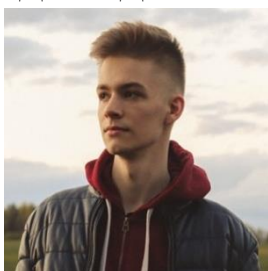


УДК 004.62

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ BIG DATA ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ МУЗЫКАЛЬНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ



**И.П. Надененко**  
студент БГУИР, инженер-программист ЗАО «Qulix Systems»



**С.Н. Нестеренков**  
Доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий, Кандидат технических наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, факультет Компьютерных систем и сетей, кафедра программного обеспечения информационных технологий, Республика Беларусь  
E-mail: s.nesterenkov@bsuir.by

### **И.П. Надененко**

Студент 4 курса специальности «Программное обеспечение информационных технологий» БГУИР. Работает в Департаменте R&D and Innovations ЗАО «Qulix Systems» на должности инженера-программиста.

### **С.Н. Нестеренков**

Окончил БГУИР в 2007 году по специальности «Программное обеспечение информационных технологий», окончил магистратуру БГУИР в 2008 по специальности «Системный анализ, управление и обработка информации», окончил аспирантуру БГУИР в 2013 по специальности «Системный анализ, управление и обработка информации», окончил магистратуру БГУИР в 2013 по специальности «Экономика и управление народным хозяйством», в 2017 защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Системный анализ, управление и обработка информации».

**Аннотация.** Целью работы явилось исследование современных алгоритмов составления индивидуальных рекомендаций пользователям онлайн-сервисов прослушивания музыки, использующих технологии Big Data. Исследование проводилось на примере приложения Spotify. Были изучены основные алгоритмы, используемые в приложении, причины их использования и преимущества, которые они предоставляют.

**Ключевые слова:** Big Data, анализ данных, статистика, рекомендации, музыка, Spotify.

### **Введение.**

В последние годы в музыкальной индустрии произошли значительные преобразования. Самый распространенный способ потребления музыки - потоковая передача, и альбомы уступили место синглам.

Потоковые платформы, такие как Spotify или Apple Music, имеют большую аудиторию и продолжают расти год за годом. Их важность такова, что в 2015 году они впервые в истории превзошли аппаратное обеспечение с точки зрения доходов, что совпало с первым годом за два десятилетия, когда вся музыкальная индустрия выросла по сравнению с предыдущим годом [1].

Технологии Big Data дают музыкальной индустрии информацию о том, что слушают люди, и они не только сообщают им, что они слушают; он также может сообщить им, где, когда и сколько раз они слушали песню или жанр. Использование передовых инструментов

анализа больших данных для мониторинга международных музыкальных моделей и предпочтений также позволяет музыкальной индустрии предсказывать, каким будет следующий музыкальный «тренд» или «самый большой хит».

Цель коммерческих музыкантов - создавать музыку, которая понравится широкой аудитории и при этом принесет прибыль. Артисты могут создавать песни, которые с большей вероятностью понравятся определенной аудитории, если данные обрабатываются разумно. Рассмотрим, как данные пользователей обрабатывает популярный сервис потокового прослушивания музыки Spotify, для того чтобы артисты могли быть уверены, что их творчество заметят.

### **Spotify.**

С более чем 200 миллионами активных пользователей в месяц потоковый гигант Spotify навсегда изменил индустрию потокового прослушивания музыки. Несмотря на большое количество музыки в свободном доступе, пользователи часто предпочитают повторно слушать небольшую подборку своих любимых песен. Некоторые люди застревают в определенном жанре или наборе артистов и для них, а также для тех, кто любит просто любит музыку, Spotify предлагает интересное решение под названием Discover Weekly.

Каждый понедельник Discover Weekly дарит пользователям Spotify плейлист из тридцати песен, которые они никогда раньше не слышали. Многие пользователи отмечают, что в сравнении с конкурентами рекомендации в Spotify обладают большой точностью. Многие сравнивают этот плейлист с хорошим другом, который отлично знает как угодить вашему вкусу. Для создания Discover Weekly Spotify использует три основных типа моделей рекомендаций [3]:

- Модели совместной фильтрации;
- Модели обработки естественного языка или NLP;
- Аудио модели.

*Модели совместной фильтрации* - данный метод строится на основе оценок, которые пользователи ставят медиа контенту. В Spotify нет явной системы рейтинга, с помощью которой пользователи оценивают музыку, однако приложение отслеживает такие показатели как количество прослушиваний песни, посещение страницы исполнителя или сохранение песни в список воспроизведения.

Для формирования рекомендаций система анализирует такие данные от нескольких пользователей. Например, один пользователь любит песни А, Х, Y и Z, а другой X, Y, Z и В. Данный метод работает по следующему принципу: «Им нравятся треки X, Y и Z, поэтому у них схожие вкусы. Возможно, им могут понравиться песни друг друга, которые они до этого не слушали». После этого система предлагает второму пользователю послушать трек А, а первому трек В.

Чтобы анализировать данные о миллионах пользователей используется матричная арифметика. Каждая строка матрицы, представленной на слева рисунке 1, представляет пользователя, а столбец песню [4].

Из матрицы получается два типа векторов, пользовательский вектор (X), представляющий вкус одного пользователя и вектор песни (Y), представляющий набор оценок одной песни. Эти векторы представляют собой наборы чисел, которые можно легко сравнивать. Чтобы составить рекомендации для пользователя, данный метод сравнивает его вектор с векторами всех других пользователей, выявляя людей с похожими вкусами. То же самое может использоваться и для песен.

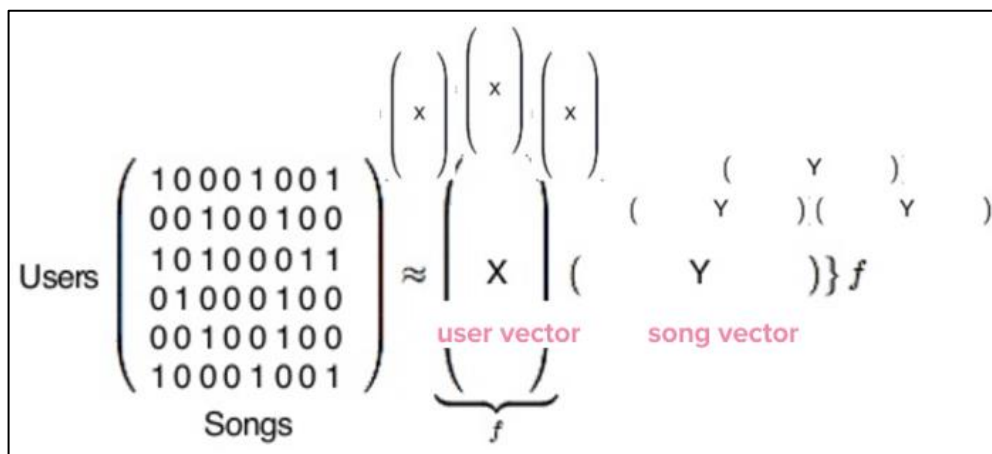


Рисунок 1 – Иллюстрация работы совместной фильтрации

NLP (Natural Language Processing – обработка естественного языка) - исходными данными для данной модели является любой текст в Интернете. Нейросеть Spotify анализирует сеть для поиска сообщений о песнях и выясняет, какие эпитеты и описания используются по отношению к ним, а также что обсуждается на ряду с ними.

Как можно увидеть на рисунке 2, у исполнителей и песен есть набор терминов и эпитетов, у которых есть весовые коэффициенты. Чем выше коэффициент, тем выше вероятность по отношению к песне будет использован данный термин. Затем модель NLP использует эти данные и коэффициенты для создания векторов песен. По аналогии с прошлой моделью, они используются для нахождения сходств между песнями[5].

n2 Term	Score	np Term	Score	adj Term	Score
dancing queen	0.0707	dancing queen	0.0875	perky	0.8157
mamma mia	0.0622	mamma mia	0.0553	nonviolent	0.7178
disco era	0.0346	benny	0.0399	swedish	0.2991
winner takes	0.0307	chess	0.0390	international	0.2010
chance on	0.0297	its chorus	0.0389	inner	0.1776
swedish pop	0.0296	vous	0.0382	consistent	0.1508
my my	0.0290	the invitations	0.0377	bitter	0.0871
s enduring	0.0287	voulez	0.0377	classified	0.0735
and gimme	0.0280	something's	0.0374	junior	0.0664
enduring appeal	0.0280	priscilla	0.0369	produced	0.0616

Рисунок 2 – Термины NLP и их весовые коэффициенты

Аудио модель - ее повышает точность музыкальных рекомендаций, а также в отличие от прошлых двух она учитывает совсем недавно появившиеся на платформе песни.

Если у начинающего исполнителя меньше ста прослушиваний, то пользователей, которых можно совместно фильтровать по нему совсем мало. Также могут совсем отсутствовать упоминания в Интернете, поэтому NLP модель также будет малоэффективна. Для аудио моделей не важны эти характеристики, для них песни равны вне зависимости от популярности, так что исполнитель будет рекомендоваться наравне с более популярными. Необработанные аудио данные анализируются с помощью сверточных нейронных сетей [6]. Эта сеть состоит из нескольких сверточных слоев, каждый представляет из себя применение операции свертки к выходам с предыдущего слоя, где веса ядра свертки являются обучаемыми параметрами.

В случае со Spotify они были изменены для работы со спектральными характеристиками вместо пикселей. Архитектура такой нейронной сети представлена на рисунке 3.

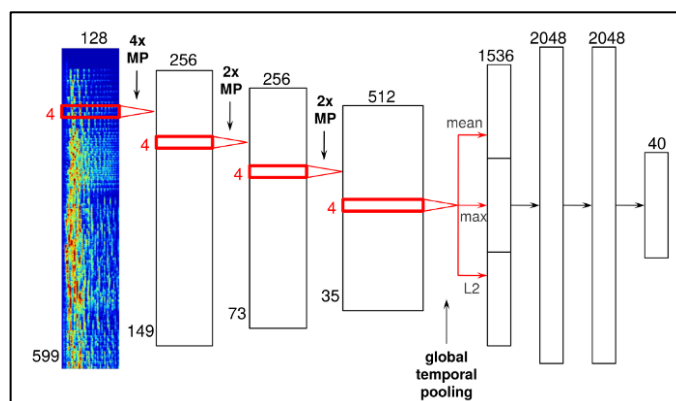


Рисунок 3 – Архитектура сверточной нейронной сети

На вход подается часто-временные представления отдельных аудио кадров песни, которые в результате соединяются в спектрограмму. После прохождения слоев нейронной сети она выдает разбор песни, включая такие характеристики, как тактовый размер, громкость, тон и темп. Определение характеристик песни также позволяет Spotify понять сходство между песнями и, следовательно, понять, каким пользователям они могут понравиться, на основе песен, которые они прослушивали.

Архитектура системы Spotify изображена на рисунке 4 [7]. Пользователи (зеленые логотипы сервиса) получают доступ через сервера (Access Point). Далее они используют радио, смотрят страницы исполнителей, слушают плейлисты или ищут новые песни. Данные о радио потоке, плейлистах и данных поиска сохраняются СУБД Apache Cassandra. Брокер сообщений Apache Kafka посылает события о действиях пользователя на облачный сервис Apache Hadoop, используемый для хранения действия пользователей, метаданных треков (имя исполнителя, название песни, название альбома и другие) и информация из интернета о тех треках, используемая для NLP анализа. Также Kafka общается с сервисом Apache Storm, который помогает обрабатывать большие объемы данных в реальном времени. Все это формирует систему, которая рекомендует новые композиции пользователям на основе трех вышеперечисленных моделей.

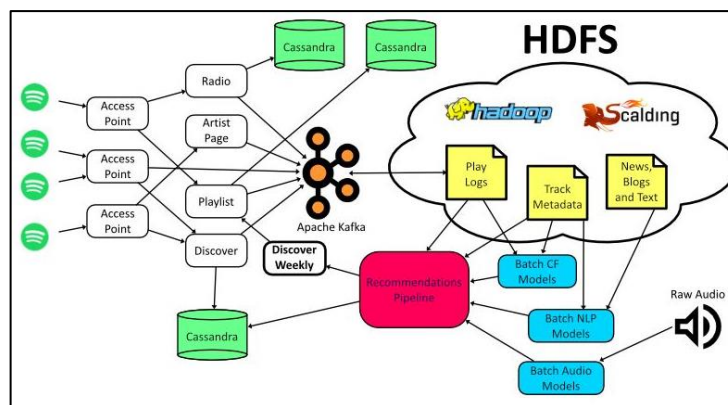


Рисунок 4 – Система сбора и хранения информации Spotify

### **Заключение.**

Музыкальная индустрия извлекает большую выгоду из технологии Big Data. Любой, даже начинающий автор музыки может рассчитывать на поддержку алгоритмов, используемых современными сервисами потоковой трансляции музыки, такими как Spotify, Yandex Музыка и Apple Music, которые позволят ему набрать аудиторию. Пользователи таких сервисов также получают большие преимущества от пользования ими. На них можно как прослушивать раз за разом любимые композиции, так и находить новые, которые с большой вероятностью им понравятся. Алгоритмы формирования рекомендаций могут использоваться не только в сфере музыки, но и в сфере распространения любой продукции. Понимание действий пользователя, агрегирование их в больших объемах и качественная обработка дают огромные преимущества в ведении бизнеса.

### **Список литературы**

- [1] Digital Music Report 2015 [Электронный ресурс] /– Режим доступа: <https://www.riaa.com/reports/digital-music-report-2015/>– Дата доступа: 23.03.2022.
- [2] Recommendation Systems - a walk through [Электронный ресурс] /– Режим доступа: <https://chaitanyabelhekar.medium.com/recommendation-systems-a-walk-trough-33587fecc195/>– Дата доступа: 23.03.2022.
- [3] Popular science [Электронный ресурс] /– Режим доступа: <https://www.popsci.com/>– Дата доступа: 24.03.2022.
- [4] Spotify company info [Электронный ресурс] /– Режим доступа: <https://newsroom.spotify.com/company-info/>– Дата доступа: 24.03.2022.
- [5] Нестеренков, С. Н. Использование генетического алгоритма для нахождения весовых коэффициентов нейронной сети в финансовом секторе / С. Н. Нестеренков, К. П. Белов // Информационные технологии и системы 2017 (ИТС 2017) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 25 окт. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. - Минск, 2017. - С. 198-199.
- [6] Нестеренков, С. Н. Использование сверточных нейронных сетей для классификации и анализа тональности текстов / С. Н. Нестеренков, П. А. Федоров, В. А. Денисов // Информационные технологии и системы 2019 (ИТС 2019) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 30 окт. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. - Минск, 2019. - С. 248-249.
- [7] Big Data School [Электронный ресурс] /– Режим доступа: <https://medium.com/@bigdataschool/>– Дата доступа: 25.03.2022.

## **USING BIG DATA ALGORITHMS TO create INDIVIDUAL MUSIC RECOMMENDATIONS**

***I.P. NADENENKO***

*Student of BSUIR, software-engineer at “Qulix Systems”*

***S.N. NESTERENKOV,***

*PhD Associate professor of department of the software of information technologies*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Faculty of Computer Systems and Networks, Department of Information Technology Software, Republic of Belarus  
E-mail: s.nesterenkov@bsuir.by*

**Abstract.** The purpose of the work was to study modern algorithms for composing individual recommendations for users of online music listening services using Big Data technologies. The study was conducted on the example of the Spotify application. The main algorithms used in the application, the reasons for their use and the benefits they provide were studied.

**Keywords:** Big Data, data analysis, statistics, recommendations, music, Spotify.