

УДК 004.021

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/84/46>

## ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ГИБРИДНЫХ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

©**Куренных А. Е.**, ORCID: 0000-0001-5200-1775, SPIN-код: 3277-7985,  
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
г. Москва, Россия, alexey.kurennykh@gmail.com

©**Судаков В. А.**, SPIN-код: 1614-4760, ORCID: 0000-0002-1658-1941, д-р техн. наук,  
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,  
г. Москва, Россия, sudakov@ws-dss.com

## APPROACH TO HYBRID RECOMMENDER SYSTEMS DEVELOPMENT

©**Kurennykh A.**, ORCID: 0000-0001-5200-1775, SPIN-code: 3277-7985,  
Moscow Aviation Institute (National Research University),  
Moscow, Russia, alexey.kurennykh@gmail.com

©**Sudakov V.**, ORCID: 0000-0002-1658-1941, SPIN-code: 1614-4760, Sc.D. (technical sciences),  
Keldysh Institute of Applied Mathematics (RAS), Moscow, Russia, sudakov@ws-dss.com

*Аннотация.* В статье рассматривается актуальная научно-техническая задача разработки архитектуры гибридной рекомендательной системы, использующей знания о предметной области, элементы коллаборативного подхода, а также данные о контенте для более полного и точного анализа проблемной ситуации. Сформулированы и описаны группы критериев, которые реализуют каждый из указанных подходов. Основной новизной в подходе, предлагаемом авторами, является отказ от изначального ориентирования на определенную предметную область в пользу инвариантности. Такой подход обеспечивает более широкое применение разработки, снижает затраты на разработку, отладку и внедрение системы для конечного пользователя.

*Abstract.* The article deals with the actual scientific and technical task of developing the architecture of a hybrid recommender system that uses domain knowledge, elements of a collaborative approach, as well as content data for a more complete and accurate analysis of the problem situation. Groups of criteria that implement each of these approaches were formulated and described. The main novelty in the approach proposed by the authors is the rejection of the initial focus on a specific subject area in favor of invariance. This approach provides a wider application of the development, reduces the cost of developing, debugging and implementing the system for the user.

*Ключевые слова:* рекомендательные системы, гибридный подход к выработке рекомендаций.

*Keywords:* recommender systems, hybrid approach.

Наиболее сложным и качественным типом рекомендательных систем являются гибридные. Они основаны на комбинациях трех основных подходов к выработке рекомендаций: контента, коллаборативного, а также знаний о предметной области, что позволяет достигать более точных и полных результатов, а также нивелировать недостатки каждого типа рекомендательных систем. Основной недостаток таких систем – высокая сложность разработки. Гибридные рекомендательные системы могут быть развитием систем, основанных на знаниях [1], но самым распространенным и используемым примером является комбинация коллаборативных и основанных на контенте систем [2]. В гибридных системах

используются разнообразные подходы, например, нечеткие методы и искусственный интеллект [3, 4], широко применяются подходы кластерного анализа данных [5]. Основная проблема для рекомендательных систем – «проблема холодного старта», которую решают с помощью стохастических моделей [6] и альтернативных источников данных [7, 8].

*Материал и методы исследования*

Информационное пространство должно включать в себя набор независимых модулей, которые выполняют обработку соответствующих данных, которые, в конечном итоге, сохраняются в единую для них реляционную базу данных. Такой подход позволяет использовать модули по мере необходимости, включая или исключая их из процесса выработки рекомендаций. Общая схема рассматриваемой архитектуры изображена на Рисунке 1. В ней пользователь работает в одной системе, получая данные из других источников.

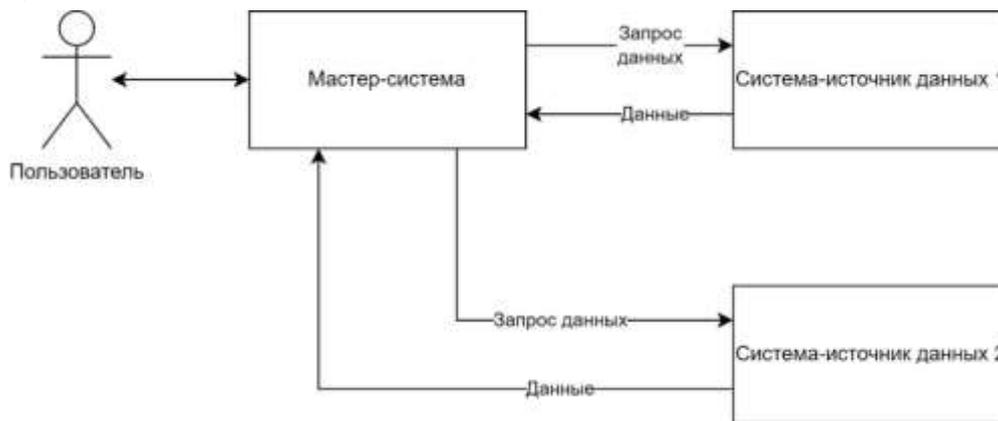


Рисунок 1. Общая схема архитектуры

Отдельное место имеет разработка требуемого для реализации гибридного подхода информационное обеспечение, которое представлено на Рисунке 2.

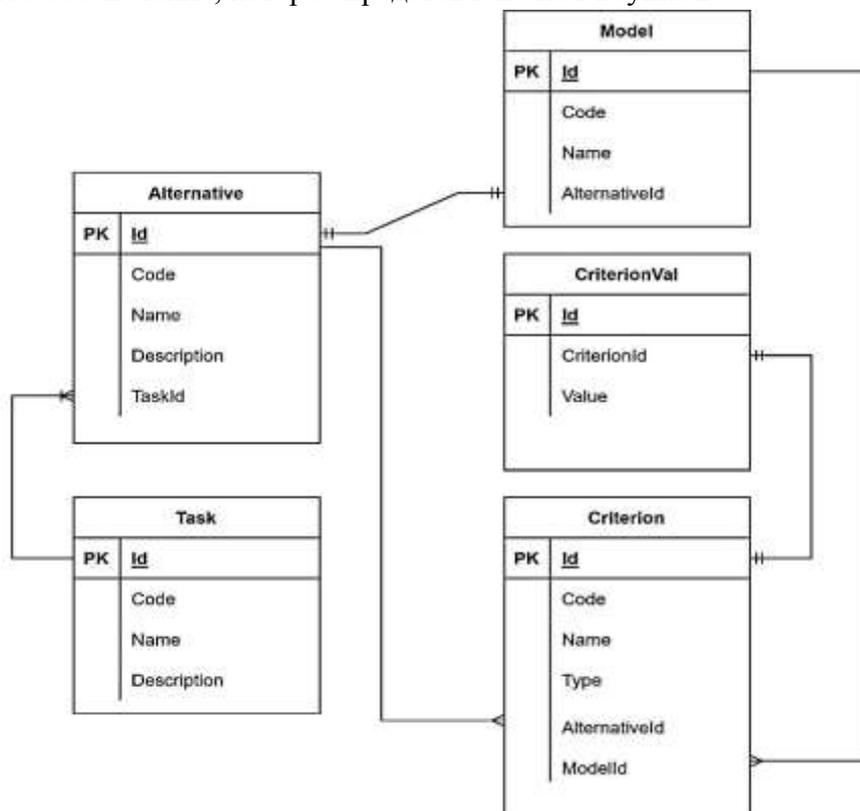


Рисунок 2. Общая схема базы данных

Рассматриваемый фрагмент общей схемы базы данных позволяет учитывать необходимую информацию о характеристиках объектов и их значениях.

### Реализация информационной системы

При реализации системы необходимо было разработать интерфейсы для настройки задач выработки рекомендаций, а также настроек значений, которые определяются одним из принятых для рекомендательных систем способом. Сами критерии в дальнейшем обрабатываются методами свертки для дальнейшего итогового ранжирования альтернатив. Примеры этих интерфейсов показаны на Рисунке 3 и 4.

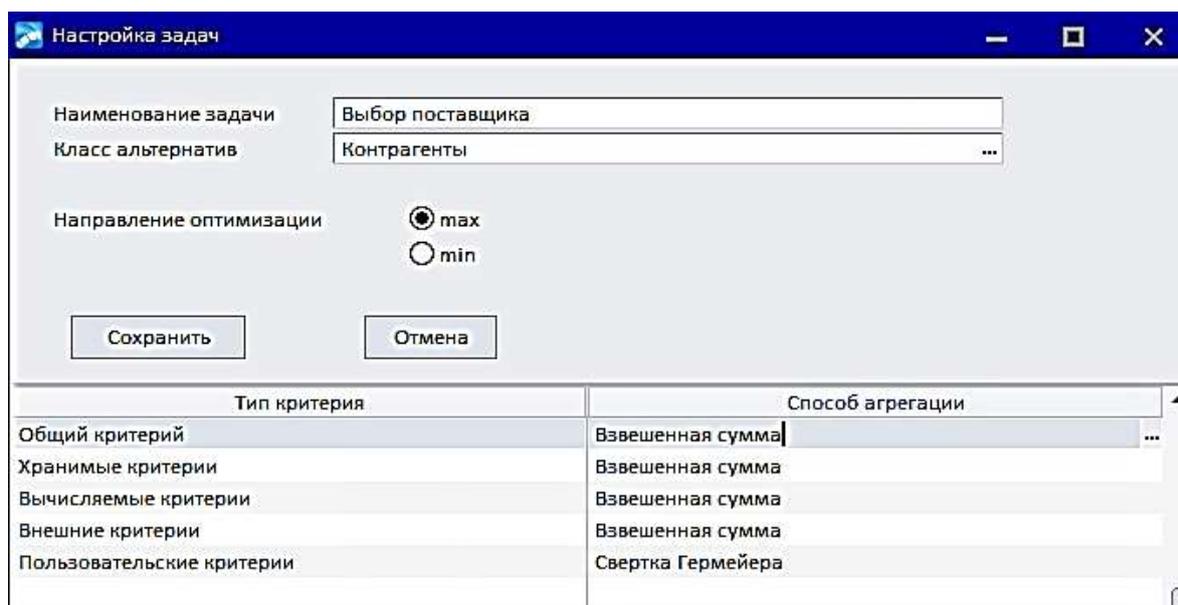


Рисунок 3. Настройка оценки критериев

В данном интерфейсе пользователь настраивает алгоритм получения итоговой оценки по каждому сравниваемому объекту. На следующем интерфейсе показан пример настройки способа вычисления одного из критериев.

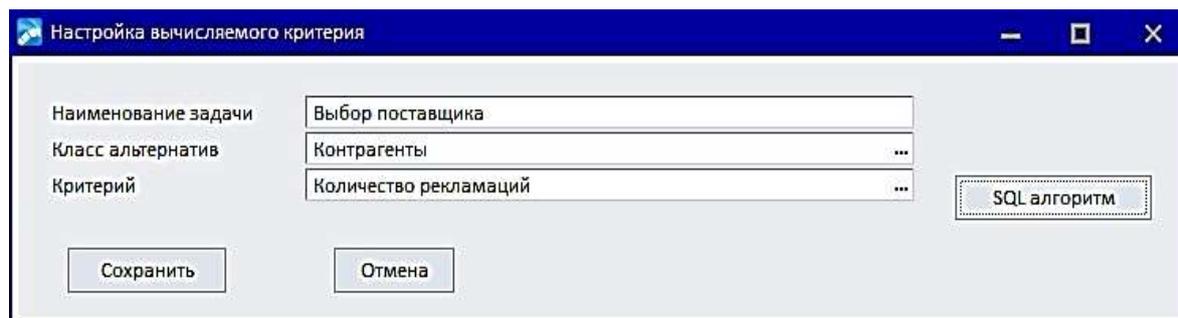


Рисунок 4. Настройка оценки критерия

Дальнейшую настройку выполняет уже администратор системы, реализуя алгоритм на SQL для определения выбранной величины. Это делается также в интерфейсе программы, как показано на Рисунке 5, без использования ее исходных кодов, что существенно упрощает поддержку системы и ее развитию. Для разработки программного обеспечения использован язык программирования высокого уровня Vpr и среда разработки Viper. Отдельные алгоритмы реализовывались с помощью T-SQL.

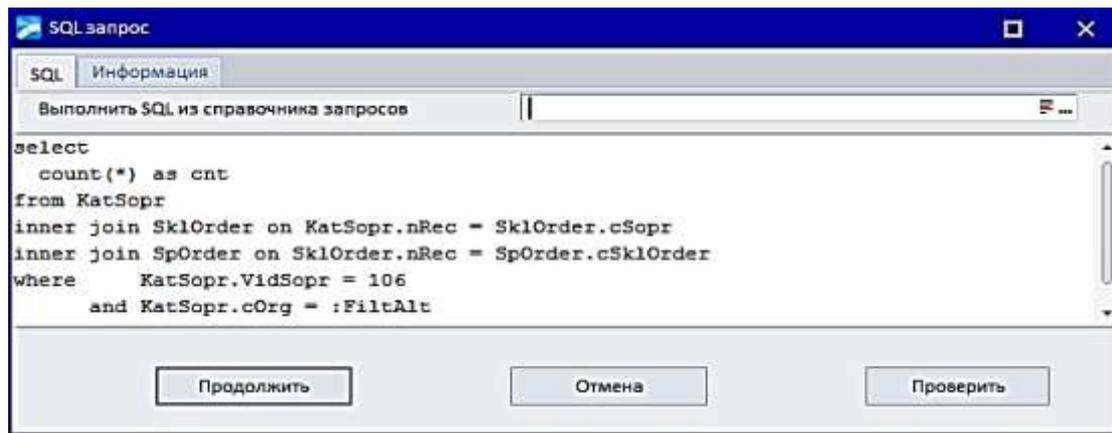


Рисунок 5. Вычисление критерия

### *Заключение (Выводы)*

В данном исследовании авторами были рассмотрены подходы к гибридной выработке рекомендаций с использованием различных источников данных, к которым относятся компьютерные модели, накопленная статистическая информация, а также внешние источники данных. Была разработана архитектура рекомендательной системы, которая позволяет проводить вычисления с использованием всех предложенных критериев, определено требуемое информационное обеспечение. На основе разработанного проекта был реализован прототип рекомендательной системы.

*Финансирование:* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 20-31-90043.

### *Список литературы:*

1. Tarus J. K., Niu Z., Yousif A. A hybrid knowledge-based recommender system for e-learning based on ontology and sequential pattern mining // *Future Generation Computer Systems*. 2017. V. 72. P. 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.02.049>
2. Walek B., Fojtik V. A hybrid recommender system for recommending relevant movies using an expert system // *Expert Systems with Applications*. 2020. V. 158. P. 113452. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113452>
3. Kermany N. R., Alizadeh S. H. A hybrid multi-criteria recommender system using ontology and neuro-fuzzy techniques // *Electronic Commerce Research and Applications*. 2017. V. 21. P. 50-64. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2016.12.005>
4. Paradarami T. K., Bastian N. D., Wightman J. L. A hybrid recommender system using artificial neural networks // *Expert Systems with Applications*. 2017. V. 83. P. 300-313. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.046>
5. Mohammadpour T., Bidgoli A. M., Enayatifar R., Javadi H. H. S. Efficient clustering in collaborative filtering recommender system: Hybrid method based on genetic algorithm and gravitational emulation local search algorithm // *Genomics*. 2019. V. 111. №6. P. 1902-1912. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2019.01.001>
6. Hernando A., Bobadilla J., Ortega F., Gutiérrez A. A probabilistic model for recommending to new cold-start non-registered users // *Information Sciences*. 2017. V. 376. P. 216-232. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.10.009>
7. Natarajan S., Vairavasundaram S., Natarajan S., Gandomi A. H. Resolving data sparsity and cold start problem in collaborative filtering recommender system using linked open data // *Expert Systems with Applications*. 2020. V. 149. P. 113248. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113248>

8. Herce-Zelaya J., Porcel C., Bernabé-Moreno J., Tejada-Lorente A., Herrera-Viedma E. New technique to alleviate the cold start problem in recommender systems using information from social media and random decision forests // *Information Sciences*. 2020. V. 536. P. 156-170. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.05.071>

*References:*

1. Tarus, J. K., Niu, Z., & Yousif, A. (2017). A hybrid knowledge-based recommender system for e-learning based on ontology and sequential pattern mining. *Future Generation Computer Systems*, 72, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.02.049>

2. Walek, B., & Fojtik, V. (2020). A hybrid recommender system for recommending relevant movies using an expert system. *Expert Systems with Applications*, 158, 113452. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113452>

3. Kermany, N. R., & Alizadeh, S. H. (2017). A hybrid multi-criteria recommender system using ontology and neuro-fuzzy techniques. *Electronic Commerce Research and Applications*, 21, 50-64. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2016.12.005>

4. Paradarami, T. K., Bastian, N. D., & Wightman, J. L. (2017). A hybrid recommender system using artificial neural networks. *Expert Systems with Applications*, 83, 300-313. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.046>

5. Mohammadpour, T., Bidgoli, A. M., Enayatifar, R., & Javadi, H. H. S. (2019). Efficient clustering in collaborative filtering recommender system: Hybrid method based on genetic algorithm and gravitational emulation local search algorithm. *Genomics*, 111(6), 1902-1912. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2019.01.001>

6. Hernando, A., Bobadilla, J., Ortega, F., & Gutiérrez, A. (2017). A probabilistic model for recommending to new cold-start non-registered users. *Information Sciences*, 376, 216-232. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.10.009>

7. Natarajan, S., Vairavasundaram, S., Natarajan, S., & Gandomi, A. H. (2020). Resolving data sparsity and cold start problem in collaborative filtering recommender system using linked open data. *Expert Systems with Applications*, 149, 113248. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113248>

8. Herce-Zelaya J., Porcel C., Bernabé-Moreno J., Tejada-Lorente A., & Herrera-Viedma, E. (2020). New technique to alleviate the cold start problem in recommender systems using information from social media and random decision forests. *Information Sciences*, 536, 156-170. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.05.071>

*Работа поступила  
в редакцию 28.09.2022 г.*

*Принята к публикации  
12.10.2022 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Куренных А. Е., Судаков В. А. Подход к разработке гибридных рекомендательных систем // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. №11. С. 378-382. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/84/46>

*Cite as (APA):*

Kurennykh, A., & Sudakov, V. (2022). Approach to Hybrid Recommender Systems Development. *Bulletin of Science and Practice*, 8(11), 378-382. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/84/46>