УДК 004.942

Имитационное моделирование расширенного итерированного варианта игры «Дилемма заключенного»

М. В. Владимирова, Т. В. Власова, Д. А. Шабанов
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина

Данная работа посвящена описанию имитационного моделирования между двумя игроками в игре с ненулевой суммой с конечной и бесконечной памятью.

Ключевые слова: *чистая стратегия, смешанная стратегия, оптимальное решение игры, цена игры, функция выигрыша.*

Робота присвячена імітаційному моделюванню парної взаємодії між двома гравцями в грі з ненульовою сумою зі скінченою та нескінченою пам’яттю.

Ключові слова: *чиста стратегія, змішана стратегія, оптимальне рішення гри, ціна гри, функція виграшу.*

The paper describes the simulation of the binary interaction between two players in a zero-sum game with finite and infinite memory.

Key words: *pure strategy, mixed strategy, optimal solution of a game, the payoff function.*

Введение

В своем классическом варианте игра, получившая название «Дилемма заключенного» очень проста. Ее в 1950 году придумали американские исследователи Мерилл Микс Флуд и Мелвин Дрешер [1], а наиболее распространенную форму придал ей в том же году канадский математик Альберт Такер [2, с. 101]. «Двое мужчин, обвиненных в совместном нарушении закона, содержатся в полицейском участке раздельно. Каждому сказано, что: 1) если один признается, а другой нет, то первый получит награду, а второй будет оштрафован; 2) если признаются оба, штраф грозит обоим. Вместе с тем, каждый вполне может рассчитывать на то, что: 3) если никто из них не признается, они оба выйдут сухими из воды» [3, с. 416].

Парадоксальность игры связана с тем, что в ней отчетливо видно противоречие между групповыми интересами и интересами индивида.

Очевидно, что интересам группы (двух арестованных) соответствует кооперация между ними (отказ от признания). В то же время интересам каждого из арестантов соответствует отказ от кооперации: как бы ни действовал партнер, арестант, отказавшись от кооперации, улучшит свою участь.

При условии однократного выбора кооперации или отказа приведенная игра весьма проста. Значительно более интересной она становится при многократных повторениях выборов, осуществляемых обоими противниками. В своем итерированном варианте описываемая игра состоит в серии ходов (выбором между кооперацией или отказом), которые одновременно делают два игрока.

Исходы игры «Итерированная дилемма заключенного» показаны в таблице 1.

Табл. 1. Четыре возможных исхода на каждом ходе игры в «Итерированную дилемму заключенного»

		Ход второго игрока	
		Кооперация	Отказ
Ход первого игрока	Кооперация	1-й игрок: награда N единиц 2-й игрок: награда N единиц	1-й игрок: штраф L единиц 2-й игрок: поощрение K ед.
	Отказ	1-й игрок: поощрение K ед. 2-й игрок: штраф L единиц	1-й игрок: наказание M ед. 2-й игрок: наказание M ед.

Описанная игра стала классической моделью для изучения парных взаимодействий при описании поведения различных агентов, начиная от взаимодействия животных в природе и заканчивая экономическими транзакциями людей. С 1979 г. американский исследователь Роберт Аксельрод приступил к компьютерному моделированию результатов взаимодействия разных стратегий в «Итерированной дилемме заключенного» [4, с. 256; 12]. Со временем он привлек к своей работе двух выдающихся биологов-эволюционистов – Вильяма Гамильтона [5, с. 1390 – 1396] и Ричарда Докинза [6].

Что же делает «Итерированную дилемму заключенных» столь привлекательной для изучения? Важнейшим фактором, направляющим эволюцию живых организмов, как и важнейшим фактором, определяющим развитие человеческого поведения, является взаимодействие рассматриваемого объекта с его окружением. Типичным в таких взаимодействиях является конфликт интересов контрагентов, отсутствие информации о будущих действиях противника, и необходимость судить о его будущих действиях по предыстории аналогичных взаимодействий. Интерес вызывает та особенность «Дилеммы заключенного», что эта игра позволяет моделировать последствия несоответствия «интересов» разных уровней двухуровневой системы. Способ действия, оптимальный для индивида при выборе решения в данной дилемме, оказывается неоптимальным для группы из двух игроков. Выясняется, что поведение многоуровневых систем, оптимизирующих различные функции на разных уровнях организации, оказывается интуитивно непредсказуемым, парадоксальным. Наконец, одной из причин внимания, которое привлекла описываемая дилемма, стал игровой аспект ее изучения. В первом эксперименте Р. Аксельрода, «победителем оказалась самая простая программа – «Услуга за услугу», присланная Анатолем Рапопортом. Стратегия «Услуги за услугу» строилась незатейливо: начинать надо с сотрудничества, а затем повторять действия противной стороны на предыдущем шаге» [6, с. 416]. С тех пор были разработаны более сложные стратегии, и до недавнего времени между ними даже проводились соревнования [7].

В предлагаемых соревнованиях целью игры было набрать за определенное количество шагов максимальное количество очков при заданных значениях K, L, M. При этом каждый из агентов мог «помнить» на один – два шага назад шаги свои и противника.

Основной целью этой работы являлась разработка программного обеспечения для проведения парных соревнований при заданных различных вариантах поведения агентов и проведение дальнейшего исследования результатов проведенных экспериментов. Особый интерес представляла задача нахождения зависимости исхода игры от заданных значений K, L, M. Для проведения экспериментов было разработано программное обеспечение на языке Java [11; 12; 13]. Стратегии, как набор правил, сохранялись в формате XML [14; 15].

Особый интерес представляет анализ результатов и разработка методов и способов разбиения стратегий по заданным признакам, объединения стратегий по этим признакам, выделение зависимостей и т.д. Для такого анализа требуется большое количество проведенных экспериментов. Данная статья посвящена описанию возможностей задания стратегий разработанного программного обеспечения, способам взаимодействий стратегий и описаны задачи, связанные с анализом результатов.

Мы существенно расширили возможности, которые до сих пор рассматривались для проведения подобных экспериментов. Для описания этих возможностей введем соответствующую терминологию, используя аппарат теории игр.

Определения

Рассмотрим более подробно различные варианты парного взаимодействия (выбора хода) двух игроков и введем некоторые определения.

В обсуждаемой модели рассматривается конфликт участников, для которого характерно следующее:

— столкновение интересов нескольких (двух и более) сторон;

— преследование сторонами различных целей;

— наличие у сторон наборов альтернатив для достижения этих целей, каждая из которых приводит к одному (или к одному из нескольких) возможных исходов.

Будем называть игрой математическую модель конфликта.

Назовем правилами игры допустимые действия каждого из игроков, направленные на достижение некоторой цели. Назовем ходом игрока выбор и осуществление одного из действий, предусмотренных правилами. Ходы могут быть личными и случайными. Личный ход – это сознательный выбор игроком одного из возможных действий. Случайный ход – это случайно выбранное действие.

Стратегией игрока будем называть совокупность правил, определяющих выбор действия игрока при каждом личном ходе. Обычно игрок делает выбор в зависимости от конкретной ситуации. Однако возможно, что решения приняты игроком заранее (в ответ на уже сложившуюся ситуацию). Это означает, что игрок выбрал определенную стратегию, которая может быть задана в виде списка правил. Количественная оценка результатов игры называется платежом.

В теории игр [16; 17; 18, с. 412 – 419; 19; 3, с. 416; 20; 21] принято классифицировать игры следующим образом:

— по числу игроков. Предполагается два или более участников.

— по числу стратегий. Различают конечные и бесконечные игры. В конечных играх игроки располагают конечным числом возможных стратегий. В бесконечных играх игроки имеют бесконечное число возможных стратегий.

— по свойствам функции выигрыша. В этом случае различают игры с нулевой суммой (антагонистические), когда сумма платежей равна нулю; игры с постоянной разностью, в которых игроки и выигрывают, и проигрывают одновременно и им выгодно действовать сообща; игры с ненулевой суммой, допускающие и конфликты, и согласованные действия игроков.

— по возможности предварительных переговоров и взаимодействия между игроками в ходе игры. В этом случае различают кооперативные и некооперативные игры.

Таким образом, мы рассматриваем парную некооперативную конечную или бесконечную игру с ненулевой суммой. Можно было бы рассматривать игру с нулевой суммой, добавив фиктивного игрока («банкомат»), который не делает ходов, но получает платеж в размере, необходимом для поддержания общего баланса. Однако нам кажется правильным рассматривать эту игру без учета виртуального банкомата, только с точки зрения интересов игроков. Таким образом, общий результат может быть положительным (если они все время кооперируются) или отрицательным (когда все время предают), т.е. ненулевым.

Формализовано мы имеем игру в нормальной форме:

$\Gamma_N = < N; X_1,...,X_i,...,X_N; K_1,...,K_i,...,K_N >$, где Γ_N — обозначение игры, N = {1,…,i, …,n} – множество игроков, $X_i = \{x_i\}$ — множество стратегий игрока i, а $K_i(x_1,...,x_i,...,x_n)$ — функция выигрыша i-го игрока, принимающая вещественные значения. Значение функции выигрыша представляет собой выигрыш (полезность), который получает i-й игрок, если игроками используются стратегии $(x_1,...,x_i,...,x_n)$.

При разработке модели взаимодействия игроков были учтены как чистые, так и смешанные стратегии. Под чистой стратегией i-го игрока будем понимать произвольный элемент $x_i \in X_i$. Под смешанными стратегиями — два варианта: или конечный последовательный фиксированный набор чистых стратегий или (как принято в теории игр) распределение вероятностей на множестве X_i чистых стратегий одного игрока.

Основной задачей теории игр является поиск оптимальной стратегии и цены игры.

Назовем стратегию игрока оптимальной, если она обеспечивает максимальный выигрыш игроку или максимальный проигрыш противнику, при условии, что второй игрок придерживается на протяжении всей игры выбранной стратегии. Если игра повторяется много раз, то игроков может интересовать не выигрыш и проигрыш в каждой конкретной партии, а средний выигрыш (проигрыш) во всех партиях. При выборе оптимальной стратегии естественно предполагать, что оба игрока ведут себя разумно с точки зрения своих интересов.

Назовем оптимальным решением игры (или просто — решением игры) – пару оптимальных стратегий U*, Z*, в общем случае смешанных, обладающих следующим свойством: если один из игроков придерживается своей оптимальной стратегии, то другому не выгодно отступать от своей. Выигрыш, соответствующий оптимальному решению, называется ценой игры.

Описание функциональных возможностей программного обеспечения для проведения экспериментов

В теории игр предполагается, что функции платежа и множество стратегий, доступных каждому из игроков, общеизвестны, и в соответствии с этим знанием, каждый из игроков организует свое поведение. В нашей ситуации стратегия известна только самому игроку (собственная стратегия) и результат заранее не определен. Использовать аппарат теории игр для определения оптимальной стратегии непосредственно мы не можем. Поэтому и возникла необходимость разработать имитационную среду для проведения экспериментов.

Итак, оптимальность стратегии зависит от ее цели. Целью игры является либо максимизация собственного выигрыша (игрок получает максимальный выигрыш), либо минимизация выигрыша противника (пусть я и не получу максимальный выигрыш, но и противник проиграет). Для проведения взаимодействия использовались чистые и смешанные стратегии, которые задаются набором правил. Правила зависят от глубины и типа памяти игрока. Рассмотрены два типа памяти — игрок помнит только собственные ходы и игрок помнит только ходы противника. На рисунке 1 показаны виды чистых стратегий при условии, что игрок помнит только историю собственных ходов.

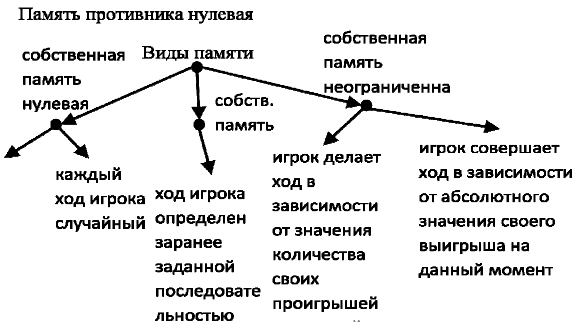

Рис.1. Игрок помнит только историю собственных ходов.

Если собственная память нулевая игрок не запоминает ни историю своих ходов, ни историю ходов противника. В этом случае он может либо совершать заранее заданный ход на протяжении всей игры, либо делать ход случайным образом. При условии, что собственная память ограничена, игрок на протяжении всей игры совершает ходы в соответствии с заранее заданной последовательностью. При условии, что собственная память неограниченна, игрок совершает свои ходы в зависимости от текущего абсолютного значения своего выигрыша в соответствии с ранее заданными условиями.

При работе с чистыми стратегиями, каждая из стратегий задается как реакция на последовательность ходов противника. Рассмотрены следующие случаи:

Отсутствие реакции на последовательность ходов противника.

Реакция наступает вследствие обнаружения в ходе игры некоторой последовательности ходов противника.

Реакция наступает вследствие обнаружения в ходе игры факта, что сумма собственного выигрыша (проигрыша противника) меньше (больше) некоторого абсолютного значения.

Реакция наступает вследствие обнаружения в ходе игры факта, что количество собственных проигрышей (выигрышей противника) больше (меньше) некоторого абсолютного значения.

Целью такой игры является максимизация собственного выигрыша.

Аналогично, рассмотрены случаи, когда игрок не запоминает историю собственных ходов, но помнит историю ходов противника и в зависимости от них делает собственный ход. Целью такой игры является минимизация выигрыша противника.

Имитацией поведения игрока в случае смешанной стратегии являлось применение либо набора чистых стратегий $A_1, A_2, ..., A_m$, либо набора чистых стратегий с вероятностями $u_1, u_2, ..., u_m$, . Обозначим стратегию первого игрока как вектор: $U = (u_1, u_2, ..., u_m)$, стратегию второго игрока как вектор: $Z = (z_1, z_2, ..., z_n)$.

Очевидно, что:

$$u_i \geq 0, i = \overline{1, m},$$

$$z_i \geq 0, i = \overline{1, n},$$

$$\sum_{i=1}^{m} u_i = 1,$$

$$\sum_{j=1}^{n} z_j = 1,$$

При анализе любой игры важно, чтобы каждый игрок в любой момент времени был полностью информирован обо всех предыдущих ходах, сделанных в процессе игры. В нашем случае игрок изменяет свою стратегию только по анализу результатов предыдущих либо собственных ходов, либо имея память только о ходах противника. При этом, как уже говорилось, смешенная стратегия представляет собой или конечный последовательный набор чистых стратегий или выбор чистых стратегий, где каждая очередная чистая стратегия выбирается с заданной вероятностью. Такая игра представляется в виде ориентированного дерева, где каждая вершина соответствует ситуации выбора хода игроком.

Очевидно, что чистые стратегии рассматривались как частный случай смешанных стратегий, и задавались вектором, в котором чистая стратегия соответствует смешанной, выбранной с вероятностью единица.

Возможности проведения имитаций

С помощью разработанного программного обеспечения можно решать следующие задачи:

1. При заданной цели — находить оптимальную стратегию и цену игры между двумя выбранными стратегиями (чистой-чистой, смешанной – чистой, смешанной-смешанной) при фиксированном значении выигрыша/поощрения/штрафа (N, M, L,K) .

2. Определять результаты соревнования между одной фиксированной стратегией и множеством других выбранных стратегий.

3. Определять зависимости стратегии игрока от функции выигрыша. Экспериментально подбирать такую функцию выигрыша, чтобы заданная стратегия при неизменности других стала выигрышной.

4. Проводить эксперименты между множествами стратегий при фиксированном и изменяющемся значении выигрыша/поощрения/штрафа (N, M, L, K). В этом случае ставится задача нахождения вероятности того, что стратегия, принадлежащая одному множеству, выиграет у стратегии, принадлежащей другому множеству. Множества стратегий в этом случае должны быть формализованы.

Примеры проведения имитаций и предварительные результаты

1. Первый вариант заключается в проведении эксперимента между двумя выбранными стратегиями (чистой-чистой, смешанной-чистой, смешанной-смешанной) при фиксированном значении выигрыша/поощрении/штрафа (N, M, L, K). Визуализацией результата имитации является график, где по оси абсцисс рассматривается последовательность ходов, а по оси ординат – количественная характеристика выигрыша/проигрыша (максимальное значение выигрыша и проигрыша вычисляются автоматически в зависимости от заданных значений N, M, L, K).

На рис.2 представлен результат работы игры, где для первого игрока выбрана чистая стратегия с нулевой памятью, а для второго выбрана чистая стратегия с ограниченной памятью. Для этого примера правило для первого игрока следующее: очередной ход совершается случайным образом, в последовательности ходов «Отказываюсь» встречается с вероятностью 50% (стратегия называется «Стратегия 50 на 50»). Для второго игрока правило следующее: игра начинается с последовательности трех раз подряд «Кооперируюсь». Последовательность повторяется до тех пор, пока среди ходов противника не появится два раза подряд «Отказываюсь». Реакцией на этот случай является последовательность: «Кооперируюсь; Отказываюсь». Затем опять три хода подряд «Кооперируюсь» и т.д. (стратегия называется «Бдительная стратегия»). На рисунке видно, что на 9 ходу разрыв между первым и вторым игроком составляет более 400 очков в пользу первого игрока. Эксперимент проводился при абсолютном значении выигрыша равным 100 очкам, поощрении равным 30 очкам, и проигрыша равным 70 очкам, всего было сделано 10 ходов.

Рис. 2. Визуализация результатов игры для двух стратегий с нулевой и ограниченной памятью при фиксированных значениях поощрения/штрафа

Проведем аналогичный эксперимент несколько раз (условия проведения эксперимента те же) и проанализируем полученные результаты.

Табл. 2. Результаты проведения эксперимента

Номер имитации	Результат игрока с нулевой памятью	Результат игрока с ограниченной памятью
1	470	-380
2	650	-200
3	550	-130
4	530	-320
5	430	-250
6	560	-290
7	410	70
8	550	-130
9	410	70
10	530	-320

По некоторым результатам, представленным в таблице 2 видно, что игрок, обладающий стратегией с нулевой памятью, имеет результат, значительно превышающий результат второго игрока, и в каждом из 10 проведенных экспериментов выходит победителем.

Из результатов эксперимента видно, что из стратегий с нулевой и конечной памятью в большинстве случаев побеждала стратегия со случайно заданными ходами и нулевой памятью. Из стратегий с конечной и бесконечной глубиной памяти в большинстве случаев выигрывала стратегия с конечной памятью. К аналогичному выводу пришел ранее и Р. Докинз ([8]).

По полученным результатам парного взаимодействия между чистой и смешанной стратегиями можно сделать вывод, что игрок со смешанной стратегией получает большее количество выигрышей против любой чистой стратегии. Результат можно объяснить тем, что в ходе игры, игрок со смешанной стратегией адаптирует свое поведение под сложившуюся ситуацию.

2. Второй вариант имитации заключается в определении результатов соревнования между одной фиксированной стратегией и множеством других выбранных стратегий. Визуализацией результата эксперимента является гистограмма, на которой отображено количество очков выигрыша одной фиксированной стратегии против каждой из выбранных. На рисунке 3 представлена визуализация результатов для трех выбранных чистых стратегий при изменяющихся значениях выигрыша/поощрения/штрафа.

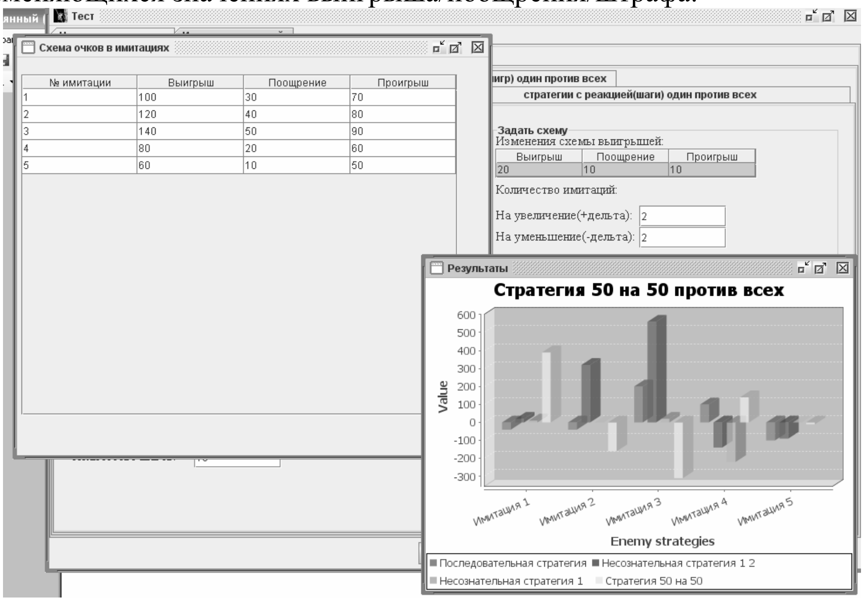

Рис. 3. Визуализация результатов последовательности экспериментов для трех выбранных стратегий при изменяющихся значениях выигрыша/поощрения/штрафа.

Кроме графической визуализации существует возможность просмотреть историю ходов (абсолютные значения выигрыша (проигрыша)) каждого из участников имитации.

3. Одной из целей исследования являлось подтверждение или опровержение гипотезы о том, что стратегия игрока зависит от функции выигрыша. Чтобы это проверить, была реализована возможность проведения одного и того же эксперимента с флуктуакцией в заданном диапазоне значений выигрыша/поощрения /штрафа. В этом случае визуализацией результата являются график и таблица, в которой отражены данные о результате игры каждого игрока при выбранных стратегиях в зависимости от варьирования значений K, L, M, N. На рис. 4 представлена табличная и графическая

визуализация результата игры двух чистых стратегий при изменяющихся значениях K, L, M, N (на графике эксперименты отделены друг от друга зеленой чертой). В эксперименте участвовали стратегии с названиями «Мстительная стратегия» и «Мстительный эгоист». Стратегия «Мстительная стратегия» описана следующим правилом: игра начинается с последовательности шагов 1,0, где 1-«Кооперируюсь», 0 – «Отказываюсь» (в дальнейшем мы будем использовать те же обозначения). Последовательность шагов повторяется до тех пор, пока противник не выиграет 10 раз подряд. В этом случае последовательность шагов изменяется на последовательность 0, 1. Стратегия «Мстительный эгоист» описана как стратегия, которая ходит последовательностью, в которой ход «Кооперируюсь» встречается с вероятностью 70% до тех пор, пока игрок с данной стратегией не проиграет 4 раза подряд. В этом случае стратегия начинает мстить последовательностью 0,1,0,0,0.

Анализируя результаты экспериментов, можно сделать вывод о том, что исход игры зависит от значений функции платежа. Таким образом, при заранее заданной стратегии можно экспериментально определить значения функции платежа, при которых эта стратегия будет оптимальной. Например, при взаимодействии с данным набором альтернатив, стратегия «Мстительная стратегия» оптимальна (получает максимальный результат) при выигрыше равным 140 единицам, поощрении равным 50 единицам, штрафе равным 90 единицам, а стратегия «Мстительный эгоист» оптимальна при выигрыше равным 100 единицам, поощрении равным 30 единицам, штрафе равным 70 единицам.

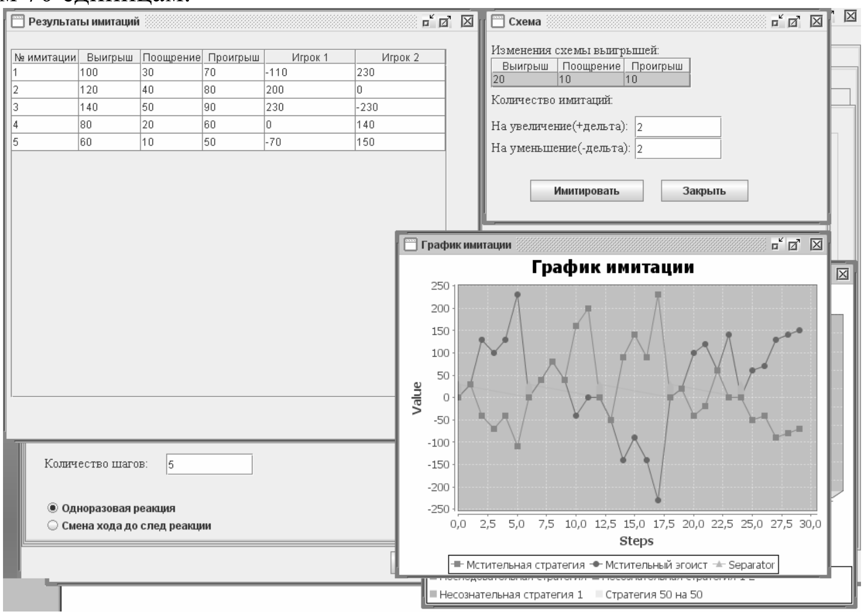

Рис. 4. Визуализация результата игры двух чистых стратегий при изменяющихся значениях K. L, M, N

4. Одна из интересных возможностей, предоставляемых описываемой моделью, состоит в рассмотрении стратегии, как элемента заранее

формализованного множества. В этом случае можно рассматривать оптимальность определенной группы стратегий. В данной работе не ставилась задача формального подхода к таким группам, и разбиение на группы происходило неформально.

Рассмотрим пример двух групп с двумя смешанными стратегиями в каждой группе. Смешанные стратегии будут заданы как набор чистых стратегий, выбираемых с заданной вероятностью по определенному правилу. Возьмем те же чистые стратегии, что и в первом эксперименте, т.е. «Стратегия 50 на 50», «Бдительная стратегия», а также стратегии «Корыстная стратегия» и «Мстительная стратегия». Игрок со стратегией «Корыстная стратегия» ходит последовательностью, в которой «Отказываюсь» встречается с вероятностью 50% до тех пор, пока выигрыш противника не станет более 100 единиц. В этом случае ходы игрока меняются на последовательность 0, 0, 1. Игрок со стратегией «Мстительная стратегия» ходит последовательностью 1, 0, где до тех пор, пока противник не выиграет 10 раз. В этом случае стратегия меняет последовательность ходов на 0, 1.

Смешанные стратегии формировались из вышеуказанных четырех чистых стратегий. В каждой смешанной стратегии активность чистых стратегий составляет 25%. Смешанные стратегии задавались по следующим правилам:

- «Счетчик ходов» — смена одной чистой стратегии на другую происходит через каждые 10 ходов игры;
- «Отслеживающая ходы» — смена одной чистой стратегии на другую происходит в случае совершения противником последовательности ходов 0, 0;
- «Эгоистическая стратегия» — смена одной чистой стратегии на другую происходит в случае, если значение накопленных игроком очков станет менее 300;
- «Соперничающая стратегия» — смена одной чистой стратегии на другую происходит в случае, если игрок проиграет 3 раза подряд.

Имитации каждой пары стратегий происходили при фиксированных абсолютных значениях выигрыша равного 100 очкам, поощрении равного 30 очкам, и проигрыша равного 70 очкам, всего было сделано 50 ходов.

Табл. 3.Результаты имитаций взаимодействия чистых и смешанных стратегий

№ имитации	Стратегия игрока 1	Результат игрока 1	Стратегия игрока 2	Результат игрока 2
1	«Стратегия 50 на 50»	850	«Счетчик ходов»	-340
2	«Стратегия 50 на 50»	330	«Отслеживающая ходы»	1350
3	«Стратегия 50 на 50»	590	«Эгоистическая стратегия»	760
4	«Стратегия 50 на 50»	710	«Соперничающая стратегия»	880
5	«Бдительная стратегия»	1980	«Счетчик ходов»	-570
6	«Бдительная стратегия»	2350	«Отслеживающая ходы»	140
7	«Бдительная стратегия»	2800	«Эгоистическая стратегия»	-430
8	«Бдительная стратегия»	2510	«Соперничающая стратегия»	-380
9	«Корыстная стратегия»	*-430*	«Счетчик ходов»	-260
10	«Корыстная стратегия»	-1110	«Отслеживающая ходы»	1950
11	«Корыстная стратегия»	-1120	«Эгоистическая стратегия»	1090
12	«Корыстная стратегия»	-820	«Соперничающая стратегия»	880
13	«Мстительная стратегия»	1350	«Счетчик ходов»	-690
14	«Мстительная стратегия»	930	«Отслеживающая ходы»	930

Например, так же, как в эксперименте Р. Аксельрода, для наших экспериментов стратегии разбивались на «злопамятные», «незлопамятные» и те, которые не принадлежат ни к тем, ни к другим. Под «злопамятными» стратегиями подразумеваются такие, которые в случае собственного проигрыша (выигрыша противника) сразу меняют свое поведение и продолжают его до наступления либо следующего поражения, либо до конца игры. Под «незлопамятными» подразумеваются такие стратегии, которые после собственного проигрыша (выигрыша противника) меняют свое поведение, но лишь на некоторое время (на длину последовательности реакции). Таким образом, незлопамятные стратегии в ответ на удар противника всего лишь «дают сдачи», в то время как злопамятные еще и наносят «ответный удар». Такое разделение является условным, поскольку определение характеристик принадлежности к типу стратегии не является общепринятым. В результате проведения экспериментов оказалось, что стратегии, относящиеся к «не злопамятным», выигрывают чаще, чем стратегии, относящиеся к «злопамятным».

В случае смешанных стратегий интересна, как мы уже писали, задача не столько нахождения оптимальной стратегии между двумя заданными (хотя эта задача по-прежнему актуальна), сколько исследование между группами стратегий. В этом случае может ставиться задача вычисления вероятности, с которой одна стратегия, принадлежащая к одному множеству, может «выиграть» у стратегии, принадлежащей к другому множеству стратегий.

Заключение

В нашей работе создано программное обеспечение, которое позволяет проводить эксперименты для расширенного итерированного варианта игры «Дилемма заключенного». Имеется возможность задания чистых и смешанных стратегий с конечной и бесконечной памятью. Игра рассматривается в зависимости от поставленной цели – максимизации собственного выигрыша или минимизации проигрыша противника. Выигрыш игрока зависит от функции выигрыша. Если стратегия игрока фиксирована, то можно экспериментально подобрать такие значения выигрыша, штрафа и поощрения, что при взаимодействии с игроком с выбранной другой фиксированной стратегией, игра первого игрока будет оптимальна.

Описанная игра может быть использована для изучения парных взаимодействий при описании поведения различных агентов, в различных областях: биологии, прикладной экономике, социологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Merrill M. Flood, «Some Experimental Games», Research Memorandum RM 789 (Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, 1952)
2. Tucker, A. W. On Jargon: The Prisoner's Dilemma. UMAP Journal 1 (1950): 101
3. Рейнгольд, Г. Умная толпа: новая социальная революция. — М.: ФАИР ПРЕСС, 2006. — 416 с.
4. Axelrod, R. The evolution of cooperation. New York: Basic Books. 1984. 256 p.

5. Axelrod, Robert & Hamilton, William D. (1981). «The Evolution of Cooperation». Science, 211 : 1390—1396.
6. Докинз Р. Эгоистичный ген. – М.: Мир, 1993.
7. The Iterated Prisoner's Dilemma Competition [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.prisoners-dilemma.com/
8. NetLogo Home Page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ccl.northwestern.edu/netlogo/
9. Sawyer R. Artificial Societies: Multi agent systems and the micro-macro link in sociological theory//Sociological Methods and Research, 2003, V31, №3, С. 325-363.
10. Adaptive modeler [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.softsoft.ru/business/investment-tools/3210.htm
11. Портянкин И.- Swing. Эффектные пользовательские интерфейсы.- М.: Питер, 2005.
12. Ноутон П., Шилдт Г. Java 2. БХВ – Петербург. Санкт-Петербург. 2000.
13. Ноутон П., Шилдт Г. Полный справочник по Java – Киев: Диалектика, 1997.
14. Хантер. Д. Введение в XML. — СПб.: Лори, 2001.
15. Дейтел Х.М., Дейтел П.Дж., Нието Т.Р., Лин Т.М., Садху П.. Как программировать на XML. Пер. с англ. -- М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 2001.
16. Воробьев Н. Н. – Теория игр для экономистов-кибернетиков. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985.
17. Воробьев Н.Н. Теория игр. – М: Знание, 1976.
18. Грабовский В.И. Клеточные автоматы, как простые модели сложных систем // Успехи соврем. биол., 1995, т. 115, N 4. -сс. 412-419.
19. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике. – М.: Мир, 1964.
20. Цетлин М. Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М., «Наука», 1969.
21. Варшавский В. И., Поспелов Д. А. – Оркестр играет без дирижера: размышления об эволюции некоторых технических систем и управлении ими. — М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984.

Надійшла – 03.01.2011.