В Таблице 1 представлены результаты распознавания эмоций для набора данных CREMA-D

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Класс | k-NN | | SVM | |
|  | *precision* | *recall* | *precision* | *recall* |
| Многоклассовая | ang | 0,60 | 0,73 | 0,70 | 0,74 |
| dis | 0,41 | 0,21 | 0,45 | 0,42 |
| fea | 0,47 | 0,26 | 0,52 | 0,43 |
| hap | 0,52 | 0,37 | 0,50 | 0,47 |
| neu | 0,38 | 0,69 | 0,51 | 0,58 |
| sad | 0,49 | 0,64 | 0,55 | 0,63 |
| μ | 0,48 | 0,48 | 0,54 | 0,55 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,48 | | 0,54 | |
| Бинарная | neg | 0,76 | 0,92 | 0,75 | 0,90 |
| rest | 0,69 | 0,36 | 0,63 | 0,36 |
| μ | 0,72 | 0,64 | 0,69 | 0,63 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,75 | | 0,73 | |

Таблица . Результаты распознавания для набора данных CREMA-D

Эксперименты показали, что классификатор k-NN достиг точности верно предсказанных ответов 0.48 для многоклассовой классификации и 0.75 для бинарной. На многоклассовой классификации лучше всего алгоритм распознает метку гнева, хуже всего – метку отвращения. На бинарной же классификации k-NN показывает лучшие результаты при распознавании метки «отрицательные эмоции», чем метки «остальные эмоции».

Классификатор SVM достиг точности 0.54 для многоклассовой классификации и 0.73 для бинарной. На многоклассовой классификации алгоритм достиг большей точности, чем k-NN, для всех классов эмоций, показав лучшие результаты при распознавании метки гнева, худшие – при распознавании метки счастья. На бинарной классификации алгоритм имеет чуть более низкие, чем k-NN, показатели, и так же как и k-NN, лучше справляется с распознаванием метки «отрицательные эмоции», чем метки «остальные эмоции».

В Таблице 2 представлены результаты распознавания эмоций для набора данных Emo-DB

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Класс | k-NN | | SVM | |
|  | *precision* | *recall* | *precision* | *recall* |
| Многоклассовая | ang | 0,60 | 0,84 | 0,68 | 0,59 |
| bor | 0,77 | 0,50 | 0,94 | 0,75 |
| dis | 0,44 | 0,36 | 0,91 | 0,91 |
| fea | 0,78 | 0,41 | 0,78 | 0,82 |
| hap | 0,43 | 0,17 | 0,43 | 0,50 |
| neu | 0,54 | 1,00 | 0,78 | 0,90 |
| sad | 1,00 | 0,88 | 0,88 | 0,94 |
| μ | 0,65 | 0,59 | 0,77 | 0,77 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,63 | | 0,75 | |
| Бинарная | neg | 0,80 | 0,93 | 0,82 | 0,86 |
| rest | 0,89 | 0,69 | 0,80 | 0,76 |
| μ | 0,84 | 0,81 | 0,81 | 0,81 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,83 | | 0,81 | |

Таблица . Результаты распознавания эмоций для набора данных Emo-DB

Эксперименты показали, что классификатор k-NN достиг точности верно предсказанных ответов 0.63 для многоклассовой классификации и 0.83 для бинарной. Лучше всего алгоритм распознает метку грусти, хуже всего – метку счастья. На бинарной классификации k-NN достиг более высокой точности при предсказании метки «остальные эмоции», а более высокой полноты при предсказании метки «отрицательные эмоции».

Классификатор SVM достиг точности 0.75 для многоклассовой классификации и 0.81 для бинарной. На многоклассовой классификации алгоритм показал лучшие результаты при распознавании метки скуки, худшие – при распознавании метки счастья, опередив k-NN по всем показателям, кроме точности распознавания счастья. На бинарной же классификации алгоритм имеет чуть более низкие, чем k-NN, показатели, и также достигает большей точности при предсказании метки «остальные эмоции», а большей полноты при предсказании метки «отрицательные эмоции».

В Таблице 3 представлены результаты распознавания эмоций для набора данных IEMOCAP

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Класс | k-NN | | SVM | |
|  | *precision* | *recall* | *precision* | *recall* |
| Многоклассовая | ang | 0,55 | 0,43 | 0,60 | 0,43 |
| exc | 0,37 | 0,15 | 0,46 | 0,37 |
| fru | 0,37 | 0,59 | 0,41 | 0,57 |
| hap | 0,00 | 0,00 | 0,26 | 0,05 |
| neu | 0,51 | 0,43 | 0,47 | 0,52 |
| sad | 0,51 | 0,78 | 0,59 | 0,64 |
| μ | 0,38 | 0,40 | 0,46 | 0,43 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,45 | | 0,48 | |
| Бинарная | neg | 0,64 | 0,81 | 0,69 | 0,75 |
| rest | 0,66 | 0,45 | 0,66 | 0,60 |
| μ | 0,65 | 0,63 | 0,68 | 0,67 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,65 | | 0,68 | |

Таблица . Результаты распознавания эмоций для набора данных IEMOCAP

Эксперименты показали, что классификатор k-NN достиг точности верно предсказанных ответов 0.45 для многоклассовой классификации и 0.65 для бинарной. Лучшие результаты алгоритм показывает при распознавании метки гнева, худшие при распознавании метки счастья, не сумев правильно предсказать ни одного представителя этой метки. На бинарной классификации k-NN достиг более высокой точности при предсказании метки «остальные эмоции», а более высокой полноты при предсказании метки «отрицательные эмоции».

Классификатор SVM достиг точности 0.48 для многоклассовой классификации и 0.68 для бинарной. На многоклассовой классификации алгоритм показал лучшие результаты при распознавании метки гнева, худшие – при распознавании метки счастья, незначительно опередив k-NN. На бинарной же классификации алгоритм имеет чуть более высокие, чем k-NN, показатели, и так же достигает большей точности при предсказании метки «остальные эмоции», а большей полноты при предсказании метки «отрицательные эмоции».

В Таблице 4 представлены результаты распознавания эмоций для набора данных RAVDESS

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Класс | k-NN | | SVM | |
|  | *precision* | *recall* | *precision* | *recall* |
| Многоклассовая | ang | 0,56 | 0,73 | 0,77 | 0,71 |
| cal | 0,61 | 0,90 | 0,76 | 0,77 |
| dis | 0,55 | 0,63 | 0,62 | 0,65 |
| fea | 0,63 | 0,54 | 0,60 | 0,69 |
| hap | 0,37 | 0,33 | 0,57 | 0,67 |
| neu | 0,43 | 0,38 | 0,62 | 0,33 |
| sad | 0,64 | 0,29 | 0,54 | 0,46 |
| sur | 0,70 | 0,67 | 0,77 | 0,83 |
| μ | 0,56 | 0,56 | 0,66 | 0,64 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,57 | | 0,66 | |
| Бинарная | neg | 0,76 | 0,84 | 0,74 | 0,73 |
| rest | 0,79 | 0,69 | 0,69 | 0,70 |
| μ | 0,56 | 0,56 | 0,66 | 0,64 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,77 | | 0,72 | |

Таблица . Результаты распознавания эмоций для набора данных RAVDESS

Эксперименты показали, что классификатор k-NN достиг точности верно предсказанных ответов 0.57 для многоклассовой классификации и 0.77 для бинарной. Лучшие результаты алгоритм показывает при распознавании меток удивления и спокойствия, худшие при распознавании метки счастья. На бинарной классификации k-NN достиг чуть более высокой точности при предсказании метки «остальные эмоции», а более высокой полноты при предсказании метки «отрицательные эмоции».

Классификатор SVM достиг точности 0.66 для многоклассовой классификации и 0.72 для бинарной. На многоклассовой классификации алгоритм показал лучшие результаты при распознавании меток удивления и гнева, худшие – при распознавании метки грусти. На бинарной же классификации алгоритм демонстрирует более низкие результаты, чем k-NN. Метка «Отрицательные эмоции» распознается при этом лучше, чем метка «Остальные эмоции».

В Таблице 5 представлены результаты распознавания эмоций для набора данных SAVEE

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Класс | k-NN | | SVM | |
|  | *precision* | *recall* | *precision* | *recall* |
| Многоклассоввя | ang | 0,67 | 0,80 | 0,75 | 0,80 |
| dis | 0,54 | 0,47 | 0,61 | 0,73 |
| fea | 0,63 | 0,67 | 0,86 | 0,40 |
| hap | 0,69 | 0,60 | 0,73 | 0,53 |
| neu | 0,59 | 0,77 | 0,78 | 0,83 |
| sad | 0,67 | 0,40 | 0,53 | 0,53 |
| sur | 0,58 | 0,47 | 0,67 | 0,93 |
| μ | 0,56 | 0,56 | 0,66 | 0,64 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,62 | | 0,70 | |
| Бинарная | neg | 0,57 | 0,78 | 0,63 | 0,77 |
| rest | 0,66 | 0,42 | 0,70 | 0,55 |
| μ | 0,56 | 0,56 | 0,66 | 0,64 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,60 | | 0,66 | |

Таблица . Результаты распознавания эмоций для набора данных SAVEE

Эксперименты показали, что классификатор k-NN достиг точности верно предсказанных ответов 0.62 для многоклассовой классификации и 0.60 для бинарной. Лучшие результаты при многоклассовой классификации алгоритм показывает при распознавании метки гнева, худшие при распознавании метки отвращения. На бинарной классификации k-NN достиг более высокой точности при предсказании метки «остальные эмоции», а более высокой полноты при предсказании метки «отрицательные эмоции».

Классификатор SVM достиг точности верно предсказанных ответов 0.70 для многоклассовой классификации и 0.66 для бинарной. На многоклассовой классификации алгоритм показал лучшие результаты при распознавании метки гнева, худшие – при распознавании метки грусти. На бинарной же классификации алгоритм имеет более высокие, чем k-NN, показатели, достигая большей точности при предсказании метки «остальные эмоции», а большей полноты при предсказании метки «отрицательные эмоции».

В Таблице 6 представлены результаты распознавания эмоций для набора данных TESS

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Класс | k-NN | | SVM | |
|  | *precision* | *recall* | *precision* | *recall* |
| Многоклассовая | ang | 0,95 | 0,99 | 0,98 | 1,00 |
| dis | 0,97 | 0,95 | 0,98 | 0,98 |
| fea | 1,00 | 0,97 | 1,00 | 0,99 |
| hap | 0,91 | 0,97 | 0,99 | 0,95 |
| neu | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| sad | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,98 |
| sur | 0,96 | 0,90 | 0,95 | 0,99 |
| μ | 0,97 | 0,97 | 0,98 | 0,98 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,97 | | 0,98 | |
| Бинарная | neg | 0,99 | 0,99 | 0,97 | 0,98 |
| rest | 0,99 | 0,99 | 0,97 | 0,96 |
| μ | 0,99 | 0,99 | 0,97 | 0,97 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,99 | | 0,97 | |

Таблица . Результаты распознавания эмоций для набора данных TESS.

Эксперименты показали, что оба классификатора показали практически стопроцентные результаты распознавания всех классов как для многоклассовой, так и для бинарной классификции. Это объясняется особенностями данного набора: отсутствие разнообразия спикеров и произносимых фраз (в записи принимали участие 2 женщины, произносившие одну и ту же фразу), а так же сильно выраженная искусственная артикуляция эмоций, одинаковая в пределах одного класса. Полученные результаты классификации соотносятся с визуализацией распределения объектов в этом на боре данных, полученной с помощью t-SNE, в которой видно четкое разделение на группы по классам.

В Таблице 7 представлены результаты распознавания эмоций для объединенного набора данных English Assembly

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Класс | k-NN | | SVM | |
|  | *precision* | *recall* | *precision* | *recall* |
| Многоклассоввя | ang | 0,69 | 0,75 | 0,71 | 0,73 |
| dis | 0,55 | 0,42 | 0,55 | 0,54 |
| fea | 0,57 | 0,45 | 0,57 | 0,51 |
| hap | 0,59 | 0,38 | 0,55 | 0,37 |
| neu | 0,55 | 0,71 | 0,60 | 0,72 |
| sad | 0,58 | 0,67 | 0,62 | 0,68 |
| μ | 0,56 | 0,56 | 0,66 | 0,64 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,59 | | 0,61 | |
| Бинарная | neg | 0,74 | 0,84 | 0,69 | 0,82 |
| rest | 0,70 | 0,55 | 0,62 | 0,45 |
| μ | 0,56 | 0,56 | 0,66 | 0,64 |
| *Ср. Accuracy:* | 0,73 | | 0,67 | |

Таблица . Результаты распознавания эмоций для набора данных English Assembly

Эксперименты показали, что классификатор k-NN достиг точности верно предсказанных ответов 0.59 для многоклассовой классификации и 0.73 для бинарной. На многоклассовой классификации лучше всего распознается метка гнева, хуже всего – метки отвращения и счастья. На бинарной классификации k-NN показывает лучшие результаты при распознавании метки «отрицательные эмоции».

Классификатор SVM достиг точности верно предсказанных ответов 0.61 для многоклассовой классификации и 0.67 для бинарной. На многоклассовой классификации алгоритм показал лучшие результаты при распознавании метки гнева, худшие – при распознавании метки счастья. На бинарной же классификации алгоритм имеет более низкие, чем k-NN, показатели, и так же как и k-NN, лучше справляется с распознаванием метки «отрицательные эмоции», чем метки «остальные эмоции».

Обобщая полученные результаты, можно сделать следующие выводы: лучшие результаты многоклассовой и бинарной классификации оба классификатора показали на наборе данных TESS, что объясняется особенностями этого набора данных. Худшие результаты многоклассовой классификации как k-NN, так и SVM продемонстрировали на наборе данных IEMOCAP. Это так же можно объяснить особенностями этого набора данных, а именно: большим разнообразием спикеров; наличием образцов как искуственно смоделированных, так и натуральных эмоциональных состояний спикеров, записанных в неформальных диалогах. Худшие результаты бинарной классификации оба алгоритма продемонстрировали на наборе данных SAVEE.

В целом, можно отметить, что классификатор SVM показывает лучшие, чем классификатор k-NN, результаты многоклассовой классификации, и сравнимые с k-NN результаты бинарной классификации, что делает этот алгоритм более предпочтительным. Однако, учитывая, что в бинарной классификации на некоторых наборах данных k-NN показал лучший результат, что обучение алгоритма k-NN проходит значительно быстрее, а так же, что некоторые классы на некоторых наборах данных он распознает лучше, чем SVM, можно задуматься о совместном использовании этих классификаторов в ансамбле, что может улучшить качество классификации.

В большинстве случаев, класс гнева имел наибольшую точность распознавания среди различных наборов данных, никогда не опускаясь ниже 0.55. Хуже других на большинстве наборов данных распознаются классы счастья и отвращения.

На наборах данных, для которых визуализации t-SNE показали лучшее разделение и группировку данных по классам, получены лучшие результаты классификации (Emo-DB, TESS)

На объединенном наборе данных получены значения Accuracy, сравнимые со средними значениями полученных на отдельных наборах значениях Accuracy (0.59 против 0.62 для k-NN и 0.61 против 0.69 для SVM).