

УДК 004.8

А.В. Смирнов, Н.Г. Шилов

**ГРУППОВАЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЙ: ПОДХОД И ТЕХНОЛОГИИ**

Групповые рекомендательные системы предлагают некоторые решения (связанные с изделиями, технологиями, инструментами, материалами и бизнес-моделями) на основе требований групп пользователей, их предпочтений, и желании идти на компромисс и предлагать свои идеи. В статье предложен подход к разработке групповой рекомендательной системы для совместной разработки изделий, основанный на таких технологиях, как профилирование пользователей и групп пользователей, управление контекстом, анализ принятых решений (decision mining). Система позволяет накапливать знания о выполненных пользователями действиях и принятых ими решениях, а также использует механизмы самоорганизации для поиска компромисса между групповыми и индивидуальными предпочтениями. Предложенный подход позволяет формулировать рекомендации пользователям группы, предвосхищая их возможные последующие действия и решения.

Групповая рекомендательная система; профилирование групп пользователей; управление контекстом.

A.V. Smirnov, N.G. Shilov

**GROUP RECOMMENDATION SYSTEM FOR PRODUCT LIFE CYCLE
MANAGEMENT: APPROACH AND MAJOR TECHNOLOGIES**

Group recommendation systems recommend some solutions (related to products, technologies, tools, material and business models) based on user group requirements, preferences and willingness to compromise and to be pro-active. The paper proposes an approach to developing a group recommendation system for collaborative product development based on such technologies as user and group profiling, context management, decision mining. The system allows accumulation of knowledge about user actions and decisions and uses self-organization mechanisms to compromise between group and individual preferences. Proposed approach enables formulation of recommendations for users of the same group anticipating their possible further actions and decisions.

Collaborative recommendation system; group profiling; context management.

Растущие требования со стороны потребителей и разнообразие изделий вызывают рост сложности всех процессов управления жизненным циклом изделий (ЖЦИ). Это, в свою очередь, повышает степень сотрудничества (кооперирование между предприятиями, между проектированием и производством, между производством и обслуживанием и т.д.) между различными участниками, поддерживающими ЖЦИ.

Интенсивное сотрудничество требует значительной поддержки процессов принятия решений со стороны информационных технологий для учета предпочтений как личных предпочтений многочисленных пользователей, так и групповых предпочтений [1]. Групповые рекомендательные системы направлены на решение данной проблемы.

Групповые рекомендательные (рекомендующие) системы широко используются в Интернет для подбора изделий и услуг индивидуальным пользователям, учитывая их предпочтения и вкусы [2], в различных бизнес-приложениях (например, [3, 4]). Определение рекомендаций для групп пользователей усложняется необходимостью учитывать не только индивидуальные интересы, но и искать компромисс между интересами группы пользователей и их индивидуальными интересами. В [5] предложена архитектура групповой рекомендательной системы, осно-

ванная на трех компонентах: (а) поиск характерных элементов в профилях индивидуальных пользователей, (б) группировка (кластеризация) пользователей на основе их предпочтений (например, [6]) и (в) разработка окончательных рекомендаций на основе созданных групп пользователей. Разработка алгоритмов кластеризации, способных непрерывно улучшать структуру групп на основе постоянно поступающей информации, может сделать возможным самоорганизацию пользователей в группы [7].

В статье предложен подход к разработке групповой рекомендательной системы для управления ЖЦИ на основе таких технологий, как профилирование пользователей и групп пользователей, управление контекстом, анализ принятых решений (decision mining). Использование системы проиллюстрировано на примере компании – производителя промышленного оборудования, имеющей более 300 000 потребителей в 176 странах мира.

Архитектура групповой рекомендательной системы. Разработанная архитектура групповой рекомендательной системы представлена на рис. 1. Она основывается на адаптированном алгоритме кластеризации пользователей [8], изначально разработанном для анализа принятых решений (decision mining) [9–11]. Разработка такого алгоритма позволила создание самоорганизующихся групп пользователей. Предложенный алгоритм кластеризации основывается на информации из профилей пользователей [8]. Кроме того, для повышения точности алгоритма ему на вход подается информация в контексте текущей ситуации (включая задачу и изделия, с которыми в настоящий момент работает пользователь, срочность работы и другие параметры). Унификация терминологии между контекстом и профилями обеспечивается использованием общей онтологии.

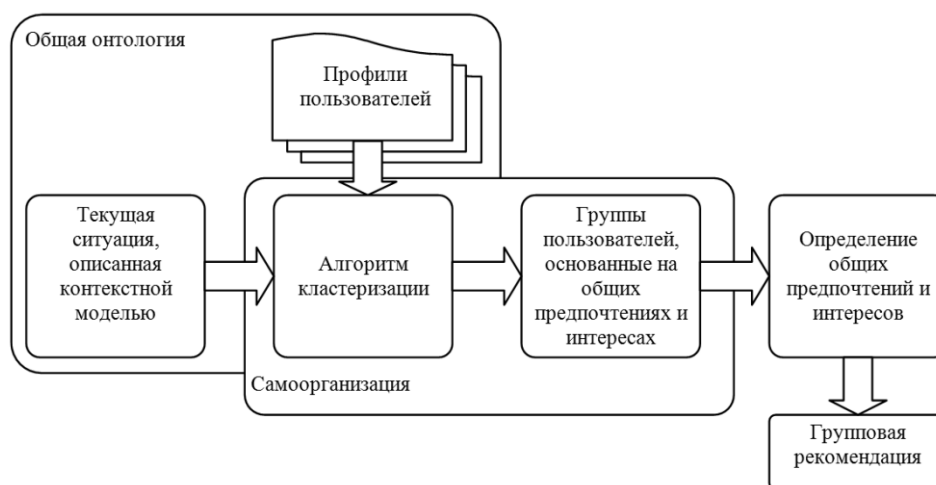


Рис. 1. Архитектура групповой рекомендательной системы

Профили пользователей являются динамическими, обновленная информация из которых постоянно поступает на вход алгоритма. В результате алгоритм может уточнять решение при поступлении обновленной информации и обновлять группы. Таким образом, можно утверждать, что группы самоорганизуются в соответствии с изменениями профилей пользователей и информации из контекста текущей ситуации.

Поскольку в компании, рассмотренной в качестве примера, основным различием между пользователями являются группы изделий, с которыми они работают, предполагается, что группы пользователей будут созданы вокруг групп изделий.

Однако в других ситуациях группы могут оказаться ориентированными на различные бизнес-процессы, ресурсы и т.п.

После определения групп на основе результатов работы алгоритма кластеризации выявляются общие групповые предпочтения и интересы. Затем данные предпочтения обобщаются и анализируются для разработки групповых рекомендаций.

Алгоритм кластеризации пользователей. В качестве средства формального описания знаний была выбрана модель объектно-ориентированных сетей ограничений [12]. Знания представляются множествами классов, атрибутов классов, доменов атрибутов и ограничений, описанными средствами формализма объектно-ориентированных сетей ограничений.

В соответствии с выбранным формализмом онтология описывается множеством *классов*, *атрибутов* (классы и атрибуты являются элементами онтологии), *доменов* (областей допустимых значений) атрибутов и *ограничений*. Ограничения могут быть следующих типов: структурные (описывающие принадлежность атрибутов классам [13, 14], принадлежность доменов атрибутам, ассоциативные связи между классами, и задающие совместимость классов); иерархические («быть экземпляром», определяющих таксономию классов, и «быть частью», определяющих иерархию классов); функциональные ограничения, описывающие функциональные отношения между классами и атрибутами.

Благодаря специфике задач в рассматриваемой компании (ориентация на группы изделий) реализованный алгоритм кластеризации пользователей основан на анализе производственных решений, созданных пользователями, и имеет следующие шаги:

1. Извлечение слов/фраз из производственных решений (обработка текста).
2. Расчет схожести между решением и элементами онтологии (т.е. сравнение текста, извлеченного из описания решения, и имен классов и атрибутов). Для этого используется алгоритм нечеткого сравнения строк, основанный на коэффициенте Жаккарда [15].
3. Построение взвешенного графа, состоящего из классов и атрибутов онтологии, а также из пользователей. Веса дуг рассчитываются на основе (а) метрик схожести (т.е. для различных решений пользователей они будут различными) и (б) таксономических отношений в онтологии.
4. Построение взвешенного графа, состоящего из пользователей (при удалении классов и атрибутов веса дуг пересчитываются).
5. Кластеризация графа пользователей на основе весов дуг, соединяющих пользователей.

Статья представляет подход к разработке групповой рекомендательной системы для управления ЖЦИ. Предложенный подход основан на применении таких технологий, как профилирование пользователей и групп пользователей, управление контекстом, анализ принятых решений (decision mining). Он позволяет добиться самоорганизации групп пользователей в соответствии с изменяющимися профилями пользователей и контекста текущей ситуации.

Благодарности. Представленные результаты были частично получены при выполнении проектов, финансируемых грантами РФФИ № 09-07-00436-а и № 11-07-00045-а, и проекта № 213 программы «Интеллектуальные информационные технологии, математическое моделирование, системный анализ и автоматизация» Президиума РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. McCarthy K., Salamo M., Coyole L., McGinty L., Smyth B., Nixon P. Group Recommender Systems: A Critiquing Based Approach, In IUI '06: Proceedings of the 11th international conference on Intelligent user interfaces, 2006. – P. 267-269.

2. *Garcia I., Sebastia, L., Onaindia, E., Guzman C.A* Group Recommender System for Tourist Activities, In EC-Web 2009: Proceedings of E-Commerce and Web Technologies // The 10th International Conference (2009), Springer, LNCS 5692, 2009. – P. 26-37.
3. *Moon S.K., Simpson T.W., Kumara S.R.T.* An agent-based recommender system for developing customized families of products // *Journal of Intelligent Manufacturing*, Springer. – 2009. – Vol. 20, № 6. – P. 649-659.
4. *Chen Y.-J., Chen Y.-M., Wu M.-S.* An expert recommendation system for product empirical knowledge consultation, In ICCSIT2010 // The 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, IEEE. – 2010. – P. 23-27.
5. *Baatarjav E.-A., Phithakitinukoon S., Dantu, R.* Group Recommendation System for Facebook, In OTM 2008: Proceedings of On the Move to Meaningful Internet Systems Workshop (2008), Springer, LNCS 5333, 2009. – P. 211-219.
6. *Romesburg H.C.* Cluster Analysis for Researchers, Lulu Press, California, 2004.
7. *Flake Y.W., Lawrence, S., Giles, C.L., Coetzee, F.* Self-Organization and identification of Web Communities // *IEEE Computer*. – 2002. – Vol. 35, №. 3. – P. 66-71.
8. *Smirnov A., Levashova T., Kashevnik A., Shilov N.* Profile-based self-organization for PLM: approach and technological framework In PLM 2009: Proceedings of the 6th International Conference on Product Lifecycle Management, 2009, Electronic proceedings.
9. *Smirnov A., Pashkin M., Chilov N.* Personalized Customer Service Management for Networked Enterprises, In ICE 2005: Proceedings of the 11th International Conference on Concurrent Enterprising, 2005. – P. 295-302.
10. *Smirnov A., Pashkin M., Levashova T., Kashevnik A., Shilov N.* Context-Driven Decision Mining, Encyclopedia of Data Warehousing and Mining. Hershey (Ed. by J. Wang), New York, Information Science Preference, Second Edition. – 2008. – Vol. 1. – P. 320-327.
11. *Rozinat A., van der Aalst W.M.P.* Decision Mining in Business Processes, BPM Center Report no. BPM-06-10, 2006.
12. *Левашова Т.В. Пашкин М.П., Шилов Н.Г.* Онтолого-ориентированный многоагентный подход к построению систем интеграции знаний из распределённых источников // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2002. – № 1. – С. 62-82.
13. *Нефедов В.Н., Осипова В.А.* Курс Дискретной математики. – М.: МАИ, 1992. – 262 с.
14. *Кук Д., Бейз Г.* Компьютерная математика. – М.: Наука, 1990. – 383 с.
15. *Tan P.-N., Steinbach M., Kumar V.* Introduction to Data Mining, Addison Wesley, 2005. – 769 p.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.В. Боженюк.

Смирнов Александр Викторович

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН.

E-mail: smir@iias.spb.su.

199178, г. Санкт-Петербург, 14 линия, д. 39.

Тел.: +79219518537.

Шилов Николай Германович

Тел.: 88123288071.

Smirnov Aleksandr Viktorovich

The St.-Petersburg Institute of Information Science and Automation RAN.

E-mail: smir@iias.spb.su.

39, Linia 14, St.-Petersburg, 199178, Russia.

Phone: +79219518537.

Shilov Nikolay Germanovich

Phone: +78123288071.