

УДК 004.89

# **Математическая модель гибридной рекомендательной системы для выбора товаров магазина электроники**

Черемушкин В.К., Бакаева О.А.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет

*Аннотация:* В статье предложена математическая модель гибридной рекомендательной системы для выбора товаров магазина электроники. Данная модель основывается на результатах рекомендаций аддитивной рекомендательной системы, системы TF-IDF, меры Жаккара и коэффициента корреляции Пирсона.

*Ключевые слова:* гибридные рекомендательные системы, коллаборативная фильтрация, контент-ориентированный подход, магазин электронной техники, аддитивная система, TF-IDF, косинусное сходство, мера Жаккара, корреляция Пирсона.

## **1. Исследование проблемы**

В наше время выбор товаров и услуг стал непростой задачей для потребителя из-за разнообразия предложений на рынке. Оценка покупателями всех характеристик и качеств товаров не всегда возможна, что затрудняет определение их соответствия потребностям и ожиданиям. В таких ситуациях приходят на помощь рекомендательные системы, помогая покупателям принимать обоснованные решения и экономить свое время.

Специализированные магазины электронной техники представляют собой оригинальные торговые площадки, обладающие обширным ассортиментом продукции. Это обилие выбора создает необходимость в разработке математической модели персональной рекомендательной системы для оптимизации процесса выбора товаров среди многочисленных предложений.

Разработанная математическая модель гибридной рекомендательной системы включает методы контентно-ориентированной рекомендательной системы и методы коллаборативной фильтрации. Суть контентно-ориентированной рекомендательной системы состоит в том, что если пользователь купил один из схожих товаров, то ему будут рекомендовать другие аналогичные товары. Методы коллаборативной фильтрации состоят в том, что если один из схожих по интересам пользователей купил какой-то товар, то другому пользователю будет рекомендоваться данный товар [1].

## **2. Математическая модель гибридной рекомендательной системы**

Структура гибридной рекомендательной системы заключается в использовании результатов работы аддитивной рекомендательной системы, системы TF-IDF, меры Жаккара и коэффициента корреляции Пирсона [2, 3]. Общая схема представлена на рис. 1.

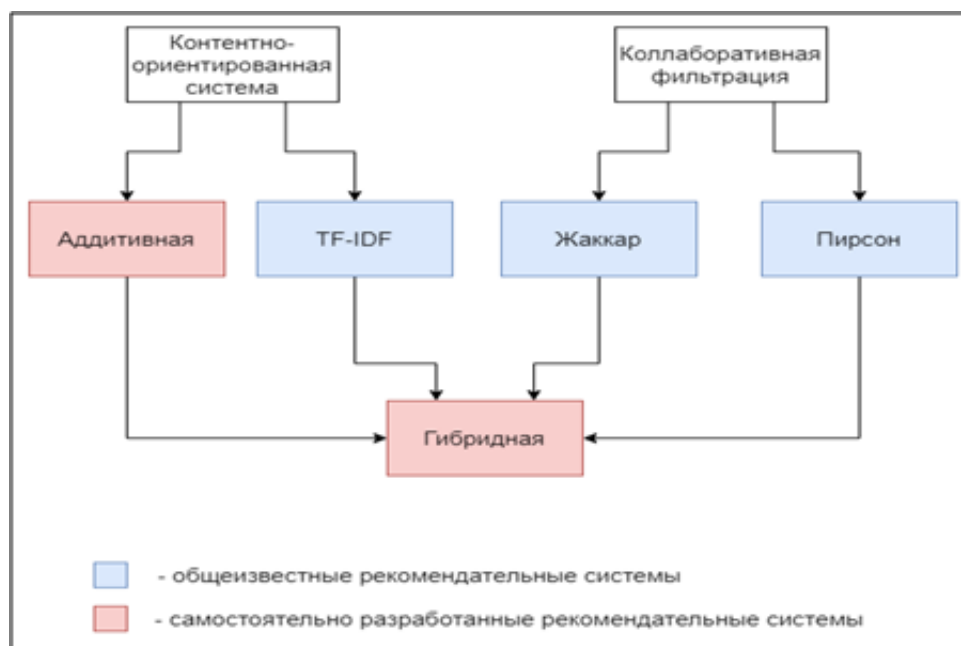


Рис. 1. Модель гибридной рекомендательной системы

Аддитивная (контентно-ориентированная) рекомендательная система представляет собой персональную накопительную систему подсчета баллов за проявленный к определенным категориям товара интерес (просмотр страницы и категории товара, новостей и т.д.). При покупке товара происходит уменьшение рейтинга этой категории. Таким образом формируется категория с максимальным рейтингом, товары из которой и будут предложены покупателю.

Алгоритм TF-IDF основан на описании товаров, которые будут преобразованы в векторы, после чего их можно сравнивать с помощью косинусного сходства.

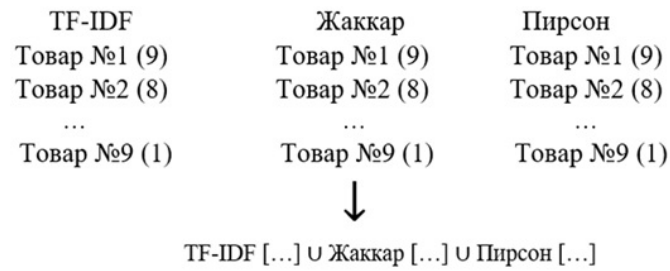
Сходство Жаккара – это мера, которая показывает, насколько схожи два набора данных. В данном контексте каждый пользователь представляет собой набор товаров, которые он просмотрел. Сравнение двух пользователей осуществляется путем сравнения их наборов товаров.

Корреляция Пирсона измеряет степень линейной зависимости между двумя переменными. В данном контексте переменные представляют собой оценки, выставленные пользователями товарам. Система вычисляет коэффициент корреляции между оценками текущего пользователя и других пользователей, чтобы определить степень их схожести. Затем на основе схожих пользователей система рекомендует товары, которые они высоко оценили, но текущий пользователь еще не видел.

В результате работы трех вышеописанных рекомендательных систем происходит формирование массивов рекомендуемых товаров (на данном этапе пока не используется аддитивная рекомендательная система).

Начальный рейтинг формируется методом ранжирования по убыванию для каждой рекомендательной системы. Самый приоритетный товар получает максимальный рейтинг. Далее формируется единый массив рекомендаций, состоящий из объединения товаров и их рейтингов (для примера возьмем количество товаров  $N = 9$  для вывода покупателю). Схема гибридной рекомендательной системы представлена на рис. 2.

Если при объединении в один массив товар встречается повторно, то его рей-



**Рис. 2.** Объединение товаров и их рейтингов

тинг увеличивается на +4. И так с каждым повторяющимся товаром. Товар-дубль удаляется, чтобы в гибридной рекомендательной системе каждый товар встречался только один раз.

Далее для каждого товара из единого массива рекомендаций корректируем рейтинг товара, добавляя к предыдущему значению индекс, соответствующий номеру категории в топ-категориях, полученных в результате работы аддитивной рекомендательной системы:

$$R_{cor} = R + I_m,$$

где  $R$  – рейтинг товара,  $I_m = i \in (1, \dots, m)$ ,  $m$  соответствует максимальному количеству категорий в топе.

Если выбраны 4 топ-категории, и данный товар относится к самой востребованной, то  $I_m = m = 4$ , и к значению рейтинга добавляется 4.

Дальше следует сортировка товаров по итоговому рейтингу по убыванию. Следует оставить лишь топ- $N$  товаров, которые будут составлять список товаров с высочайшим рейтингом.

Последний шаг для получения релевантных рекомендаций состоит в отбрасывании  $(10\% \cdot N)$ -элементов, а вместо них добавлении случайных товаров из топ-категорий, которых нет в итоговом рейтинге. Это делается для максимально широкой линейки предлагаемых товаров.

Таким образом модель гибридной рекомендательной системы, основанная на результатах работы нескольких рекомендательных систем, позволит нивелировать их недостатки (холодный старт, повторное предложение уже купленных товаров, отсутствие индивидуальных рекомендаций) и получить в результате персонализированные релевантные рекомендации товаров магазина электроники.

## Литература

1. Черемушкин В.К., Бакаева О.А. Разработка гибридной рекомендательной системы для формирования индивидуальных предложений клиентам магазинов по продаже электроники // Проблемы развития современного общества: сборник научных статей 9-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. Т. 3. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. С. 156–159.
2. Фальк К. Рекомендательные системы на практике. М.: ДМК Пресс, 2020. 448 с.

3. Ляликова В.Г., Безрядин М.М. Построение гибридной рекомендательной системы // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2021. № 4. С. 121–129. DOI: 10.17308/sait.2021.4/3802.

MSC 68T35

## Mathematical model of a hybrid recommendation system for an electronics store

V.K. Cheremushkin, O.A. Bakaeva

National Research Mordovia State University

*Abstract:* The article proposes a mathematical model of a hybrid recommendation system for choosing electronics store products. This model is based on the results of the recommendations of the additive recommendation system, the TF-IDF system, the Jacquard measure and the Pearson correlation coefficient.

*Keywords:* hybrid recommendation systems, collaborative filtering, content-oriented approach, electronics store, additive system, TF-IDF, cosine similarity, Jacquard measure, Pearson correlation.

### References

1. Cheremushkin V.K., Bakaeva O.A. Development of a hybrid recommendation system for generating individual offers to customers of stores selling electronics // Problems of development of modern society: collection of scientific articles of the 9th All-Russian National Scientific and Practical Conference, 2024. Vol. 3. P. 156–159 (in Russian).
2. Falk K. Recommender systems in practice. M.: DMK Press, 2020. 448 p.
3. Lyalikova V.G., Bezryadin M.M. Construction of a hybrid recommender system // Vestnik VSU. Series: System analysis and information technologies. 2021. No. 4. P. 121–129 (in Russian). DOI: 10.17308/sait.2021.4/3802.