

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ В СПОРТИВНОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ

Д.Н. Федянин

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: dfedyanin@ipu.ru

Ключевые слова: задачи управления, стратегическое поведение, мультиагентные системы, соревнования, принятие решений.

Аннотация: В докладе предлагается модель стратегического принятия решения командами, участвующими в соревнованиях по олимпиадному программированию. Особенностью модели является учет возможности команд изменять свои стратегии при наблюдении за успешностью решения задач другими командами, так как часто такая информация доступна на таких соревнованиях в режиме реального времени. Исследование задачи показало, что существуют ситуации, когда такое наблюдение может существенно повысить шансы команды на выигрыш за счет использования идей эволюционного программирования, в частности, успешное и быстрое решение почти всеми командами задачи, которая стоит у рассматриваемой команды последней в очереди на решение, с большой вероятностью повысит вероятность выигрыша, если переключиться на решение именно ее, так как если будут решены не все задачи, то эта простая задача окажется не решенной, что снизит вероятность победы. Модель может быть расширена до довольно детализированной, но в базовой версии весьма проста в использовании и верификации для конкретных соревнований и команд при наличии истории выступления этих команд в подобных соревнованиях. Также модель интересна и с точки зрения исследования фундаментальных основ стратегического принятия решений в конкурентной мультиагентной системе.

1. Введение

В олимпиадном программировании участвующим командам предлагается список задач. Команды начинают решать задачи и отправлять решения, получая после проверки в реальном времени оценку решения (часто это один из вариантов: ошибочное, выполняется слишком долго, или верное) и если решение верное, то таблица успешных решений, доступная для наблюдения всем участникам, обновляется. Наблюдение обновленной таблицы может дать командам новую информацию и, например, привести к изменению последовательности решения задач. Победа присуждается той команде, которая за заданное время сможет решить наибольшее количество задач.

В таком социальном взаимодействии возникают задачи взаимной репутации [1], репутации, взаимной информированности [2], и принятия решений на основе наблюдений [4]. Причем некоторые исследователи фокусируются именно на моделировании именно этой ситуации [3]. Поиск оптимального решения задачи затрагивает методы теории оптимизации, в том числе распределенной [7]. Так как задача зачастую очень сложна, то одними из распространенных методов являются генетические алгоритмы [5, 6], тем более, что так как такие соревнования являются регулярными, то естественным кажется применения теории эволюционных игр.

В настоящей работе предлагается новая модель стратегического взаимодействия, и эвристика стратегического принятия участниками.

2. Модель социального взаимодействия

Пусть задано множество задач $M=\{1, \dots, m\}$, множество классов задач $K=\{1, \dots, k\}$ и множество команд $N=\{1, \dots, n\}$. Задачи разделены на классы на основании того, насколько легко решить задачу используя характерный для этого класса метод.

Например, можно ли решить задачу полным перебором, или методами динамического программирования. Для описания соответствия задач и классов зададим также матрицу $K_s=\{k_{ij}\}$, такую, что k_{ij} описывает насколько трудно решить i -ую задачу применяя методы j -го класса. Введем также S - матрицу компетенций команд в решении задач каждого из классов. Будем считать, что, используя матрицу компетенций команд и порядок попыток решения задач каждым из методов, можно вычислить вероятность успешности каждой из попыток. При этом, для упрощения выражений, будем считать время дискретным, т.е. все игроки одновременно на каждом также направляют свой вариант некоторой задачи. Количество попыток будем считать неограниченным. Время подготовки варианта решения для упрощения выкладок не моделируем отдельно, считая, что это уже заложено в вероятности успешности попытки (если вероятность низкая, то для подготовки правильного решения требуется много времени, если вероятность высокая, то будем считать, что команды могут сразу найти решение этой задачи, так как она может незначительно отличаться от уже известным им, и сразу написать верный ответ).

Пример. Рассмотрим три задачи и две команды с уже подсчитанными вероятностями правильного решения и таблицы решенных задач. Отметим, что агенты, не знают сложности задач и правильно ли они применяют методы, однако мог знать или, как минимум, предполагать на основе предыдущих соревнований насколько они лучше или хуже других команд. Для упрощения модели будем считать это общим знанием. По наблюдениям таблицы в разное время команды могут в первом приближении построить таблицу с примерным количеством попыток, потребовавшихся для решения, сравнивая множества решенных командой задач следующим образом: после того как командой соперников решена новая задача запускается счетчик шагов до того, как эта же команда соперников решит следующую новую задачу – тогда счетчик обнуляется, а число шагов, которое на нем было интерпретируется как количество попыток, потребовавшееся для решения этой последней решенной ими задачи.

Ниже приведены примеры данных, возникающих при решении задачи.

Таблица 1. Пример таблицы компетенций команд.

	Класс задач 1	Класс задач 2	Класс задач 3	Класс задач 4
Команда 1	0,3	0,4	0,9	0,4
Команда 2	0,8	0,2	0,1	0,3

Таблица 2. Пример таблицы успешности решения задач методами разных классов.

	Класс задач 1	Класс задач 2	Класс задач 3	Класс задач 4
Задача 1	1	0,4	0	0,2
Задача 2	0,2	1	0	0,1
Задача 3	0,1	0	0,2	1

Таблица 3. Пример таблицы реальных вероятностей правильного решения.

	Задача 1	Задача 2	Задача 3
Команда 1	0,2	0,8	0,3
Команда 2	0,9	0,2	0,4

Таблица 4. Пример таблицы решенных задач.

	Задача 1	Задача 2	Задача 3
Команда 1	1	0	0
Команда 2	0	1	1

Таблица 5. Пример таблицы количества попыток, которые потребовались для решения задачи.

	Задача 1	Задача 2	Задача 3
Команда 1	5	-	-
Команда 2	-	2	4

3. Эвристический алгоритм

Предлагается следующий эвристический алгоритм для стратегического поведения команд, заключающегося в выборе следующей задачи для решения.

0. До соревнования выяснить как быстро соперники решают задачи каждого из классов и сравнить эти показатели со показателями своей команды.
1. На соревновании первую задачу для решения выбрать произвольно.
2. После каждой решенной противником задачи измерять сколько попыток потребовалось для решения.
3. Если какая-то из задач решена противником, то на основании сравнения своих компетенций, определенных в пункте 0, оценить вероятность решения этой задачи собственной командой. Если эта величина ниже оценочной сложности решаемой задачи (сложность решаемой задачи можно оценить по количеству времени уже потраченной на ее решение), то переключиться на решенную соперником.

Предварительная оценка алгоритма показывает, что существуют ситуации, когда он строго лучше независимого решения командами задач. В частности, примером такой ситуации является при равной компетентности команд набор задач, среди которых есть очень легкий и крайне сложные. В этом случае, если команд достаточно много, то простые задачи довольно быстро могут быть определены предлагаемым выше эвристическим алгоритмом и решены (в силу вероятностного выбора командами порядка решения), так как по сути все команды ищут методом Монте-Карло наиболее простые задачи, стремясь избежать решения сложной. В то же время, если команда действовала бы независимо, то она могла бы с большой вероятностью остановиться на решении крайне сложной (так как априори нет причин пытаться решать другие задачи, ведь их сложность неизвестна) и таким образом не решить большое число простых задач.

Отметим, что такой алгоритм хорошо работает в случае, если только одна команда осуществляет стратегическое принятие решений, так как в случае, если известно, что все команды планируют придерживаться этого алгоритма, то оптимально для них было бы скрывать от других команд, что какая-то задача оказалась простой и отправлять ее решение в последний момент. Впрочем, если задачи все же не столь просты, что их решение очевидно, подача их решений становится сопряжена с риском, что повышает применимость предлагаемого эвристического алгоритма.

4. Заключение

Показано, что задача о выборе приоритета решения задача в спортивном программировании может быть формализована в виде задачи из области теории вероятности и при этом существенно связана с социальными эффектами и задачами рефлексии. Также был предложен эвристический алгоритм поведения и проанализированы его сильные и слабые стороны, а также границы применимости. В дальнейшем представляет интерес исследование случая, когда все команды осведомлены о возможности использования соперниками предлагаемого алгоритма, в этом случае становится существенной рефлексивная составляющая анализа модели и требуется более точный учет рефлексивных эффектов.

Список литературы

1. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели информационного влияния и информационного управления в социальных сетях // Проблемы управления. 2009. №. 5. С. 28-35.
2. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексия и управление: математические модели. М.: Издательство физико-математической литературы, 2013. 412 с
3. Gonzalez-Escribano A., et al. Toward improving collaborative behaviour during competitive programming assignments // 2019 IEEE/ACM Workshop on Education for High-Performance Computing (EduHPC). IEEE, 2019. P. 68-74.
4. Fedyanin D. Threshold and network generalizations of muddy faces puzzle // 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies. AICT 2017-Proceedings. 2019. P. 8686956-8686956.
5. Koza J.R., et al. Automatic creation of human-competitive programs and controllers by means of genetic programming // Genetic Programming and Evolvable Machines. 2000. Vol. 1. P. 121-164.
6. Simon D. Evolutionary Optimization Algorithms. Wiley, 2013. 784 p.
7. Yang T., et al. A survey of distributed optimization // Annual Reviews in Control. 2019. Vol. 47. P. 278-305.