Рисунок 4.18 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием логистической регрессии (метод векторизации – “мешок слов”).

Параметры модели при применении векторизации BERT:

- регуляризационный параметр – 2.1;
- веса классов – сбалансированно;
- штраф – сумма квадратов весов модели, умноженных на гиперпараметр регуляризации;
- алгоритм оптимизации – liblinear.

На рисунке 4.19 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием логистической регрессии, метод векторизации – BERT.

На рисунке 4.20 представлены оценки классификатора, полученные с использованием логистической регрессии, метод векторизации – BERT.

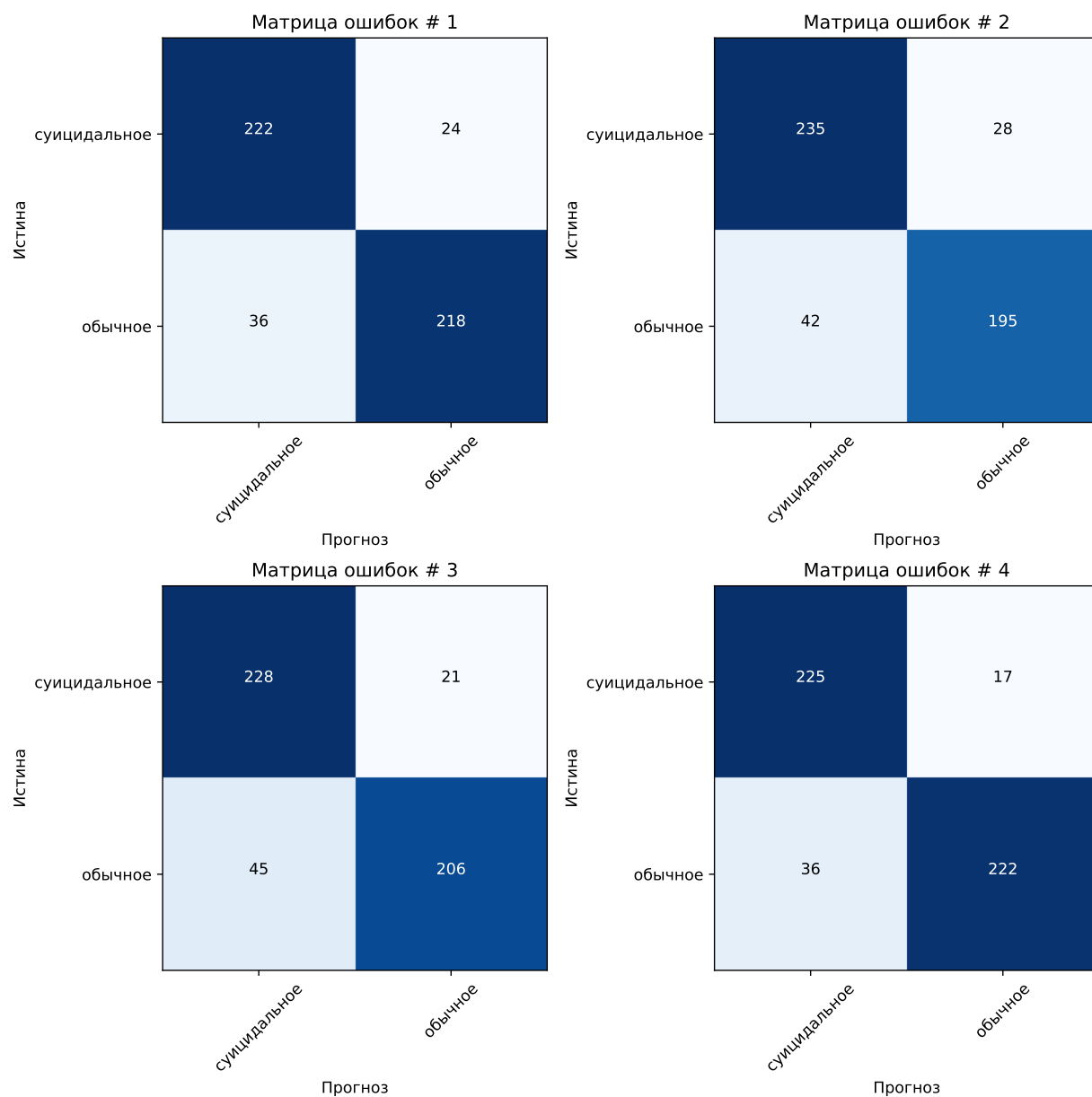


Рисунок 4.19 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием логистической регрессии (метод векторизации – BERT).

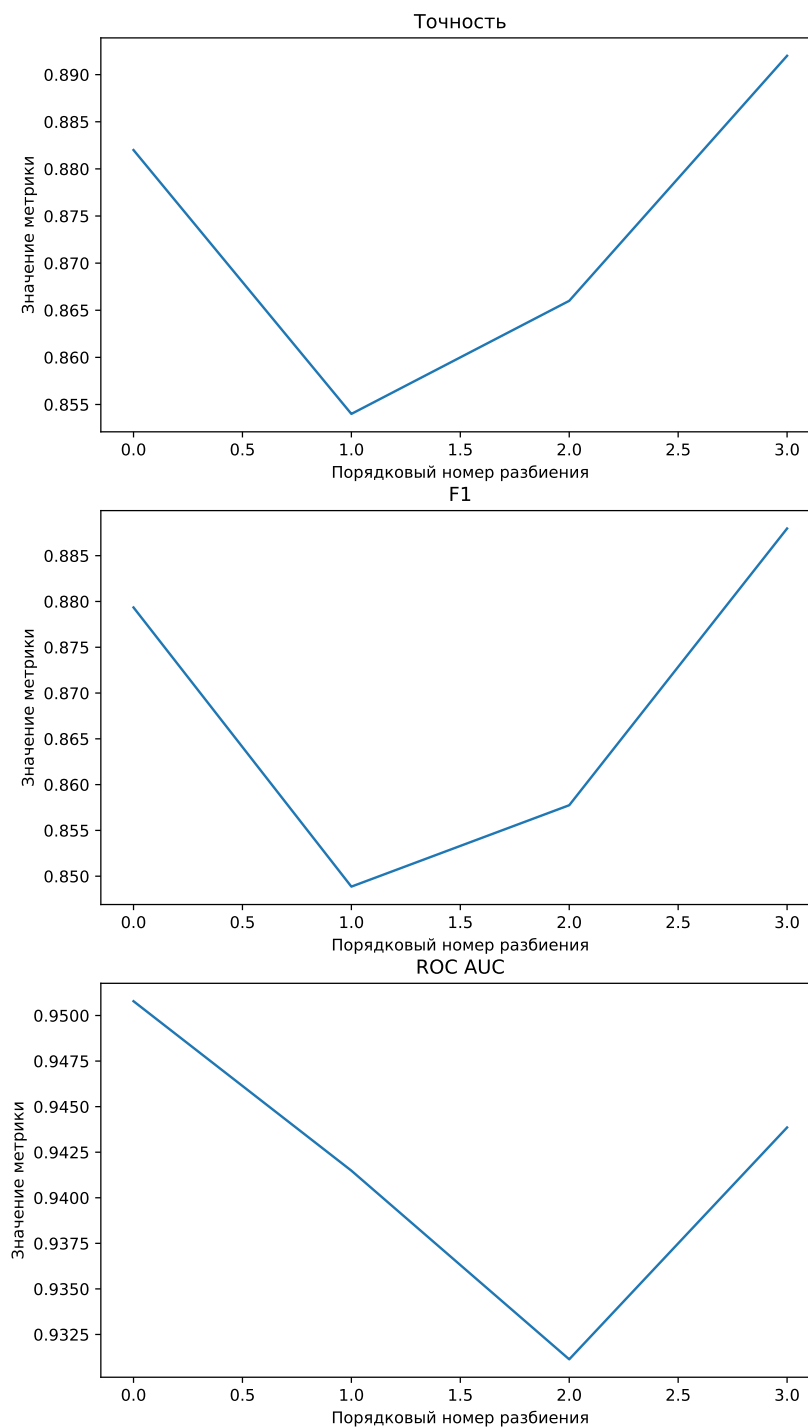


Рисунок 4.20 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием логистической регрессии (метод векторизации – BERT).

4.7 Перцептрон

Параметры модели при применении метода векторизации “мешок слов”:

- скорость обучения – 0.0001;
- максимальное количество итераций при обучении – 30;
- штраф – сумма квадратов весов модели, умноженных на гиперпараметр регуляризации.

На рисунке 4.21 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием перцептрона, метод векторизации – “мешок слов”.

На рисунке 4.22 представлены оценки классификатора, полученные с использованием перцептрона, метод векторизации – “мешок слов”.

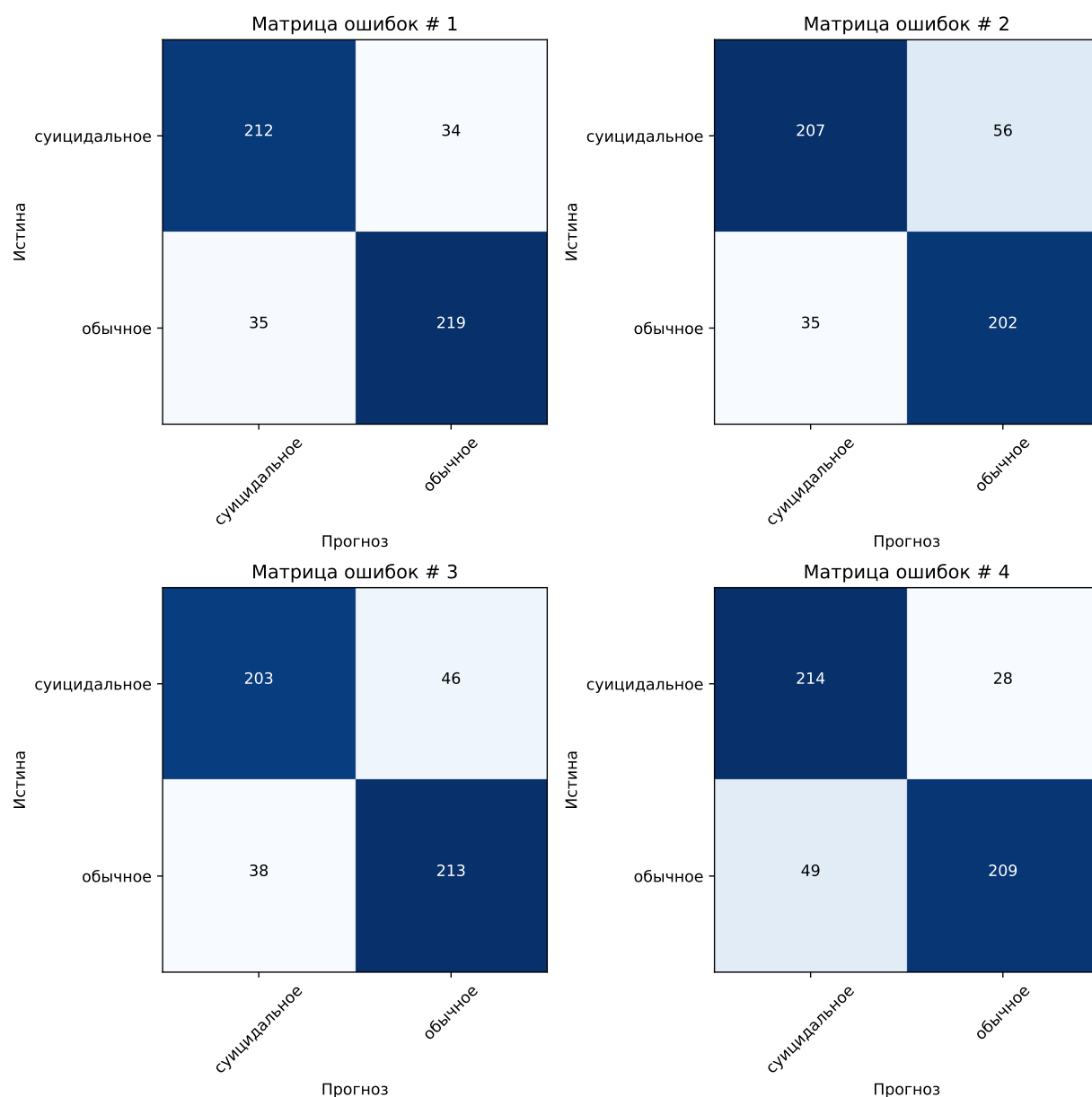


Рисунок 4.21 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием перцептрона (метод векторизации – “мешок слов”).

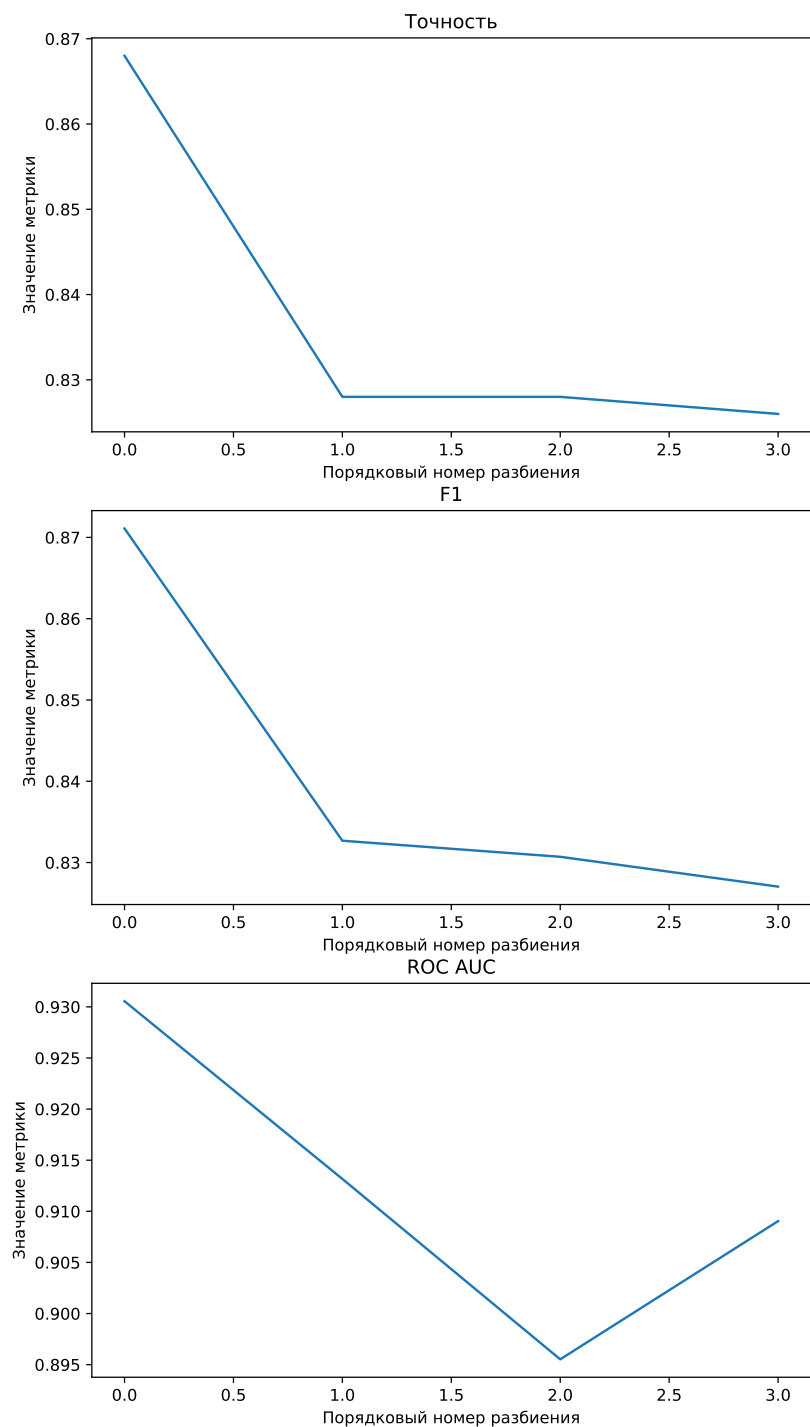


Рисунок 4.22 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием перцептрона (метод векторизации – “мешок слов”).

Параметры модели при применении векторизации BERT:

- скорость обучения – 0.0001;
- максимальное количество итераций при обучении – 30;
- штраф – абсолютное значение коэффициентов модели.

На рисунке 4.23 представлены матрицы ошибок, полученные с использованием перцептрона, метод векторизации – BERT.

На рисунке 4.24 представлены оценки классификатора, полученные с использованием перцептрона, метод векторизации – BERT.

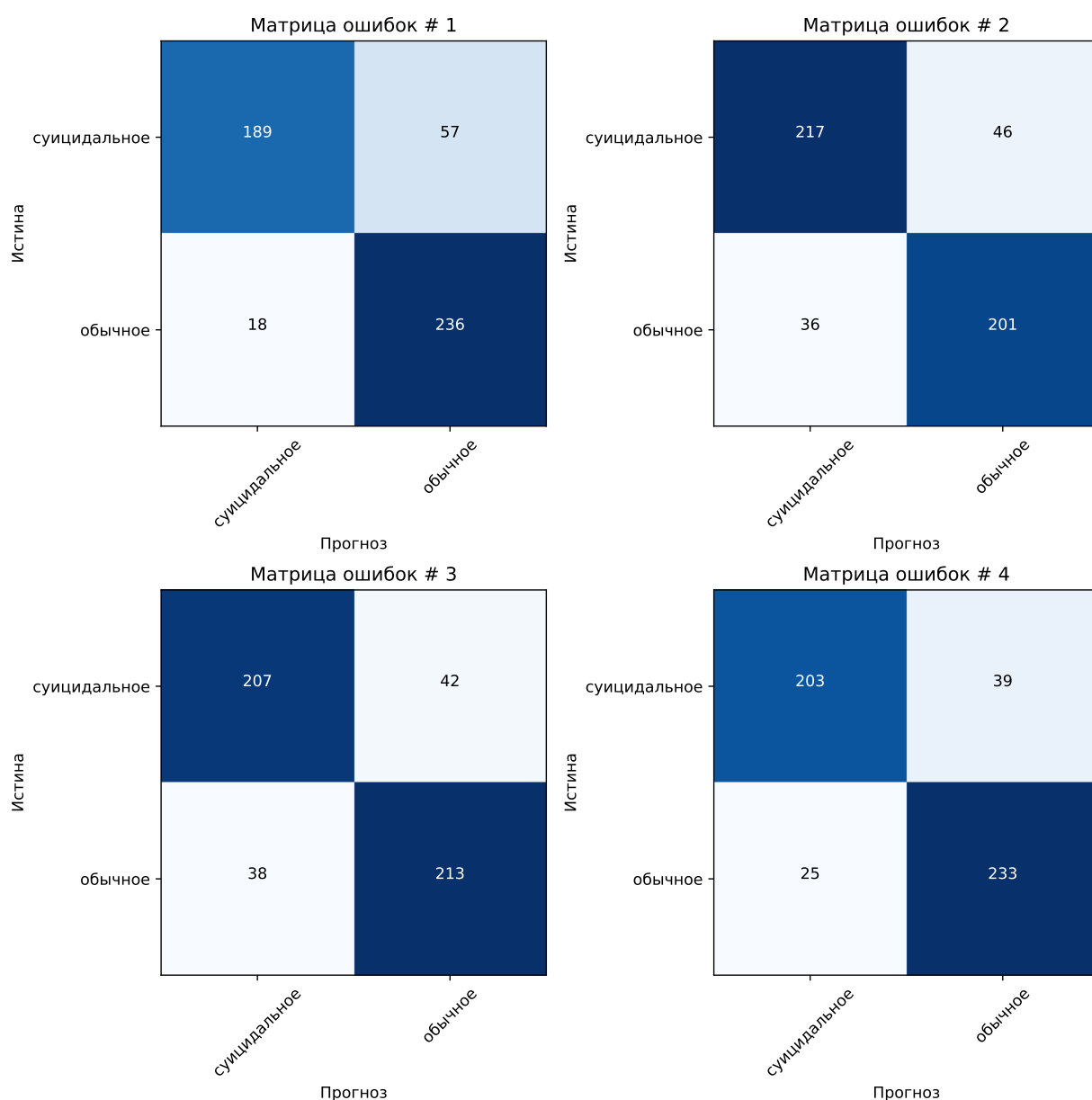


Рисунок 4.23 – Матрицы ошибок в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием перцептрона (метод векторизации – BERT).

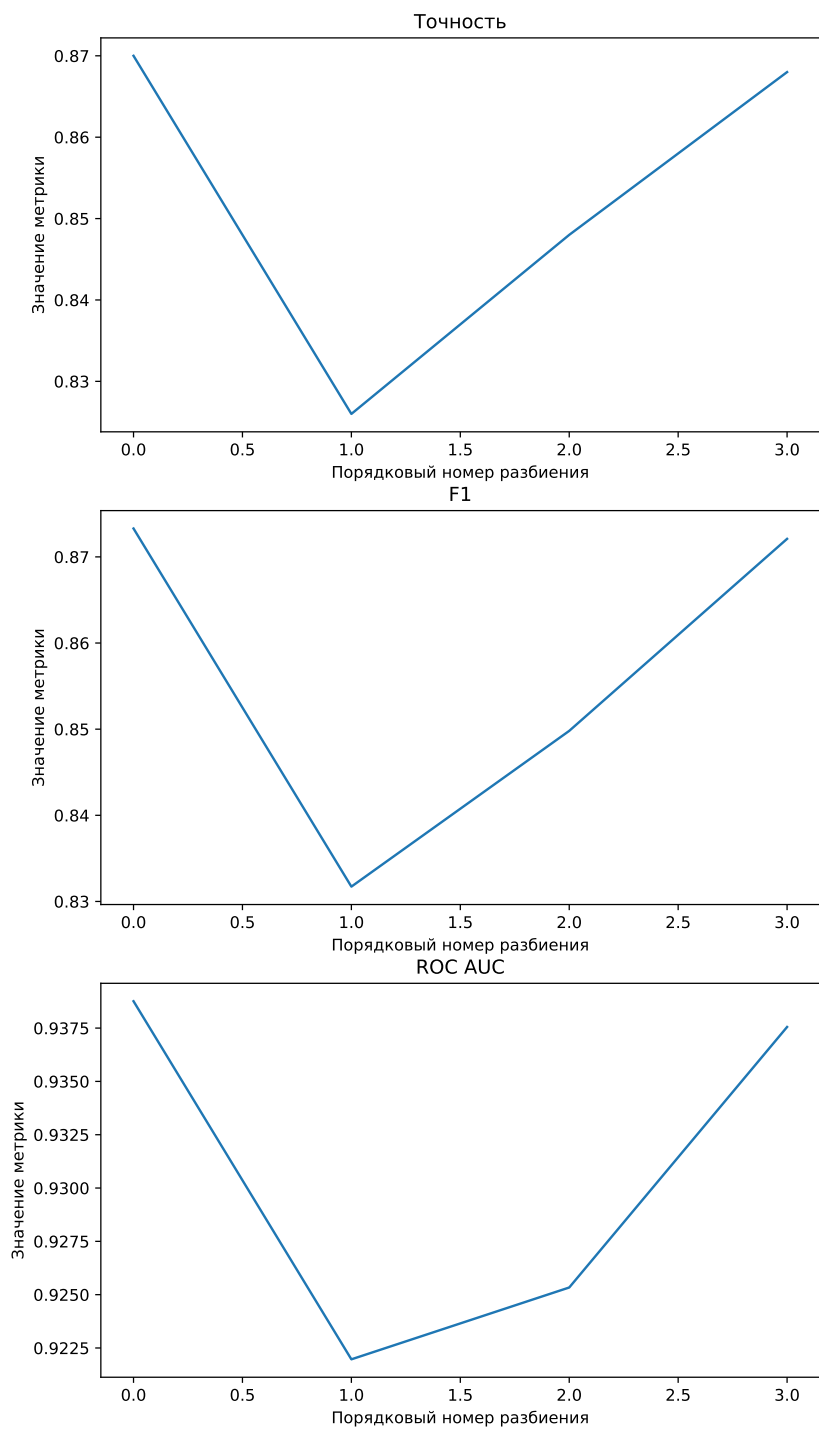


Рисунок 4.24 – Оценки классификатора в зависимости от номера разбиения, полученные с использованием перцептрона (метод векторизации – BERT).

Вывод

По представленным матрицам ошибок можно увидеть, что все методы, кроме случайного леса (BERT), метода опорных векторов (оба варианта векторизации) и перцептрона (оба варианта), в большинстве своем в 2 раза чаще определяют обычное сообщение как суицидальное. Метод опорных векторов имеет более распределенные матрицы ошибок. Самые частые ошибки в определении обычных сообщений совершал метод К-ближайших соседей. Перцептрон на каждом из разбиений мог либо хуже распознавать суицидальные, либо хуже распознавать обычные сообщения.

В таблицах 2 и 3 приведены результаты проведенного исследования, в которых для каждого алгоритма выделены лучшие показатели каждой метрики.

Из таблиц видно, что лучшим средним показателем метрик точности, F1-меры и ROC-AUC обладает метод случайного леса с использованием BERT-векторизации. Его метрика точности достигла показателя 0.888, F1-мера – 0.887, а ROC-AUC – 0.948. При этом на втором месте располагается тот же метод, но с использованием векторизации “Мешок слов”, относительно первого метода его точность уступает на $\approx 1.1\%$, F1-мера – на $\approx 1.4\%$, а ROC-AUC – на $\approx 0.1\%$. На третьем месте располагается логистическая регрессия с использованием BERT-векторизации, его точность ниже на $\approx 1.6\%$, F1-мера – на $\approx 2.1\%$, а ROC-AUC – на $\approx 0.6\%$. Таким образом, в качестве используемой модели в задаче распознавания суицидального поведения человека по суицидальным сообщениям лучше всего воспользоваться именно методом случайного леса с указанными в исследовании параметрами.

Стоит отметить, что выбранный метод также на $\approx 67\%$ чаще ошибочно интерпретирует обычные сообщения как суицидальные, чем суицидальные как обычные. Данный факт не относится к проблеме модели, которая может помешать работе системы в силу того, что распознавание суицидальных сообщений для нее играет первостепенную роль.

Кроме того, с использованием полученной информации можно предложить использовать ансамбль задействованных в исследовании моделей, так как результаты их работы имеют достаточно высокие показатели F1-меры в сбалансированном наборе данных.

Таблица 2 – Результаты исследования

| Алгоритм | Векторизация | Точность | F1-мера | ROC-AUC |
|------------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Градиентный бустинг | “Мешок слов” | 0.854 | 0.852 | 0.928 |
| | | 0.840 | 0.830 | 0.910 |
| | | 0.860 | 0.835 | 0.910 |
| | | 0.858 | 0.853 | 0.927 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.853</i> | <i>0.843</i> | <i>0.919</i> |
| | BERT | 0.852 | 0.848 | 0.936 |
| | | 0.848 | 0.831 | 0.916 |
| | | 0.856 | 0.849 | 0.926 |
| | | 0.890 | 0.878 | 0.939 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.862</i> | <i>0.852</i> | <i>0.929</i> |
| Случайный лес | “Мешок слов” | 0.876 | 0.875 | 0.952 |
| | | 0.862 | 0.868 | 0.940 |
| | | 0.890 | 0.879 | 0.938 |
| | | 0.882 | 0.879 | 0.957 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.878</i> | <i>0.875</i> | <i>0.947</i> |
| | BERT | 0.888 | 0.886 | 0.952 |
| | | 0.890 | 0.887 | 0.945 |
| | | 0.880 | 0.873 | 0.935 |
| | | 0.892 | 0.900 | 0.960 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.888</i> | <i>0.887</i> | <i>0.948</i> |
| Метод опорных векторов | “Мешок слов” | 0.850 | 0.851 | 0.924 |
| | | 0.848 | 0.847 | 0.920 |
| | | 0.824 | 0.819 | 0.899 |
| | | 0.864 | 0.862 | 0.918 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.847</i> | <i>0.845</i> | <i>0.915</i> |
| | BERT | 0.864 | 0.865 | 0.930 |
| | | 0.850 | 0.850 | 0.921 |
| | | 0.848 | 0.844 | 0.919 |
| | | 0.886 | 0.884 | 0.928 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.862</i> | <i>0.861</i> | <i>0.925</i> |

Таблица 3 – Результаты исследования

| Алгоритм | Векторизация | Точность | F1-мера | ROC-AUC |
|---------------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| Метод К-ближайших соседей | “Мешок слов” | 0.742 | 0.692 | 0.854 |
| | | 0.750 | 0.691 | 0.844 |
| | | 0.738 | 0.678 | 0.845 |
| | | 0.778 | 0.754 | 0.874 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.752</i> | <i>0.704</i> | <i>0.854</i> |
| | BERT | 0.772 | 0.749 | 0.868 |
| | | 0.762 | 0.740 | 0.831 |
| | | 0.720 | 0.696 | 0.816 |
| | | 0.778 | 0.761 | 0.853 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.758</i> | <i>0.737</i> | <i>0.842</i> |
| Логистическая регрессия | “Мешок слов” | 0.864 | 0.858 | 0.947 |
| | | 0.860 | 0.853 | 0.939 |
| | | 0.862 | 0.851 | 0.926 |
| | | 0.880 | 0.872 | 0.936 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.867</i> | <i>0.859</i> | <i>0.937</i> |
| | BERT | 0.882 | 0.879 | 0.951 |
| | | 0.854 | 0.849 | 0.941 |
| | | 0.866 | 0.858 | 0.931 |
| | | 0.892 | 0.888 | 0.944 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.874</i> | <i>0.869</i> | <i>0.942</i> |
| Перцептрон | “Мешок слов” | 0.868 | 0.871 | 0.931 |
| | | 0.828 | 0.833 | 0.913 |
| | | 0.828 | 0.831 | 0.896 |
| | | 0.826 | 0.827 | 0.909 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.838</i> | <i>0.841</i> | <i>0.912</i> |
| | BERT | 0.870 | 0.873 | 0.939 |
| | | 0.826 | 0.832 | 0.922 |
| | | 0.848 | 0.850 | 0.925 |
| | | 0.868 | 0.872 | 0.938 |
| | <i>среднее</i> | <i>0.853</i> | <i>0.857</i> | <i>0.931</i> |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были рассмотрены термины предметной области, включающие в себя понятия самоубийства и суицидального поведения. Представлен интегративный теоретический подход в суицидологии, описаны суицидальное поведение, внешние проявления суицидального поведения, пресуицид, парасуицид и постсуицид. Приведена информация об определении истинности суицидальных намерений.

Описаны факторы повышенного суицидального риска и мероприятия и методики предотвращения самоубийств, включающие в себя суицидологическую диагностику, кризисную терапию и Телефон Доверия. Представлена статистика совершения самоубийств.

С использованием классификации признаков паттернов суицидального поведения человека описаны форматы хранения проявления поведения человека. Были выделены аудиальные, текстовые, пространственно-временные, визуальные, физиологические и биологические признаки.

Был описан метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям, а также формат и метод сбора задействованных в нем данных. В качестве средства сбора данных использован бот в мессенджере Telegram. Рассмотрены доступные средства реализации ботов в выбранном мессенджере.

Был определен перечень задействованных методов машинного обучения, который включил в себя: градиентный бустинг, метод случайного леса, метод опорных векторов, метод К-ближайших соседей, логистическую регрессию и перцептрон. В качестве методов векторизации выбраны: алгоритм “мешок слов” и языковая модель BERT.

Была приведена диаграмма вариантов использования. Для системы было определено три действующих лица: пользователь, рекомендатор и анализатор. Приведена IDEF0 диаграмма, декомпозирована главная задача метода – распознавание суицидального сообщения. Диаграмма “сущность-связь” в нотации Чена позволила на абстрактном уровне описать систему распознавания.

Был разработан метод распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям, который включил в себя хранение

и анализ сообщений пользователей. Для определения, является ли сообщение суицидальным, используется модель машинного обучения. В качестве обучающей выборки используется дополненный датасет размеченных несуицидальных сообщений из открытого доступа.

Разработанный метод был реализован. Представлены интерфейсы средства сбора данных и средства распознавания суицидальных паттернов поведения человека по текстовым сообщениям.

Представленные диаграммы тональности сообщений показали, что практически треть суицидальных сообщений автоматизированное средство оценки тональности распознает как сообщения с отрицательной окраской. Среди несуицидальных сообщений преобладают тексты с отрицательной окраской, при этом нейтральных сообщений – четверть из всех.

Визуализированные облака слов подтвердили гипотезу, что выбранные классы суицидальных и несуицидальных сообщений разделимы и отличны частотой некоторых слов. Отмечено, что слово “хотеть” встречается в суицидальных сообщениях в ≈ 7.83 раза чаще, чем в несуицидальных, а слово “человек” – в ≈ 7.33 раза чаще. Таким образом, суицидальные сообщения являются менее “разнообразными” и фиксирующимися на определенном словарном множестве.

Было проведено исследование, включившее в себя построение матриц ошибок и определение метрик точности, F1-меры и ROC-AUC для каждого рассматриваемого алгоритма машинного обучения. Для определения гиперпараметров каждой модели применялся метод поиска по сетке с опорой на значение F1-меры. Разбиение данных на выборки производилось на 4 части, 1 из которых используется в качестве тестовой. Лучшее среднее значение всех метрик показал метод случайного леса с использованием BERT-векторизации. Его точность достигла показателя 0.888, F1-мера – 0.887, а ROC-AUC – 0.948. При этом на втором месте располагается тот же метод, но с использованием векторизации “Мешок слов”, относительно первого метода его точность уступила на $\approx 1.1\%$, F1-мера – на $\approx 1.4\%$, а ROC-AUC – на $\approx 0.1\%$. На третьем месте располагается логистическая регрессия с использованием BERT-векторизации, его точность ниже на $\approx 1.6\%$, F1-мера – на $\approx 2.1\%$, а ROC-AUC – на $\approx 0.6\%$. Таким образом, в качестве используемой модели в задаче распознавания суицидального поведения человека по

текстовым сообщениям рекомендуется использовать метод случайного леса с указанными в исследовании параметрами. Стоит отметить, что данный метод также на $\approx 67\%$ чаще ошибочно интерпретирует обычные сообщения как суицидальные, чем суицидальные как обычные. Данный факт не относится к проблеме модели, которая может помешать работе системы в силу того, что распознавание суицидальных сообщений для нее играет первостепенную роль.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Список литературы

1. Suicide: facts and figures globally [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-MSD-UCN-MHE-22.03> (дата обращения 08.05.2023).
2. Cambridge Dictionary [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/suicide> (дата обращения 08.05.2023).
3. WHO: Suicide [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/suicide#:~:text=Key%20facts,suicide%20in%20the%20general%20population.> (дата обращения 08.05.2023).
4. Брябрина Т.В. Гиберт А.И. Штрахова А.В. Опыт контент-анализа суицидальных высказываний в сети Интернет лиц с различным уровнем суицидальной активности // Психология. Психофизиология. 2016. № 3.
5. В.В. Касьянов. Суицидальное поведение. М.: Юрайт, 2019. с. 330.
6. В.А. Аверин. Интегративный подход и принципы психологии развития человека // Психология человека в образовании. 2019. № 3.
7. Г.В. Старшенбаум. Клиническая психология. Суицидология и кризисная терапия. М.: Когито-Центр, 2018. с. 376.
8. Е.В. Гришина. Психологические характеристики образовательной среды и антивитальные переживания подростков // Народное образование. 2016. № 4.
9. Амбрумова А.Г. Бородин С.В. Михлин А.С. Предупреждение самоубийств. М.: Издательство Академии МВД СССР, 1980. с. 164.
10. В.А. Тихоненко. Классификация суицидальных проявлений // Актуальные проблемы суицидологии. Труды Московского НИИ психиатрии. 1978.

11. L. Rappoport. The state of crisis: some theoretical considerations // Social Service Review. 1962. Т. 36, № 3.
12. М.Я. Соловейчик. Кризис и основы кризисной интервенции // Мастерство психологического консультирования. 2002.
13. Centers for Disease Control and Prevention: Suicide Prevention [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cdc.gov/suicide> (дата обращения 08.09.2023).
14. Г.В. Порядина. Стресс и патология: учеб. пособие. М.: РГМУ, 2009. с. 23.
15. Mendeley Data: Dataset for presuicidal signal detection. Режим доступа: <https://data.mendeley.com/datasets/86v3z38dc7/1> (дата обращения 11.09.2023).
16. Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ “О персональных данных” // СПС “КонсультантПлюс”.
17. Python-telegram-bot official page [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://python-telegram-bot.org/> (дата обращения 10.12.2023).
18. Telebot documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pytba.readthedocs.io/en/latest/> (дата обращения 10.12.2023).
19. Официальная страница модуля node-telegram-bot-api [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.npmjs.com/package/node-telegram-bot-api> (дата обращения 10.12.2023).
20. Репозиторий проекта kotlin-telegram-bot [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://github.com/kotlin-telegram-bot/kotlin-telegram-bot> (дата обращения 10.12.2023).
21. Python official page [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.python.org/> (дата обращения 10.05.2023).

22. mdn web docs: JavaScript [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript> (дата обращения 10.12.2023).
23. Node.js documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nodejs.org/docs/latest/api/> (дата обращения 10.12.2023).
24. Kotlin language specification [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kotlinlang.org/spec/introduction.html> (дата обращения 09.10.2020).
25. Java Virtual Machine SE8 Specification [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.oracle.com/javase/specs/jvms/se8/html/> (дата обращения 08.09.2023).
26. Cornell University arxiv [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1810.04805v2> (дата обращения 10.05.2023).
27. Tomas Mikolov Kai Ceen. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. 2013.
28. GloVe: Global Vectors for Word Representation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nlp.stanford.edu/projects/glove/> (дата обращения 08.05.2023).
29. PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database (official page) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.postgresql.org/> (дата обращения 24.03.2024).
30. Pandas official page [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pandas.pydata.org/> (дата обращения 10.05.2023).
31. Numpy official page [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://numpy.org/> (дата обращения 10.05.2023).
32. Matplotlib official page [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://matplotlib.org/> (дата обращения 10.05.2023).
33. Scikit-learn official page [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable/> (дата обращения 10.05.2023).

34. NLTK Documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nltk.org/> (дата обращения 24.03.2024).
35. Морфологический анализатор pymorphy2, документация [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pymorphy2.readthedocs.io/en/stable/> (дата обращения 24.03.2024).