

Методика оптимального управления связями участников бизнес-мероприятий

Е.С. Абрамов¹, И.Д. Сидоров¹, И.И. Мельниченко², М.С. Карпов³

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

²ООО СИЭМЭС ДИДЖИТАЛ, Москва

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Аннотация: В статье авторы предлагают методику управления связями в сообществе на основе разработанного эвристического алгоритма оптимальной рассадки участников многоаундового нетворкинг-мероприятия для максимизации вероятности новых партнерств в рамках офлайн-мероприятий. В основе алгоритма рассадки лежит решение NP-полной задачи о максимальной клике. Оптимизация полученного решения реализуется на основе алгоритма кроссинговера перестановок.

Ключевые слова: теория графов, задача о максимальной клике, управление связями.

Введение

Управление доверием в бизнес-сообществе на сегодняшний день является одной из самых актуальных проблем, мешающих развитию бизнеса.

Эта проблема имеет своё материальное выражение:

- издержки сбора и обработки информации,
- издержки в процессе проведения переговоров,
- издержки принятия решений.

Иными словами, «заключать сделки с незнакомцами долго, дорого и рискованно» [1].

Проблема была сформулирована в 1937 будущим нобелевским лауреатом Рональдом Коузом и названа транзакционными издержками, которые снижаются через объединение людей в различные объединения и через увеличение взаимного доверия. Люди объединяются в локальные деловые сообщества, но мир глобален и старые офлайн-форматы не способны эффективно формировать пространство доверия без территориальных ограничений.

Следствием такого положения вещей является существенное снижение темпов развития экономики:

- чужаку сообщают на 43% меньше информации, чем знакомому человеку [2];
- ВВП России на 69% был бы больше, если бы доверие было, как в странах Скандинавии [3];
- в развитых экономиках транзакционные издержки составляют до 50% стоимости производимых товаров и услуг [4], за открытие и прояснение термина “транзакционные издержки” Рональд Коуз был удостоен Нобелевской премии в 1991 г.
- в 2020 году сообщества и объединения вынуждены были адаптироваться ко взаимодействию и развитию в онлайн-среде, так как помимо территориальных ограничений появились эпидемиологические, политические и пр.

Во всём мире проблему снижения транзакционных издержек и формирования связей доверия решают путём создания бизнес-сообществ по типу закрытых клубов, с модерацией членства на всём протяжении жизненного цикла участника клуба. То есть, проблема обеспечения доверия как бы перекладывается на бизнес-клуб.

Бурный рост применения и продолжающаяся интеграция цифровых технологий во все отрасли экономики заставили обратиться к «цифре» за поиском решений по снижению транзакционных издержек. Цифровые экосистемы бизнес-сообществ позволяют легче управлять связями в них. Дальнейшая цифровая трансформация позволяет не просто использовать цифровые сервисы как платформу для онлайн-общения, но и как инструмент для формирования цифрового профиля и планирования траектории цифрового развития. Кроме того, использование цифровых каналов распространения информации позволяет существенно увеличить охват аудитории бизнес-клубов.

Традиционные офлайн-мероприятия бизнес-сообществ, такие как нетворкинг-встречи, привлекают большое число участников, что порождает проблему низкой эффективности ручного управления траекторией участника такого мероприятия. Например, нетворкинг-встреча, целью которой будет обеспечить начальное знакомство всех со всеми путём последовательных раундов формирования дискуссионных групп (пересадок), в случае нескольких десятков участников будет иметь высокую комбинаторную сложность, близкую к полному перебору всех комбинаций взаимных рассадок участников. Вручную решить такую задачу невозможно.

Возникает необходимость в создании таких цифровых инструментов управления связями участников бизнес-мероприятий, которые позволят уменьшить количество пересечений одних и тех же участников нетворкинга, максимально разнообразив их общение.

Проблема оптимального построения рассадки на мероприятии

Идея оптимизации состоит в том, чтобы планировать параметры мероприятия для обеспечения охвата участников при одновременном достижении максимально возможного приближения к целевым предварительно заданным ограничениям мероприятия.

Рассматриваются следующие параметры (в скобках примеры на основе нетворкинг-бала Клуба Первых):

- число участников,
- число групп (столов) и число участников в группе (за столом),
- число раундов (пересадок),
- целевые ограничения.

Рекомендуемые параметры мероприятия рассчитываются, исходя из полного или максимально возможного соответствия заданным ограничениям.

Под мероприятием сейчас понимается нетворкинг-встреча с круговой пересадкой участников (типа «ромашка» или fast-dating). Формат мероприятия (на примере нетворкинг-бала Клуба Первых [5]) следующий:

– В первом раунде 100 участникам предлагается рассадка за 10 столов группами по 10 человек. Рассадка учитывает целевые ограничения (см. далее).

– В следующем раунде участники оказываются в новой группе из тех, с кем они ещё не встречались ранее и, аналогично, с учётом целевых ограничений, и так далее.

– Такие пересадки происходят заданное количество раундов.

Таблица № 1

Параметры нетворкинг-мероприятия

№ п/п	Параметр	Комментарий	Значение
1	Число участников	Общее число участников нетворкинга (членов клуба и приглашённых со стороны)	100
2	Число групп	Число групп, на которое разбиты участники	10
3	Число столов	Число столов, за которые рассаживаются участники	10
4	Число пересадок	Число раундов замен участников (пересадок)	4

Посетителями мероприятия могут быть как члены Клуба Первых, так и гости со стороны. Члены клуба, в свою очередь, уже состоят в различных внутриклубных объединениях (тематических форумах) – это важно в контексте целевых ограничений, т.е. эти люди уже достаточно плотно взаимодействуют между собой, и нам необходимо минимизировать их пересечения в рамках нетворкинга, отдавая предпочтение максимуму пересечения за одним столом с новыми участниками.

Цифровой профиль члена бизнес-сообщества клуба Клуба Первых, в том числе, включает в себя информацию о членстве в тематическом форуме,

отрасль (индустрию) бизнеса и данные об истории посещённых мероприятий (как часть цифровой траектории).

Целевые ограничения (запреты) нетворкинг-мероприятия:

1. Отсутствие пересечений за одним столом между участниками по тематическим форумам, в которых они уже состоят.
2. Отсутствие пересечений участников в предыдущих раундах мероприятия (за предыдущими столами).
4. Максимизация пересечений в одном раунде участников с совпадением тегов бизнес-запрос/бизнес-ресурс.
5. Максимизация пересечений в одном раунде участников с совпадением индустрий бизнеса.

Набор целевых ограничений может включать произвольное число ограничений. Набор стартовых запретов (для начальной рассадки) минимально включает ограничение №1.

Методика оптимального построения рассадки на мероприятии

В основе разработанной методики лежит применение алгоритма решения задачи о клике в простом неориентированном графе. Задача о максимальной клике – классическая задача теории графов, одна из самых известных NP-полных задач [6].

Клик (или полным подграфом) графа G называется такое подмножество его вершин, в котором любые две вершины соединены ребром. Клика, которая не содержится в клике большего размера, называется максимальной по включению. Задача о максимальной клике (ЗМК) состоит в том, чтобы для заданного графа G найти клику максимального размера [7].

Данная задача имеет большое число приложений. В частности, эта задача возникает в теории кодирования [8], биоинформатике [9], анализе социальных сетей, анализе сетей фондовых рынков [6].

Для решения ЗМК в литературе предложено большое число как точных алгоритмов, так и приближенных (эвристик) [10]. Подробный обзор точных и приближенных алгоритмов для ЗМК может быть найден в работе [11].

С учётом определённой выше прикладной проблемы задача методики может быть сформулирована следующим образом. Рассмотрим неориентированный граф G . На первом этапе требуется найти все подмножества вершин S максимального размера, что любые две из них соединены ребром в графе G . Т.е. найти все существующие клики в графе G , который является графом запретов. Ребром является любая связь, формируемая из набора целевых ограничений. На втором этапе необходимо построить новое размещение участников, т.е. новую клику, минимально пересекающуюся с уже найденными (в идеальном случае – не пересекающуюся вовсе).

Общий алгоритм построения рассадки

В основе разработанной методики лежит применение алгоритма эвристического поиска на графе с последующим улучшением найденных решений с помощью генетического алгоритма.

Входные данные:

1. Число участников N . Здесь и далее участники обозначаются целыми числами от 0 до $N-1$ включительно.
2. Число раундов R .
3. Конфигурация столов t_1, t_2, t_M , где t_i – это количество участников за i -тым столом. Сумма по всем t_i равна N .
4. Изначальные запреты для участников (клубы, индустрии и т.п.).

Выходные данные:

R перестановок целых чисел от 0 до $N-1$. Первая перестановка показывает рассадку участников в первом раунде, где первые t_1 чисел – это

участники, сидящие за первым столом, последующие t_2 чисел – участники за вторым столом и так далее.

Алгоритм методики (1) в общем виде:

1. Сформировать начальный граф запрета G . Если в графе между участниками a_i и a_j есть ребро – значит, они уже встречались ранее (изначально или на предыдущих раундах) и за их встречу за одним столом на план решения будет наложен штраф.

2. Построить несколько начальных размещение участников с помощью соответствующего алгоритма.

3. Попытаться улучшить начальные размещения с помощью генетического алгоритма, используя функцию оценки, алгоритмы кроссинговера и мутации.

4. Наилучший план решения, найденный генетическим алгоритмом, становится рассадкой участников на очередном раунде.

5. В граф запретов добавляется информация о найденной рассадке. Фактически, для каждого стола в раунде в граф G добавляется новая клика с участниками, которые за ним оказались.

6. Шаги 2-5 повторяются, пока не будут сгенерированы рассадки для R раундов.

Алгоритм построения начального размещения участников

Алгоритм является жадным (выбирает локально оптимальные решения) и недетерминированным (может выдавать разные решения на одинаковых входных данных). Входные данные:

1. Число участников N . Здесь и далее участники обозначаются целыми числами от 0 до $N-1$ включительно.

2. Конфигурация столов t_1, t_2, t_M , где t_i – это количество участников за i -тым столом. Сумма по всем t_i равна N .

3. Неориентированный граф запрета G . Если в графе между участниками a_i и a_j есть ребро – значит, они уже встречались ранее (изначально или на предыдущих раундах) и за их встречу за одним столом на план решения будет наложен штраф.

Выходные данные – план решения для заполнения начальной популяции генетического алгоритма. План решения представляет собой перестановку чисел от 0 до $N-1$, где первые t_1 чисел – участники, сидящие за первым столом, следующие t_2 чисел – участники за вторым столом и так далее.

Алгоритм (2) в общем виде:

1. В графе G найдём вершину x , степень инцидентности которой максимальна. Если таких вершин несколько – выберем одну из них случайным образом.

2. Для каждого стола определим, сколько участников из данного стола смежные с x .

3. Выберем стол, для которого число смежных участников минимально, и разместим за него участника x . Если таких столов несколько – выберем один из них случайным образом.

4. Удалим вершину x из графа G .

5. Повторим шаги 1-4 до тех пор, пока все столы не будут заполнены.

6. Сформируем результат (план решения). Для этого в массив R запишем последовательно номера участников с первого, второго, ..., N -го столов.

Функция оценки текущего плана

Начальный *штраф* = 0.

Для каждого стола необходимо рассмотреть все пары участников.

Если пара вершин, соответствующих в графе G этой паре участников, смежная, то увеличим значение *Штраф* на 1000.

Если пара вершин содержит участников, принадлежащих одной Индустрии - уменьшаем *штраф* на 1.

Если генетический алгоритм минимизирует целевую функцию, возвращаем *Штраф*.

Если генетический алгоритм максимизирует целевую функцию, возвращаем $(-1 * \text{Штраф})$.

Алгоритм кроссинговера

Алгоритм (3) в общем виде:

1. Для каждого участника определить за каким столом его место в плане 1 и в плане 2 из выходных данных алгоритма (2).
2. Случайным образом выбрать участника. Определить, остались ли ещё свободные места за столами, где он должен сидеть в плане 1 и плане 2.
3. Если свободные места за обеими столами – посадить его за случайным образом выбранный стол из плана 1 или плана 2.
4. Если свободные места только за одним столом – посадить за него
5. Если свободных мест за столами из плана 1 и плана 2 нет – посадить его за один из столов, где ещё есть места.
6. Повторять шаги 2-5 пока участники не закончатся.
7. Сформируем результат (план решения). Для этого в массив R запишем последовательно номера участников с первого, второго, ..., N -го столов.

Мутация заключается в обмене местами двух участников, сидящих за разными столами. Вероятность мутаций в популяции выбирается не очень высокой - 0.05 - 0.1

Результат применения методики

Алгоритм управления рассадкой позволяет уменьшить количество пересечений одних и тех же участников нетворкинг-мероприятия, максимально разнообразив их общение и увеличивая вероятность установления новых связей.

На каждой пересадке в матрицу запретов добавляются появившиеся связи. Полученный граф иллюстрирует связи-запреты после 4 пересадок для 60 участников.

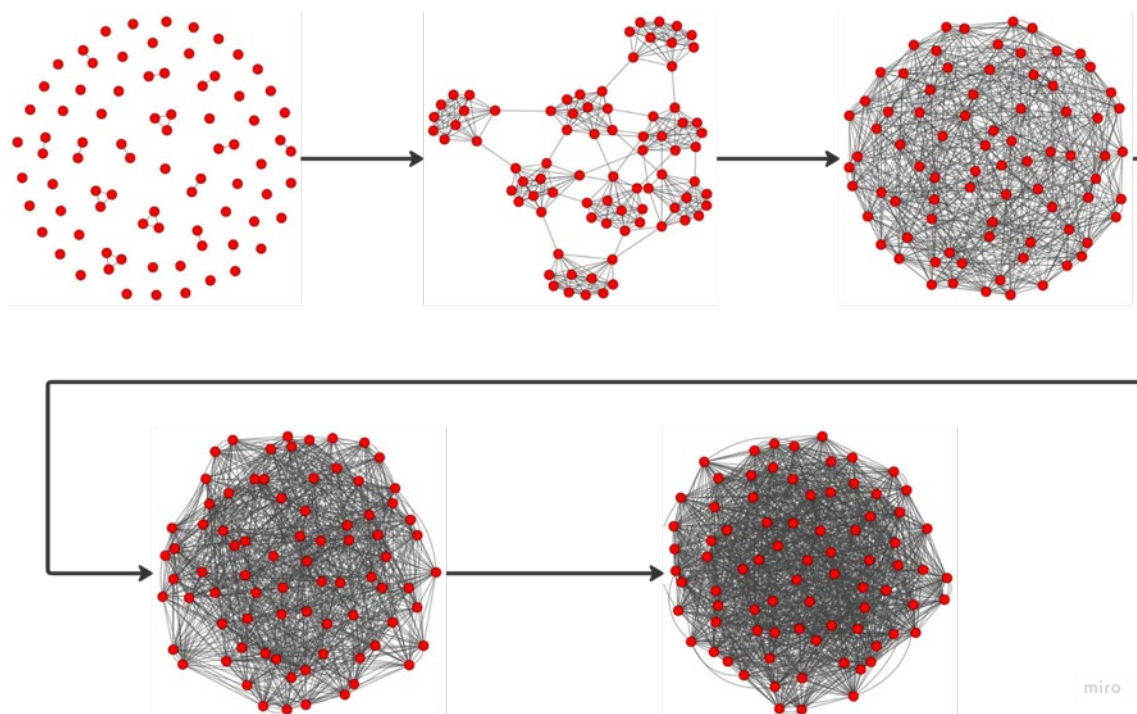


Рис. 1. – Граф связей-запретов G после 4 пересадок для 60 участников

В результате каждой пересадки формируется максимально возможное число встреч участников мероприятия без повторений с учетом матрицы запретов.

Заключение

Методика и алгоритмы, описанные в настоящей статье, были реализованы в ходе исследовательской деятельности, которая проводилась в обществе с ограниченной ответственностью "СИЭМЭС Диджитал" (ИНН:

9728122459), которое является Участником проекта по осуществлению исследований, разработок и коммерциализации их результатов в соответствии с Федеральным законом от 28 сентября 2010 г. № 244-ФЗ «Об инновационном центре «Сколково» под основным регистрационным номером: 1126067.

Разработанная программная система позволяет успешно решать прикладную задачу максимизации вероятности новых партнерств в рамках офлайн-мероприятий. Задача сводится к решению NP-полной задачи о максимальной клике в неориентированном графе. Результатом решения является обеспечение взаимодействия максимально возможного числа разных участников мероприятия между собой без повторений с учетом матрицы запретов.

Использование разработанной методики даёт возможность различных вариантов управления мероприятиями рассмотренного формата [12,13], в частности:

1. Приближение к ограничениям – указанный в статье базовый вариант применения.
 2. Планирование рекомендуемых параметров мероприятия. Если заданы запреты и число участников, система планирования и управления на основе методики должна выдать максимально возможное число столов и пересадок (т.е. остальных параметров мероприятия). Если заданы только начальные запреты, система может выдать рекомендуемые параметры мероприятия, при которых ограничения полностью выполняются, т.е. рекомендовать максимально возможное число участников, число столов и раундов пересадок.
 3. Планирование целевых ограничений под параметры. Если задано число участников, число столов и число пересадок, система планирования и управления с помощью разработанной методики должна выдать возможные
-

комбинации и глубину ограничений, при которых на заданных параметрах они максимально выполняются. Условный пример, если задано 100 участников, 10 столов, 3 пересадки, то рассадка без пересечений возможна при установке ограничений на отсутствие пересечений по форумам (но при наличии не более 5 разных форумов и не более 30 форумных участников).

Литература

1. Wallis J.J., North D. C. Measuring the transaction sector in the American Economy. in: Long-Term Factors in American Economic Growth. University of Chicago Press, 1986, Volume ISBN: 0-226-20928-8. pp. 95-162, URL: nber.org/system/files/chapters/c9679/c9679.pdf.
2. Tinsley, Catherine & O'Connor, Kathleen & Sullivan, Brandon. (2002). Tough guys finish last: The perils of a distributive reputation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 88. 621-642. 10.1016/S0749-5978(02)00005-5.
3. Россия потеряла почти 70% ВВП из-за недоверчивости россиян. // Финмаркет. 15.07.2013. URL: finmarket.ru/main/article/3406174
4. Коуз Р. Фирма, рынок и право / Пер. с англ. М.: Новое издательство, 2007. - 224 с. ISBN 978-5-98379-087-2.
5. 50 полезных знакомств за один вечер: в ClubFirst прошел первый Networking-бал // Коммерсантъ. 22.09.2023. URL: kommersant.ru/doc/6235927?erid=4CQwVszH9pUmKHgQ4hq
6. Karp R. M. Reducibility Among Combinatorial Problems, *Complexity of Computer Computations*, 1972, pp. 85-103.
7. Николаев А. И. Эффективный подход на основе машинного обучения для решения задачи о максимальной клике // Информационные технологии, Т. 22, № 4, 2016, С. 249-254.

8. Pardalos P., Rebennack S. Computational challenges with cliques, quasi-cliques and clique partitions in graphs, *Lecture Notes in Computer Science*, 2010, 6049, pp. 13—22.
9. Butenko S., Wilhelm W. E. Clique-detection models in computational biochemistry and genomics, *European Journal of Operational Research*, 2006, 173, pp. 1-17.
10. Nikolaev A., Batsyn M., San Segundo P. Reusing the same coloring in the child nodes of the search tree for the maximum clique problem, *Lecture Notes in Computer Science*, 2015, № 8994, pp. 275—280.
11. Wu Q., Hao J. K. A review on algorithms for maximum clique problems, *European Journal of Operational Researches*, 2015, № 242, p. 693-709.
12. Гинис Л.А. Развитие инструментария когнитивного моделирования для исследования сложных систем // *Инженерный вестник Дона*. 2013. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1806.
13. Боженюк А.В., Герасименко Е.М. Разработка алгоритма нахождения максимального потока минимальной стоимости в нечеткой динамической транспортной сети. // *Инженерный вестник Дона*. 2013. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1583.

References

1. Wallis J.J., North D. C. Measuring the transaction sector in the American Economy. in: *Long-Term Factors in American Economic Growth*. University of Chicago Press, 1986, Volume ISBN: 0-226-20928-8. pp. 95-162, URL: nber.org/system/files/chapters/c9679/c9679.pdf.
 2. Tinsley, Catherine & O'Connor, Kathleen & Sullivan, Brandon. (2002). Tough guys finish last: The perils of a distributive reputation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 88. pp. 621-642. 10.1016/S0749-5978(02)00005-5.
-

3. Rossiya poteryala pochti 70% VVP iz za nedoverchivosti rossiyan [Russia lost almost 70% of its GDP due to the distrust of Russians]. Finmarket. 15.07.2013. URL: finmarket.ru/main/article/3406174
4. Coase R. Firma, rynek i parvo [The Firme, the Market and the Law]. Per. s angl. M.: Novoe izdatelstvo, 2007. 224 p. ISBN 978-5-98379-087-2.
5. 50 poleznykh znakomstv za odin vecher: V ClubFirst proshel pervyj Networking bal [50 useful contacts in one evening: the first Networking Ball was held at ClubFirst] Kommersant, 22.09.2023. URL: kommersant.ru/doc/6235927?erid=4CQwVszH9pUmKHgQ4hq
6. Karp R. M. Reducibility Among Combinatorial Problems, Complexity of Computer Computations, 1972, pp. 85-103.
7. Nikolaev A. I. Informacionnye texnologii, V.22, № 4, 2016, pp. 249-254.
8. Pardalos P., Rebennack S. Computational challenges with cliques, quasi-cliques and clique partitions in graphs, Lecture Notes in Computer Science, 2010, 6049, pp. 13-22.
9. Butenko S., Wilhelm W. E. Clique-detection models in computational biochemistry andgenomics, European Journal of Operational Research, 2006, 173, pp. 1-17.
10. Nikolaev A., Batsyn M., San Segundo P. Reusing the same coloring in the child nodes of the search tree for the maximum cliqueproblem, Lecture Notes in Computer Science, 2015, № 8994, pp. 275-280.
11. Wu Q., Hao J. K. A review on algorithms for maximum clique problems, European Journal of Operational Researches, 2015, № 242, pp. 693-709.
12. Ginis L.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1806.
13. Bozhenyuk A.V., Gerasimenko E.M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1583.

Дата поступления: 18.11.2024

Дата публикации: 2.01.2025
