

**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет компьютерных наук
Образовательная программа «Прикладная математика и информатика»

УДК: 612.8:[004.93+515.1]

Отчет об исследовательском проекте

на тему: Анализ аффективных компонентов ЭЭГ при прослушивании музыки

(промежуточный, этап 1)

Выполнил:

Студент группы БПМИ207

08.02.2022

Дата

Подпись

А.С.Петелин

И.О.Фамилия

Принял:

Руководитель проекта

Всеволод Леонидович Чернышев

Имя, Отчество, Фамилия

доцент, к.ф.-м.н.

Должность, ученое звание

ФКН НИУ ВШЭ, Международная лаборатория алгебраической топологии и ее приложений

Место работы (Компания или подразделение НИУ ВШЭ)

Дата проверки 08.02 2022

Оценка (по 10-ти бальной шкале)

Подпись

Москва 2022

Содержание

1 Основные термины и определения	2
2 Введение	2
3 Обзор используемых источников и методов	3
4 Содержательная часть	3
5 Список литературы	3
Приложение А. Календарный план работ	5

1 Основные термины и определения

Возможно здесь необходимо будет привести ссылки на источники определений?

Электроэнцефалограмма(далее **ЭЭГ/EEG**) - один из методов, позволяющих провести исследование головного мозга человека; в основеметода лежит регистрация электрических импульсов от мозга или каких-то его отдельных областей с помощью специального прибора.

Центральная нервная система (далее **ЦНС**) - совокупность связанных между собой нейронов, у человека представлена головным и спинным мозгом

Отбор признаков / Feature Selection(далее **FS**) - это оценка значимости признаков модели с помощью алгоритмов машинного обучения с целью сокращения размера исследуемого пространства.

Метод главных компонент / Principle Component Analysis (далее **PCA**) - один из основных методов уменьшения размерности данных при минимизации потерь содержащейся в данных информации.

Метод k-ближайших соседей / k-nearest neighbors(далее **k-NN**) - метрический алгоритм для автоматической классификации объектов или регрессии, основанный на оценивании сходства объектов.

Топологический анализ данных / Topological Data Analysis (далее **TDA**) - подход к анализу данных с использованием методов топологии, связанный, прежде всего с извлечением информации из многомерных, неполных и зашумленных наборов данных.

Datасet / Data Set - (размеченный) набор данных в табличном виде.

DEAPdataset - датасет для анализа эмоций с данными ЭЭГ, физиологических и видеосигналов.

2 Введение

Влияние музыки на слушателей отражено во многих источниках, как в художественных, так и в научных. Так, исследования показывают, что музыка помогает облегчить боль [10], влияет на координацию движений [13] [1] и темпы дыхания [3]. Также одним из важнейших свойств музыки является её способность влиять на эмоциональное состояние человека [5]. Вопрос влияния на эмоциональное состояние человека является одним из ключевых при разработке систем взаимодействия человека и компьютера, более того, подбор подходящей музыки может улучшить состояние отдельного человека при использовании музыкального приложения [7]. Примером компании, основавшей на этом позитивном изменении свою бизнес модель, является Endel [4], разработавшая одноимённое приложение. Приложение предлагает персонализированные аудиотреки, которые “помогут сосредоточиться, расслабиться и уснуть”.

Возрастающий интерес к музыкальной сфере как со стороны бизнеса, так и со стороны отдельных пользователей, позволяет говорить об актуальности изучения взаимодействия человека и музыки. Таким образом, можно поставить задачу распознавания влияния музыки на эмоциональное состояние человека.

Для изучения влияния музыки прежде всего необходимо его измерить. В настоящий момент существует несколько технологий для фиксирования изменений эмоций, среди которых распознавание эмоций по мимике (facial recognition), изучение периферийных физиологических сигналов, а также сигналов мозга. В данном исследовании мы сосредоточимся на изучении данных о сигналах мозга, полученных с помощью ЭЭГ. Стоит отметить, что характеристики ЭЭГ содержат множество нелинейных зависимостей [17], что позволяет в дальнейшем поставить вопрос об эффективности различных алгоритмов анализа данных.

При переходе от этапа сбора данных к оцениванию, исследователи сталкиваются с рядом вопросов: как разбить данные? как сократить их размерность? каким образом классифицировать данные? Для решения

этих проблем в машинном обучении существует множество подходов, однако некоторые подходы, не связанные напрямую с машинным обучением, открывают новые возможности решения задач FS и классификации. Одним из таких подходов является ТСА - совокупность методов, основанных на применении топологического анализа.

Эффективность применения топологических методов в решении обозначенных выше проблем мало изучена, поэтому актуальным вопросом является сравнение распространённых и проверенных алгоритмов машинного обучения с непривычным для исследователей в этой области топологическим подходом. В соответствии с поставленной задачей можно выделить следующие цели исследования:

1. Подготовить данные на основе одного из открытых датасетов;
2. Выбрать алгоритм FS для сокращения размерности пространства данных и выделения ключевых признаков будущей модели;
3. Построить классификатор на основе алгоритмов машинного обучения;
4. Изучить топологическую структуру данных и построить топологический классификатор;
5. Сравнить эффективность обоих подходов, выявить взаимосвязи между характеристиками данных и эффективностью рассмотренных алгоритмов.

Ожидаемыми результатами работы станут сведения о применимости обоих рассмотренных подходов и их сравнительная характеристика. Изучив эффективность различных алгоритмов, можно будет в дальнейшем получить преимущество как при исследованиях, так и при разработке музыкальных сервисов.

3 Обзор используемых источников и методов

Предполагается, что работа будет основана на исследовании открытого датасета DEAP, содержащего данные ЭЭГ и некоторые другие сведения, позволяющие изучать эмоции человека во время прослушивания музыки [6]. Сравнение некоторых алгоритмов машинного обучения для распознавания эмоций уже приведено в статье [9], более того, авторы статей [15] [14] рассказывают ещё больше об исследовании данных ЭЭГ. С другой стороны, в статьях [16] [11] выдвигается тезис об эффективности алгоритмов TDA для анализа данных. Авторы [11] ссылаются на данные об эффективности применения TDA в некоторых смежных областях, таких как исследование периодичности во временных рядах [12], анализ естественного языка [18], также отмечено, что TDA имеет приложения в нейронауках [2] [8]. В данном исследовании предлагается изучить возможность применения алгоритмов, основанных на TDA для исследования влияния музыки на эмоциональное состояние человека.

4 Содержательная часть

Здесь будет что-то содержательное

5 Список литературы

- [1] Gisa Aschersleben. Temporal control of movements in sensorimotor synchronization. *Brain and Cognition*, 48(1):66–79, 2002. doi:10.1006/brcg.2001.1304.
- [2] Carina Curto. What can topology tell us about the neural code? *Bulletin of the American Mathematical Society*, 54(1):63–78, 2016. doi:10.1090/bull/1554.
- [3] J. Berger D. Siwiak and Y. Yang. Catch your breath-musical biofeedback for breathing regulation, 2009. Conference: Audio Eng. Society Conv 2009.
- [4] Endel. Endel: Personalized soundscapes to help you focus, relax, and sleep. backed by neuroscience., n.d. Accessed Feb 10, 2022. URL: <https://endel.io/>.
- [5] S. Koelsch. *Brain and Music*. Wiley, 2012.

- [6] S. Koelstra, C. Muhl, M. Soleymani, Jong-Seok Lee, A. Yazdani, T. Ebrahimi, T. Pun, A. Nijholt, and I. Patras. Deap: A database for emotion analysis using physiological signals. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 3(1):18–31, 2012. doi:[10.1109/T-AFFC.2011.15](https://doi.org/10.1109/T-AFFC.2011.15).
- [7] Grace Leslie, Asma Ghandeharioun, Diane Y. Zhou, and Rosalind W. Picard. Engineering music to slow breathing and invite relaxed physiology. *2019 8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, pages 1–7, 2019.
- [8] Louis-David Lord, Paul Expert, Henrique M. Fernandes, Giovanni Petri, Tim J. Van Harteveld, Francesco Vaccarino, Gustavo Deco, Federico Turkheimer, and Morten L. Kringelbach. Insights into brain architectures from the homological scaffolds of functional connectivity networks. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 10:85, 2016. doi:[10.3389/fnsys.2016.00085](https://doi.org/10.3389/fnsys.2016.00085).
- [9] Rab Nawaz, Kit Hwa Cheah, Humaira Nisar, and Vooi Voon Yap. Comparison of different feature extraction methods for eeg-based emotion recognition. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 40(3):910–926, 2020. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bbe.2020.04.005>.
- [10] Joseph Newbold, Nadia Bianchi-Berthouze, Nicolas Gold, and Amanda Williams. Musically informed sonification for self-directed chronic pain physical rehabilitation, 06 2015. Conference: Sound and Music Computing 2015.
- [11] Nina Otter, Mason A. Porter, Ulrike Tillmann, Peter Grindrod, and Heather A. Harrington. A roadmap for the computation of persistent homology. *EPJ data science*, 6(1):17, 2017. doi:[10.1140/epjds/s13688-017-0109-5](https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-017-0109-5).
- [12] Jose Perea, Anastasia Deckard, Steven Haase, and John Harer. Sw1pers: Sliding windows and 1-persistence scoring; discovering periodicity in gene expression time series data. *BMC bioinformatics*, 16:257, 2015. doi:[10.1186/s12859-015-0645-6](https://doi.org/10.1186/s12859-015-0645-6).
- [13] Bruno H. Repp. Sensorimotor synchronization: a review of the tapping literature. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(6):969–992, 2005. doi:[10.3758/bf03206433](https://doi.org/10.3758/bf03206433).
- [14] Klaus Scherer. Which emotions can be induced by music? what are the underlying mechanisms? and how can we measure them? *Journal of New Music Research*, 33:239–251, 09 2004. doi:[10.1080/0929821042000317822](https://doi.org/10.1080/0929821042000317822).
- [15] Avinash L. Tandle, Manjusha S. Joshi, Ambrish S. Dharmadhikari, and Suyog V. Jaiswal. Mental state and emotion detection from musically stimulated eeg. *Brain Informatics*, 5(2):14, 2018. doi:[10.1186/s40708-018-0092-z](https://doi.org/10.1186/s40708-018-0092-z).
- [16] Y. Umeda, J. Kaneko, and H. Kikuchi. Topological data analysis and its application to time-series data analysis. *Fujitsu Scientific and Technical Journal*, 55(2):65–71, 2019.
- [17] Xiao-Wei Wang, Dan Nie, and Bao-Liang Lu. Emotional state classification from eeg data using machine learning approach. *Neurocomputing*, 129:94–106, 2014. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2013.06.046>.
- [18] Xiaojin Zhu. Persistent homology: An introduction and a new text representation for natural language processing. *IJCAI International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 1953–1959, 08 2013.

Приложение А. Календарный план работ

Этап работы	Предполагаемые даты
КТ1. Загрузка исправленного с учетом замечаний Отчета с подписанным студентом титульным листом	Не позднее 17.02.22
КТ1. Оценивание результатов и передача оценки в ЦППРиП	Не позднее 22.02.22
Представление результатов выполнения Проекта руководителю	Не позднее, чем за 10 рабочих дней до даты защиты
Подготовка и представление руководителю итогового варианта результатов Проекта	Не позднее, чем за 6 рабочих дней до даты защиты
Загрузка итогового варианта Проекта в SmartLMS/LMS для проверки работы в системе «Антиплагиат»	Не позднее, чем за 6 рабочих дней до даты защиты
Отзыв руководителя	Не позднее, чем за 3 рабочих дня до даты защиты
Загрузка в Задание дисциплины «Программный проект для студентов 2 курса ПМИ» в SmartLMS итогового варианта Проекта, отзыва руководителя, отчета системы “Антиплагиат”, других необходимых материалов	Не позднее, чем за 3 рабочих дня до даты защиты
Публичная защита Проекта	Согласно утвержденному графику