

## **Исследование алгоритмов принятия решений и разработка веб-системы выбора с учетом весовых коэффициентов заданных альтернатив**

*Манышев Семен Владимирович*

*Волжский политехнический институт (филиал) «Волгоградский государственный технический университет»  
студент*

*Фадеева Марина Викторовна*

*Волжский политехнический институт (филиал) «Волгоградский государственный технический университет»  
старший преподаватель*

*Рыбанов Александр Александрович*

*Волжский политехнический институт (филиал) «Волгоградский государственный технический университет»  
к.т.н., доцент, зав. кафедрой информатика и технология программирования*

### **Аннотация**

В статье приведён обзор веб-сервисов позволяющих подобрать музыкальный контент на основе предпочтений пользователя. Описаны их функциональные возможности, подходящие методы для разработки подобных сервисов, компоненты интерфейсов. Дано описание систем со скриншотами. Проанализированы механизмы работы данных веб-сервисов. Описана разработанная система, которая даст возможность пользователю, на основе алгоритма выбора с учетом весовых коэффициентов заданных альтернатив, из разнообразного музыкального контента подобрать контент наиболее подходящий к предпочтениям пользователя.

**Ключевые слова:** Подбор контента, музыка, веб-сервис

### **Research of algorithm of decision-making and development of a web – system of choice taking into account the weight coefficients of the set alternatives**

*Manyshev Semen Vladimirovich*

*Volzhsy Polytechnical Institute (branch) of Volgograd State Technical University  
Student*

*Fadeeva Marina Viktorovna*

*Volzhsy Polytechnical Institute (branch) of Volgograd State Technical University  
Senior Lecturer*

*Rybanov Aleksandr Aleksandrovich*

*Volzhsy Polytechnical Institute (branch) of Volgograd State Technical University  
Candidate of Engineering Sciences, associate professor, Head of the Department  
of Informatics and programming technology*

### **Abstract**

This article provides an overview of web services that allow you to select music content based on user preferences, an overview of suitable methods for developing such services, interface components, functionality, description of systems with screenshots. Analyzed the mechanisms of these web services. The developed system will allow the user, on the basis of the selection algorithm, taking into account the weighting factors of the given alternatives, from various musical content to select the content most suitable to the user's preferences.

**Keywords:** content selection, music, web service

### **Введение**

В условиях лавинообразного увеличения объема информации в современном обществе возрастает роль разнообразных систем помощи принятия решений. Задачи принятия решений, как правило, являются многокритериальными, так как объекты системы обычно описываются несколькими свойствами. В результате анализа ряда методов принятия решений, выявлены наиболее подходящие алгоритмы для принятия решения в многокритериальных задачах, в условиях неполноты информации.

### **Постановка проблемы**

Большинство объектов систем относятся к слабоструктурированным или плохо определяемым, которые обладают рядом неожиданных для традиционного управления свойств, таких как уникальность, невозможность формального описания, отсутствие оптимальности, высокая динамичность и неполнота описания объекта.

Цель данной работы: повышение эффективности выбора музыкального контента путем проектирования информационной web-системы подбора контента по неформальным критериям. Для достижения поставленной цели необходимо решения следующих исследовательских задач:

- 1) математическое описание веб-системы выбора на основе алгоритмов принятия решений с учетом весовых коэффициентов заданных альтернатив;
- 2) разработка алгоритмов и программная реализация информационной web-системы подбора контента на основе алгоритмов принятия решений с учетом весовых коэффициентов заданных альтернатив.

### **Сравнительный анализ веб-сервисов выбора**

Для машинной поддержки процесса подбора контента можно выделить следующие веб-сервисы: Last.fm [6], Spotify [7], Deezer [8]. К сожалению, не все они являются бесплатными и русскоязычными, но имеют бесплатные

режимы доступа, на основе использования которых можно оценить функциональные возможности и принципов работы данных веб-сервисов.

В таблице 1 приведены результаты сравнительного анализа веб-сервисов для подбора контента.

Таблица 1 – Сравнительный анализ веб-сервисов Last.fm, Spotify, Deezer

| Критерии\Продукты  | Last.fm  | Spotify | Deezer |
|--|----------|---------|--------|
| Подбор контента на основе отметок юзера (нравится/не нравится)   | Да       | Да      | Да     |
| Подбор контента на основе предпочтений друзей юзера  | Нет      | Да      | Да     |
| Подбор контента на основе истории прослушивания  | Да       | Нет     | Нет    |
| Подбор контента по схожести жанров   | Нет      | Да      | Да     |
| Подбор контента по формальным критериям (жанр, частота ударов в минуту (темп), инструменты, вокал (м/ж))                     | Частично | Нет     | Нет    |
| Подбор контента по неформальным критериям (динамика, качество записи, мелодичность, непохожесть, настроение, глубина текста) | Нет      | Нет     | Нет    |

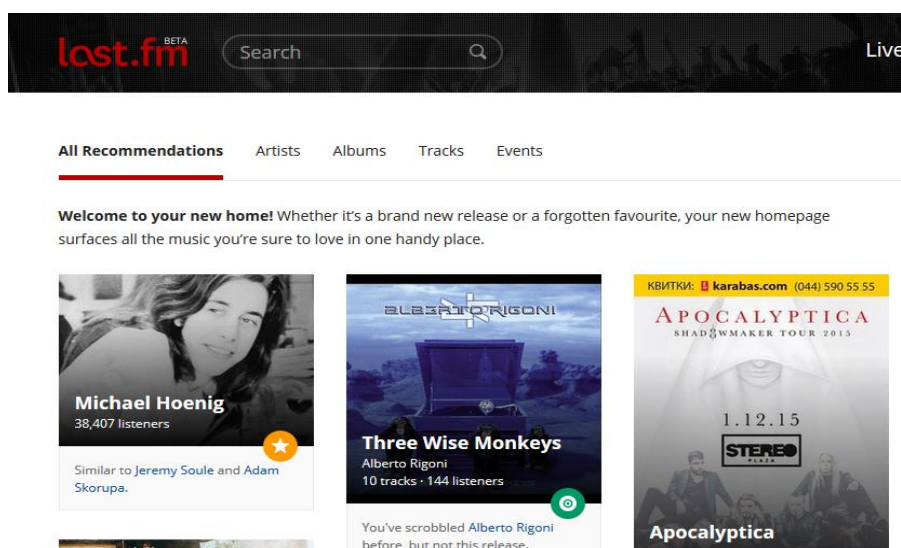


Рисунок 1 – Веб-сервис Last.fm

Last.fm отслеживает, что слушает пользователь в разных программах и сервисах, и на основе собранных данных предоставляет собственные рекомендации. При этом сам проект источником музыки не является, разве что транслирует композиции через встроенный плеер YouTube. Last.fm следит за историей прослушиваний с помощью специального приложения — скробблера. Пользователь устанавливает эту программу на свое устройство и включает музыку в любом совместимом с Last.fm приложении. Как результат скробблер сообщает серверу проекта о музыкальных предпочтениях

пользователя. Затем при входе на сайт сервиса, пользователю рекомендуется контент совпадающий с его вкусами.

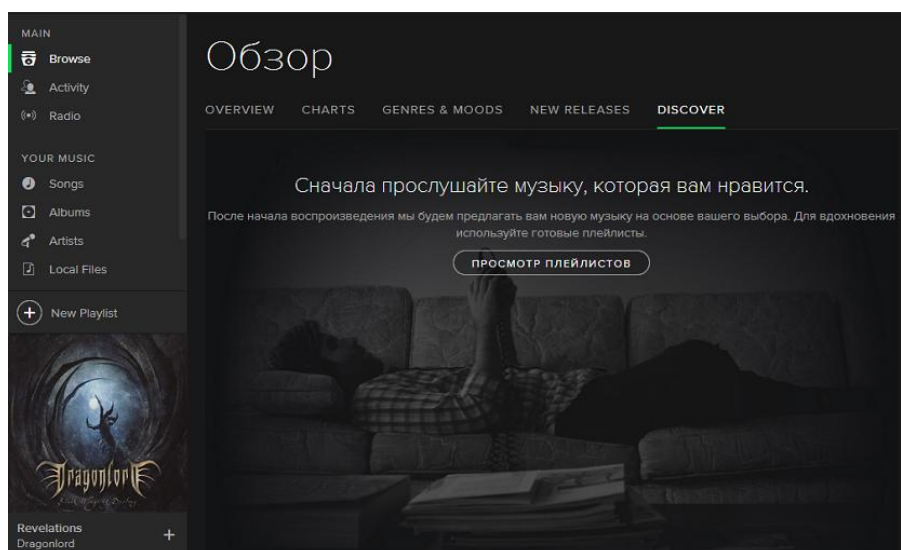


Рисунок 2 – Веб-сервис Spotify

Spotify дает рекомендации на основе выбранной пользователем музыки. Это выглядит следующим образом. Пользователь находит в каталоге сервиса интересного исполнителя, альбом, плейлист, песню или жанр и активирует режим радио. В результате алгоритм начинает подбирать и включать по очереди композиции, которые наиболее соответствуют выбранной композиции. Чтобы повысить точность таких подборок, можно использовать кнопки «нравится» и «не нравится» для оценивания треков.

Кроме того, система анализирует прослушанные пользователем во встроенном плеере композиции и рекомендует другие — им подобные. А если подключить к сервису аккаунт Facebook, то Spotify начнет показывать, чем делятся и что воспроизводят с его помощью друзья пользователя.

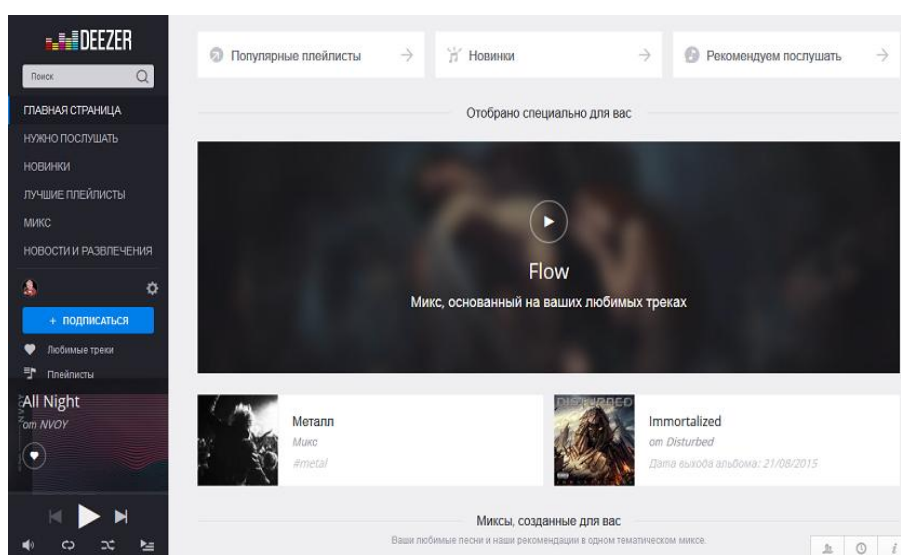


Рисунок 3 – Веб-сервис Deezer

Deezer совмещает работу рекомендательного алгоритма с советами экспертов. Во время прослушивания музыки из каталога сервиса пользователь указывает, какие треки нравятся, а какие нет. Система следит за этими действиями и начинает отображать редакторские подборки, которые соответствуют музыкальному вкусу пользователя. Чем чаще ставятся оценки трекам, тем точнее становятся рекомендации. Сервис содержит большой список плейлистов, которые составляются профессиональными музыкальными редакторами. Помимо этого, Deezer предлагает нечто вроде режима радио в Spotify. Здесь он присутствует в двух вариациях: Mix и Flow. Первая автоматически подбирает музыку по выбранному исполнителю или жанру. Вторая делает это на основе композиций, уже добавленных пользователем в личную библиотеку. Так же есть возможность подписаться на других пользователей или подключить иные социальные аккаунты, чтобы наблюдать за активностью друзей в Deezer.

Существенным недостатком рассмотренных сервисов является невозможность подбора музыкального контента по неформальному описанию мелодии, ритма, гармонии, динамики темпа, тембра и т. д. Совмещение такой возможности с алгоритмом выбора музыкального контента по жанру удовлетворяет возрастающие требования пользователей в части подбора музыкального контента.

### **Сравнительный анализ методов принятия решений с учетом весовых коэффициентов заданных альтернатив**

В разрабатываемой веб-системе оценки прослушанному контенту будут выставляться пользователями системы, и заноситься в базы данных. Поэтому наиболее подходящим и простым методом определения весовых коэффициентов для операции оценивания контента является метод экспертных оценок. Существует несколько разновидностей данного метода.

Метод ранжирования. Группа из  $n$  экспертов (пользователей), высказывается относительно степени присутствия  $m$  частных показателей в контенте. Самому важному показателю соответствует ранг  $m$ , следующему –  $(m - 1)$  и т.д., ранг, равный 1, имеет наименее важный показатель. Результаты опроса экспертов сводят в таблицу, в последней строке которой записывают сумму рангов, выставленных экспертами. Весовые коэффициенты определяются по формуле:

$$w_j = \frac{r_j}{\sum_{j=1}^m r_j}, j = \overline{1, m}.$$

| Эксперт              | Показатель                    |                              |                               |
|----------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|                      | $x_1$                         | $x_2$                        | $x_3$                         |
| 1                    | 3                             | 1                            | 2                             |
| 2                    | 2                             | 1                            | 3                             |
| 3                    | 3                             | 2                            | 1                             |
| 4                    | 3                             | 1                            | 2                             |
| 5                    | 2                             | 1                            | 3                             |
| Сумма                | 13                            | 6                            | 11                            |
| Весовые коэффициенты | $w_1 = \frac{13}{30} = 0,433$ | $w_2 = \frac{6}{30} = 0,200$ | $w_3 = \frac{11}{30} = 0,367$ |

Рисунок 4 – Весовые коэффициенты по методу ранжирования

Достоинством метода является его вычислительная простота, а недостатком – отсутствие гибкости в оценки контента, то есть, у пользователей нет возможности дать одинаковую оценку по разным критериям или количественно оценить контент по данным критериям.

Метод приписывания баллов. В отличие от метода ранжирования здесь эксперты в зависимости от важности показателя выставляют баллы от 0 до 10, причем разрешается оценивать важность показателя дробными величинами, а также разным показателям можно приписать одинаковые баллы. Затем определяют вес каждого показателя, подсчитанного каждым экспертом. Окончательно весовые коэффициенты показателей определяются по формуле:

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n r_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n r_{ij}},$$

где n – число экспертов (пользователей).

| Эксперты | Баллы показателей |          |          | Сумма                  | Веса показателей                    |                                     |                                     |
|----------|-------------------|----------|----------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|          | $h_{i1}$          | $h_{i2}$ | $h_{i3}$ |                        | $r_{i1}$                            | $r_{i2}$                            | $r_{i3}$                            |
| 1        | 10                | 5        | 8        | 23                     | 0,435                               | 0,217                               | 0,348                               |
| 2        | 9                 | 6        | 10       | 25                     | 0,360                               | 0,240                               | 0,400                               |
| 3        | 9                 | 7        | 5        | 21                     | 0,429                               | 0,333                               | 0,238                               |
| 4        | 10                | 9        | 7        | 26                     | 0,385                               | 0,346                               | 0,269                               |
| 5        | 8                 | 7        | 9        | 24                     | 0,333                               | 0,292                               | 0,375                               |
|          |                   |          |          | $\sum_{j=1}^m r_j = 5$ | $r_1 = \sum_{i=1}^n r_{i1} = 1,941$ | $r_2 = \sum_{i=1}^n r_{i2} = 1,429$ | $r_3 = \sum_{i=1}^n r_{i3} = 1,630$ |

Рисунок 5 – Весовые коэффициенты по методу приписывания баллов

Можно сказать, что метод приписывания баллов не намного сложнее метода ранжирования, но даёт большую свободу экспертам.

Метод анализа иерархий. Метод анализа иерархий (МАИ) часто используют для получения весовых коэффициентов. Идея заключается в построении матриц парных сравнений для показателей, включенных в различные группы по смыслу. Например, в группу «Характеристика ритма» входят такие критерии как:

- равномерный – ломанный,
- выразительный – невыразительный,
- сдержанный – назойливый,
- уверенный – неуверенный,
- маршеобразный – танцевальный,
- упругий – вялый и т.п.

Матрица парных сравнений представляет собой квадратную, обратно симметричную матрицу, на главной диагонали которой стоят единицы. Значения под главной диагональю образуются путем деления соответствующих значений над главной диагональю и наоборот. Каждый показатель, расположенный в строке, сравнивается со всеми показателями, указанными в столбцах матрицы. Значения элементов матрицы от 1 до 9

отображают девять степеней наличия одного критерия по сравнению с другим, причем, пять значений являются основными (1,3,5,7,9) и четыре - промежуточными значениями (2,4,6,8). Элементам матрицы  $a_{ij}$  присваиваются значения по следующему принципу:

- 1 – если критерии имеют одинаковую степень наличия,
- 3 – если критерий в строке  $i$  слегка весомее критерия в столбце  $j$ ,
- 5 – если критерий в строке  $i$  средне весомее критерия в столбце  $j$ ,
- 7 – если критерий в строке  $i$  сильно весомее критерия в столбце  $j$ ,
- 9 – если критерий в строке  $i$  полностью доминирует над критерием в столбце  $j$ .

В случае, когда рассматриваемый критерий является не более, а менее важным, чем тот, с которым его сравнивают, такое соотношение описывается также посредством девяти степеней сравнения, но представленных обратными величинами значений: 1, 1/2, 1/3, ..., 1/9.

Матрица парных сравнений может иметь вид:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1/3 & 1/5 & 1/7 \\ 1/2 & 1 & 1/6 & 1/9 & 1/9 \\ 3 & 6 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ 5 & 9 & 2 & 1 & 1/2 \\ 7 & 9 & 2 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Когда матрица парных сравнений построена, её нормализуют: делят элементы каждого столбца на сумму всех элементов этого столбца. Средние элементы строк нормализованных матриц дают

$$A_N = \begin{pmatrix} 0,061 & 0,074 & 0,061 & 0,052 & 0,063 \\ 0,030 & 0,037 & 0,030 & 0,029 & 0,049 \\ 0,182 & 0,222 & 0,182 & 0,131 & 0,222 \\ 0,303 & 0,333 & 0,364 & 0,262 & 0,222 \\ 0,424 & 0,333 & 0,364 & 0,525 & 0,444 \end{pmatrix} \quad \begin{array}{l} w_1 = 0,062 \\ w_2 = 0,035 \\ w_3 = 0,188 \\ w_4 = 0,297 \\ w_5 = 0,418 \end{array}$$

соответствующие относительные веса показателей. Нормализованная матрица  $A_N$  и относительные веса показателей будут следующими:

Недостатком метода анализа иерархий является необходимость получения большого объема информации от пользователей, а так же необходимость конкретно ответить во сколько раз в контенте одна характеристика превосходит другую.

Таким образом, для условий web-системы выбора на основе алгоритмов принятия решений с учетом весовых коэффициентов заданных альтернатив наиболее подходящими являются метод ранжирования и метод приписывания баллов так как позволяют экспертам и пользователям оценить или подобрать контент за минимальное количество времени. Метод анализа иерархий не подходит для этих целей по причине сложности для пользователей.

## Разработка алгоритмов и программная реализация web-системы выбора на основе алгоритмов принятия решений с учетом весовых коэффициентов заданных альтернатив

На рис. 6 представлена IDEF1X-модель базы данных веб-системы выбора на основе алгоритмов принятия решений с учетом весовых коэффициентов заданных альтернатив, состоящая из таких сущностей как:

1. *Пользователи* - это все участники, работающие в системе, которые имеют возможность давать оценки контенту.

2. *Форма оценки* - это сущность, через которую любой пользователь может отправить характеристику контента в базу данных. Содержит неформальные характеристики контента и числовую шкалу, показывающую степень присутствия данных характеристик.

3. *Форма подбора* – это сущность, через которую пользователь может подобрать интересующий его контент по степени важности неформальных характеристик контента.

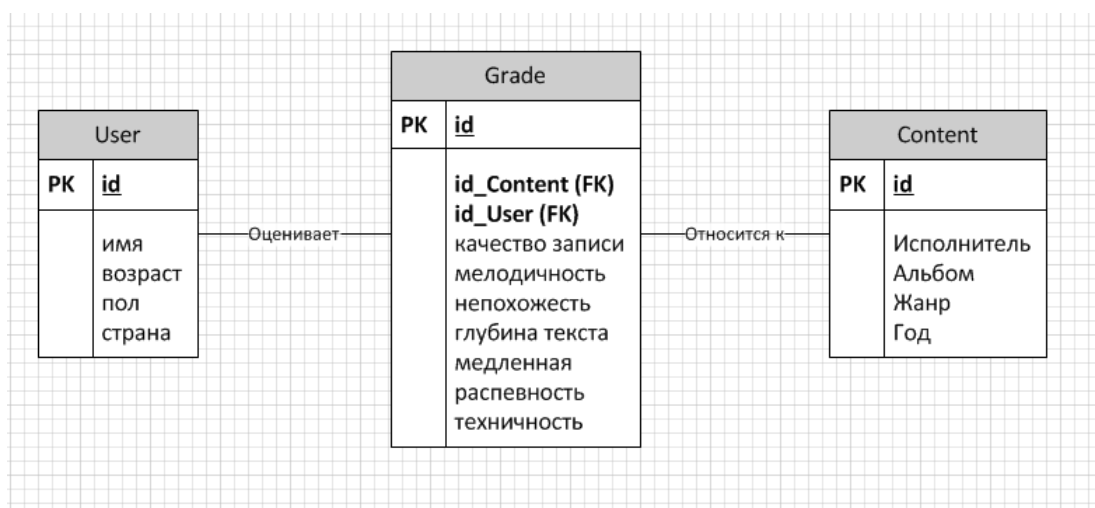


Рисунок 6 – IDEF1X-модель баз данных веб-системы выбора контента на основе алгоритмов принятия решений с учетом весовых коэффициентов

В целях оптимизации программного кода при разработке веб-системы выбора контента на основе алгоритмов принятия решений с учетом весовых коэффициентов использована парадигма объектно-ориентированного программирования и концепция MVC. На рис. 7 представлена неполная диаграмма классов web-системы выбора контента. Рассмотрим более подробно каждый класс:

1) *User* - класс, описывающий пользователей web-системы;

2) *gradeForm* - класс хранящий информацию о форме оценки контента. Класс содержит методы, позволяющие получить список полей, а так же создать новые и внести изменения в уже существующие;

3) *selectForm* - класс, описывающий форму подбора контента. Класс содержит методы и правила позволяющие обратиться классу *selectController* для обработки введенных пользователем данных.



4) *selectController* - класс необходимый для реализации процесса подбора контента.

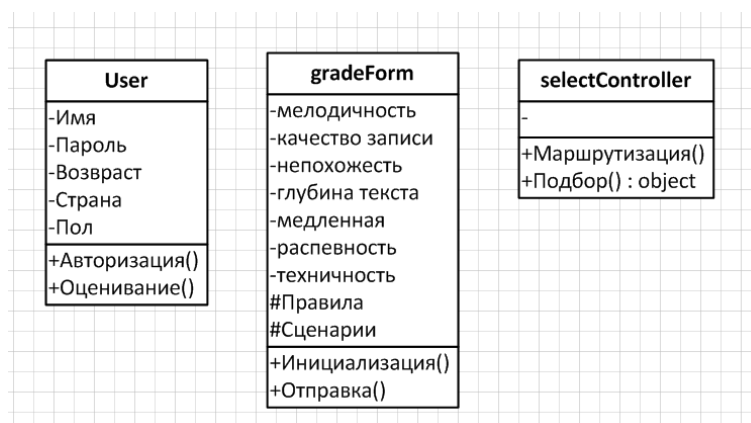


Рисунок 7 – Неполная диаграмма классов веб-системы выбора контента на основе алгоритмов принятия решений с учетом весовых коэффициентов

### Заключение

В результате анализа существующих веб-систем подбора музыкального контента выявлен их общий недостаток, а именно невозможность подбора контента по неформальным критериям. Для устранения данного недостатка предполагается разработка веб-системы в которой пользователи смогут оценивать и подбирать музыкальный контент по неформальным критериям на основе методов экспертной оценки. В результате анализа разновидностей методов экспертной оценки выявлено, что для проведения оценки контента наилучшим образом подходит метод приписывания баллов, а для подбора контента по неформальным критериям оптимальным является метод ранжирования из-за своей понятности пользователям и минимальному времени на выстраивание иерархии вкусовых предпочтений пользователей.

Для построения веб-системы выбора на основе алгоритмов принятия решений с учетом весовых коэффициентов заданных альтернатив наилучшим образом подходит парадигма объектно-ориентированного программирования с применением концепции MVC. Описываемая веб-система предоставит пользователю арсенал методов и средств для эффективного подбора контента на основе указанных критериев и их значимости (веса).

### Библиографический список

1. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Компьютерная поддержка изобретательства (методы, системы, примеры применения). М.: Машиностроение, 1998. 476 с.
2. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. Киев: Наукова думка, 2002. 382 с.
3. Костогрызов А.И., Нистратов Г.А. Стандартизация, математическое моделирование, радио-нальное управление и сертификация в области системной и прикладной инженерии. М.: Изд-во ВПК и 3 ЦНИИ МО РФ,

2004. 396 с.
4. Бомас В.В., Судаков В.А., Афонин К.А. Поддержка принятия многокритериальных решений по предпочтениям пользователя. СППР DSB/UTES. Под ред. В.В. Бомаса. М.: Изд-во МАИ, 2006. 172 с.
  5. Лотов А.В., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений. Метод достижимых целей. М.: МАКС Пресс, 2008. 197 с.
  6. Сафронов В.В. Основы системного анализа: методы многовекторной оптимизации и много-векторного ранжирования. Саратов. Научная книга, 2009. 329 с.
  7. Last.fm - <https://www.last.fm/>
  8. Spotify - <https://www.spotify.com>
  9. Deezer - <https://www.deezer.com>