

ФОРМАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ РЕФЛЕКСИВНЫХ ИГР В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Д.А. Новиков

(Институт управления образованием РАО, Москва)

novikov@hotbox.ru

Введение. Одним из фундаментальных свойств бытия человека является то, что наряду с природной («объективной») реальностью существует ее отражение в сознании. При этом между природной реальностью и ее образом в сознании (будем считать этот образ частью особой – рефлексивной реальности) существует неизбежный зазор, несовпадение.

Целенаправленное изучение этого феномена традиционно связано с термином «*рефлексия*», которому «Философский энциклопедический словарь» дает следующее определение: «рефлексия (лат. reflexio – обращение назад). Термин, означающий отражение, а также исследование познавательного акта». Отметим, что сам термин «рефлексия» введен Дж. Локком; в различных философских системах (у Дж. Локка, Г. Лейбница, Д. Юма, Г. Гегеля и др.) он имел различное содержание. Систематическое описание рефлексии с точки зрения психологии началось в 60-е годы XX века (школа В.А. Лефевра [2]).

Авторефлексия. Для прояснения понимания сути рефлексии рассмотрим сначала ситуацию с одним субъектом. У него есть представления о природной реальности, но он может и осознавать (отражать, рефлексировать) эти представления, а также осознавать осознание этих представлений и т.д. Так формируется рефлексивная реальность. Рефлексия субъекта относительно своих собственных представлений о реальности, принципах своей деятельности и т.д. называется *авторефлексией* или *рефлексией первого рода*.

Отметим, что в большинстве гуманитарных исследований речь идет, в первую очередь, об авторефлексии, под которой в философии понимается процесс размышления индивида о происходящем в его сознании [3]. Авторефлексия является ключевым элементом рефлексивной фазы любого педагогического проекта [4], во время которой исследователь или педагог-практик "обращается назад" и, "глядя на себя со стороны", осмысляет процесс и результаты своей деятельности.

Рефлексия второго рода имеет место относительно представлений о реальности, принципах принятия решений, авторефлексии и т.д. других субъектов. Анализ рефлексии второго рода неизбежен на этапе моделирования, когда необходимо прогнозировать поведение, например, участников педагогического процесса, в различных условиях.

Если субъектов несколько, например, учитель и учащиеся, то ситуация принятия решения является интерактивной, в цели (в математическом смысле – в целевую функцию) каждого субъекта входят возможные действия других субъектов, то есть эти действия являются частью природной реальности (хотя сами они, разумеется, обусловлены рефлексивной реальностью). При этом рефлексия (и, следовательно, исследование рефлексивной реальности) становится необходимой. Рассмотрим основные подходы к математическому моделированию эффектов рефлексии.

Теория игр. Формальные (математические) модели поведения человека создаются и изучаются уже более полутора веков и находят все большее применение как в теории управления, экономике, психологии, социологии и т.д., так и при решении конкретных прикладных задач, в том числе – педагогических.

Под *игрой* в теории игр понимается взаимодействие сторон, интересы которых не совпадают. Теория игр – раздел прикладной математики, исследующий модели принятия решений в условиях несовпадения интересов сторон (игроков), когда каждая сторона стремится воздействовать на развитие ситуации в собственных интересах [1]. Основная задача теории игр заключается в описании взаимодействия нескольких субъектов, интересы которых не совпадают, а результаты деятельности (выигрыш, полезность и т.д.) каждого зависят в общем случае от действий всех. Итогом подобного описания является прогноз разумного исхода игры – так называемого *решения игры* (*равновесия*).

Описание *игры* заключается в задании следующих параметров:

- множества субъектов;
- предпочтений субъектов – (зависимостей выигрышей от действий): при этом предполагается (и этим отражается целенаправленность поведения), что каждый субъект заинтересован в максимизации своего выигрыша (например, учитель заинтересован, чтобы все учащиеся добросовестно выучили уроки, а часть ленивых учащихся – не учить уроки, но так, чтобы учитель их «не спросили»);

- *множеств допустимых действий субъектов;*
- *информированности субъектов* (той информации, которой они обладают на момент принятия решений о выбираемых действиях);
- *порядка функционирования* (*порядок ходов* – последовательность выбора действий).

Условно говоря, множество субъектов определяет, кто участвует в игре. Предпочтения отражают, что хотят субъекты, множества допустимых действий – что они могут, информированность – что они знают, а порядок функционирования – когда они выбирают действия.

Перечисленные параметры задают игру, но они недостаточны для того, чтобы предсказать ее исход – решение игры (или равновесие игры). На сегодняшний день в теории игр не существует универсальной концепции равновесия – принимая те или иные предположения о принципах принятия субъектами решений, можно получать различные решения. Поэтому основной задачей любого теоретико-игрового исследования является построение равновесия. Так как рефлексивные игры определяются как такое интерактивное взаимодействие субъектов, в котором они принимают решения на основе иерархии своих представлений, то существенной является информированность субъектов. Поэтому остановимся на ее качественном обсуждении более подробно.

Роль информированности. Общее знание. В теории игр, философии, психологии, распределенных системах и других областях науки (см. [5]) существенны не только *представления* субъектов о существенных параметрах, но и их представления о представлениях других субъектов. Например, ученик «в уме» моделирует – как среагирует учитель на тот или иной его «маневр», учитель моделирует – чего от него ожидают ученики, что они думают по поводу того, что он ожидает от них и т.д. Совокупность этих представлений называется *иерархией представлений* и моделируется деревом *информационной структуры* рефлексивной игры. Другими словами, в ситуациях интерактивного принятия решений (моделируемых в теории игр) каждый субъект перед выбором своего действия должен предсказать поведение оппонентов. Для этого у него должны быть определенные представления о видении игры оппонентами. Но оппоненты должны проделать то же самое, поэтому

неопределенность относительно той игры, которая будет разыграна, порождает бесконечную иерархию представлений участников игры.

Приведем пример иерархии представлений. Предположим, что имеются два субъекта – А и Б. Каждый из них может иметь собственные нереклексивные представления о неопределенном параметре θ , который называют *состоянием природы*. Обозначим эти представления θ_A и θ_B соответственно. Но каждый из субъектов в рамках процесса *рефлексии первого ранга* может задуматься о представлениях оппонента. Эти представления (*представления второго порядка*) обозначим θ_{AB} и θ_{BA} , где θ_{AB} – представления субъекта А о представлениях субъекта Б, θ_{BA} – представления субъекта Б о представлениях субъекта А. Но этим дело не ограничивается – каждый из субъектов в рамках процесса дальнейшей рефлексии (*рефлексии второго ранга*) может задуматься над тем, каковы представления оппонента о его представлениях. Так порождаются представления *третьего порядка* – θ_{ABA} и θ_{BAB} . Процесс порождения представлений более высоких порядков может продолжаться до бесконечности (никаких логических ограничений увеличению ранга рефлексии не существует). Совокупность всех представлений – θ_A , θ_B , θ_{AB} , θ_{BA} , θ_{ABA} , θ_{BAB} и т.д. – образует иерархию представлений.

Частным случаем информированности – когда все представления, представления о представлениях и т.д. до бесконечности совпадают – является *общее знание*, то есть, факт, о котором знают все, все знают, что все это знают и т.д.

В теории игр, как правило, предполагается, что все параметры игры являются общим знанием. Предположение об общем знании позволяет утверждать, что все субъекты знают, в какую игру они играют, и их представления об игре совпадают.

В общем случае каждый из субъектов может иметь собственные представления о параметрах игры. При этом оказывается, что субъекты участвуют в игре, но объективно не знают в какой, или по-разному представляют разыгрываемую игру – ее правила, цели, роли и информированность оппонентов и т.д.

Следовательно, возникает необходимость разработки и исследования математических моделей игр, в которых информированность субъектов не является общим знанием, и субъекты принимают решения на основе иерархии своих представлений. Этот класс игр был назван *рефлексивными играми* [5].

С точки зрения рефлексивных моделей принятия решений целесообразно разделять стратегическую и информационную рефлексивность.

Информационная рефлексия – процесс и результат размышлений субъекта о том, каковы значения неопределенных параметров, что об этих значениях знают и думают его оппоненты (другие субъекты). При этом собственно «игровая» компонента отсутствует, так как никаких решений субъект не принимает.

Стратегическая рефлексия – процесс и результат размышлений субъекта о том, какие принципы принятия решений используют его оппоненты (другие субъекты) в рамках той информированности, которую он им приписывает в результате информационной рефлексии.

Таким образом, информационная рефлексия обычно связана с недостаточной взаимной информированностью, и ее результат используется при принятии решений (в том числе – при стратегической рефлексии). Стратегическая рефлексия имеет место даже в случае полной информированности, предвзято принимая решение о выбираемом действии. Другими словами, информационная и стратегическая рефлексии могут изучаться независимо, однако в условиях неполной и недостаточной информированности обе они имеют место.

Относительно стратегической рефлексии можно сделать следующий вывод [5]. Если предположить, что субъект, моделируя поведение оппонентов, приписывает им и себе определенные ранги рефлексии, то исходная игра превращается в новую игру, в которой стратегией субъекта является выбор ранга рефлексии. Если рассмотреть процесс рефлексии в новой игре, то получим новую игру и т.д. до бесконечности – во многих случаях этот процесс никогда не останавливается и никаких разумных выводов об исходе подобной игры сделать нельзя. Более оптимистичные и конструктивные выводы можно сделать из результатов анализа информационной рефлексии.

Информационная рефлексия. Так как важным фактором в рефлексивных играх является информированность субъектов – иерархия представлений, то для ее формального описания вводится понятие *информационной структуры* – дерева (в общем случае – бесконечного), вершинам которого соответствует информация (представления) субъектов о существенных параметрах, представлениях других субъектов и т.д. Понятие структуры информированности (информационной структуры) позволяет дать формальное определение некоторых интуитивно ясных понятий, таких как: адекватная информированность одного субъекта о другом, взаимная информированность, одинаковая информированность и др.

Одним из ключевых понятий, применяемых для анализа рефлексивных игр, является понятие *фантомного субъекта*. Обсудим его на качественном уровне (отослав читателя, заинтересованного в строгом математическом определении к монографии [5]).

Пусть в некоторой ситуации взаимодействуют два субъекта – А и Б. Вполне естественно, что в сознании каждого из них имеется некий образ другого: у А имеется образ Б (назовем его АБ), а у Б – образ А (назовем его БА). Эти образы могут совпадать с реальностью, а могут отличаться от нее. Иными словами, субъект, например, А может иметь адекватное представление о Б (этот факт можно записать в виде тождества $АБ = Б$), а может и не иметь.

Тут сразу возникает вопрос – а может ли в принципе выполняться тождество $АБ = Б$, ведь Б – это реальный субъект, а АБ – лишь его образ? Не вдаваясь в обсуждение этого философского, по сути, вопроса, отметим следующие два обстоятельства. Во-первых, речь идет не о всецелом понимании личности во всей ее полноте, а о ее моделировании в данной конкретной ситуации. На обыденном, житейском уровне человеческого общения мы постоянно сталкиваемся с ситуациями как адекватного, так и неадекватного восприятия одним человеком другого.

Во вторых, в рамках формального (теоретико-игрового) моделирования человеческого поведения субъект – участник ситуации – описывается относительно небольшим набором характеристик. И эти характеристики могут быть известны другому субъекту в той же мере, в какой они известны исследователю.

Рассмотрим подробнее случай, когда между Б и АБ имеется различие (это различие может проистекать, говоря формально, из неполноты информации А о Б, либо из доверия к ложной информации). Тогда А, принимая решение о каких-либо своих действиях, имеет в виду не Б, а тот его образ, который у него имеется, то есть АБ. Можно сказать, что субъективно А взаимодействует с АБ. Поэтому АБ можно назвать фантомным субъектом. Его нет в реальности, но он присутствует в сознании *реального субъекта* А и, соответственно, влияет на его действия, то есть на реальность.

Приведем простейший пример. Пусть А считает, что они с Б друзья, а Б, зная об этом, является врагом А (эту ситуацию можно описать словом «предательство»). Тогда, очевидно, в ситуации имеется фантомный субъект АБ, которого можно описать так: «Б,

являющийся другом А»; в реальности такой субъект отсутствует. Отметим, что при этом Б адекватно информирован об А, то есть $BA = A$.

Таким образом, помимо реальных субъектов, фактически участвующих в игре, предлагается рассматривать фантомных субъектов, то есть субъектов, которые существуют в сознании реальных и других фантомных субъектов. Реальные и фантомные субъекты в рамках своей рефлексии наделяют фантомных субъектов определенной информированностью, которая отражается в информационной структуре.

Участвующих в игре реальных и фантомных субъектов может быть бесконечно много, что означает потенциальную бесконечность осуществления актов рефлексивного отражения (бесконечную глубину дерева структуры информированности). Действительно, даже в простейшей ситуации возможно бесконечное развертывание рассуждений вида «я знаю...», «я знаю, что ты знаешь...», «я знаю, что ты знаешь, что я знаю...», «я знаю, что ты знаешь, что я знаю, что ты знаешь...» и т. д. Однако на практике такая «дурная бесконечность» не имеет места, поскольку, начиная с некоторого момента, представления «стабилизируются», и увеличение ранга рефлексии не дает ничего нового. Таким образом, в реальных ситуациях структура информированности имеет конечную *сложность*: у соответствующего дерева имеется конечное число попарно различных поддеревьев. Иными словами, в игре участвует конечное число реальных и фантомных субъектов.

Введение понятия фантомных субъектов позволяет определить рефлексивную игру как игру реальных и фантомных субъектов, а также определить *информационное равновесие*, в рамках которого предполагается, что каждый субъект (реальный и фантомный) при вычислении своего субъективного равновесия (равновесия в той игре, в которую он со своей точки зрения играет) использует имеющуюся у него иерархию представлений об объективной и рефлексивной реальности [5].

Удобным инструментом исследования информационного равновесия является *граф рефлексивной игры*, в котором вершины соответствуют реальным и фантомным субъектам, и в каждую вершину-субъекта входят дуги (их число на единицу меньше числа реальных субъектов), идущие из вершин-субъектов, от действий которых в субъективном равновесии зависит выигрыш данного субъекта. Граф рефлексивной игры отражает если не количественное соотношение интересов, то качественное соотношение информированности рефлексизирующих субъектов, и является удобным и

выразительным средством описания эффектов рефлексии. Для описанного выше примера двух субъектов граф рефлексивной игры имеет вид: $B \leftarrow A \leftrightarrow AB$ – реальный субъект B (предатель) адекватно информирован о субъекте A, который взаимодействует с фантомным субъектом AB (B, являющимся другом A).

Заключение. Применение рефлексивных игр в педагогических исследованиях и в образовательной практике, очевидно, целесообразно:

- при разработке и решении различных педагогических задач (упражнений) для студентов педагогических ВУЗов и слушателей ИПК, особенно задач воспитательного плана; при создании и проведении деловых (организационно-деятельностных, организационно-педагогических) игр;

- при моделировании самых разнообразных педагогических (образовательных) систем, когда необходимо использование моделей рефлексивных игр, отражающих рефлексию субъектов о поведении других субъектов.

Наличие модели рефлексивной игры позволяет определить условия существования и свойства информационного равновесия, а также конструктивно и корректно сформулировать *задачу рефлексивного управления*, заключающуюся в поиске тем или иным органом управления образованием такой информационной структуры, что реализующееся в ней информационное равновесие наиболее выгодно с его точки зрения. Примерами являются скрытое управление, информационное управление через средства массовой информации и др. – см. модели в [5, 6].

Литература

1. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002. – 148 с.
2. Лефевр В.А. Конфликтующие структуры. М.: Советское радио, 1973. – 158 с.
3. Новиков А.М. Методология образования. М.: Эгвес, 2002. – 320 с.
4. Новиков А.М., Новиков Д.А. Образовательный проект. М.: Эгвес, 2004. – 120 с.
5. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексивные игры. М.: Синтег, 2003. – 160 с.
6. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Прикладные модели информационного управления. М.: ИПУ РАН, 2004. – 129 с.