Проблемы логики и методологии науки

УДК 160.1
DOI:
10.15372/PS20170303

В.В. Целищев

ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ ТЕОРЕТИКО-ИГРОВАЯ СЕМАНТИКА «ЕСТЕСТВЕННОЙ» ДЛЯ ДРУЖЕСТВЕННО-НЕЗАВИСИМОЙ ЛОГИКИ?*

В статье рассматривается вопрос о том, в какой степени теоретико-игровая семантика (GTS) естественна для дружественно-независимой логики (IFL). Показано, что GTS является альтернативной семантикой для логики первого порядка (FOL) семантике Тарского. Рассмотрен статус IFL как расширения FOL. Поставлена проблема, является ли это расширение достаточным основанием для адекватности GTS. Показано, что разрыв синтаксиса и семантики в случае IFL – общий феномен в каркасе игрового подхода к логике, позволяющего усилить выразительные возможности логических языков.

Ключевые слова: теоретико-игровая семантика, дружественно-независимая логика, синтаксис, сколемизация, композициональность

V.V. Tselishchev

WHETHER A GAME-THEORETICAL SEMANTICS OF "NATURAL" FOR FRIENDLY-INDEPENDENT LOGIC?

The article discusses the extent to which the game-theoretic semantics (GTS) is natural for the friendly-independent logic (IFL). It shows that GTS is an alternative to Tarski's semantics for first-order logic (FOL). The status of IFL as a FOL extension is considered. The problem is whether this extension is a sufficient basis for the adequacy of the GTS. The article shows that the gap between syntax and semantics in the case of IFL is a common

* Исследования, нашедшие отражения в данной статье, поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований, проект № 16-02-00352.

phenomenon in the frame of the game approach to logic allowing to enhance the expressive possibilities of logic languages.

Keywords: game-theoretical semantics, friendly- independent logic, syntax, skolemization, compositionality

Дружественно-независимая логика (IFL), предложенная Я. Хинтиккой и Г. Санду в серии статей и книг, представляет собой логическое исчисление, выразительная сила которого, по разным оценкам, колеблется между возможностями логики первого порядка (FOL) и логики второго порядка (SOL). Большая часть исследователей полагают, что IFL является расширением FOL. Однако перечень свойств IFL говорит о ее своеобразии, и именно эта специфика позволяет Хинтикке полагать, что IFL более приспособлена для того, чтобы быть логикой математики. Кроме того, IFL претендует на более адекватный анализ обыденного языка.

Теоретико-игровая интерпретация в применении к логике первого порядка основана на понимании кванторов как процедуры поиска. В частности, квантор существования понимается как операция «найти» определенный индивид, находящийся в области действия $\exists x$. Тогда с каждым утверждением S в логике первого порядка можно соотнести игру G(S) для двух игроков относительно модели этого языка. Игроками являются Верификатор (V), ассоциируемый с экзистенциальным квантором, и Фальсификатор (F), ассоциируемый с универсальным квантором. Правила игры формулируются как для кванторов, так и для логических связок:

(G.v) $G(S_1 \vee S_2)$ начинается с выбора Верификатором S_1 или S_2, например, S_2. Тогда игра продолжается как $G(S_2)$.

(G.&) $G(S_1 \vee S_2)$ начинается уже с выбора Фальсификатором.

(G.E) $G[(\exists x)\ S(x)]$ начинается в выбором Верификатором индивида из модели. Допустим, что имя выбранного объекта b; тогда игра продолжается как G[S(b)].

(G.A) $G[(\forall x)\ S(x)]$ начинается так же, только выбор делает Фальсификатор.

(G.¬) $G(\neg S)$ начинается с перемены ролей двух игроков. Затем игра продолжается с G(S) [11].

Результатом игры является достижение атомарного предложения U, которое либо истинно, либо ложно. В первом случае выигрывает Верификатор, во втором – Фальсификатор. Предложение S истинно, если и только если в G(S) существует выигрышная стратегия для Фальсификатора. В частности, она аналогична концепцию выигрышной стратегии с понятием модельного множества, предложенного Хинтиккой для процедуры доказательства полноты FOL [10]. Метод модельных множеств равносилен методу семантических таблиц Э. Бета [6], и использование его FOL продемонстрировано в известной монографии Р. Смаллиана «Логика первого порядка» [19]. Теоретико-игровая интерпретация высвечивает отношение зависимости кванторов в предложениях логического языка, как например, в формуле $(\forall x)$ $(\exists y)$ S [x, y], где квантор $\exists y$ зависит от квантора $\forall x$, поскольку выбор Верификатором значения y зависит от выбора Фальсификатором значения x. Если устранить эту зависимость, выразительные возможности языка расширятся. Обычно под расширением первопорядковой логики понимается переход к логике второго порядка, где квантификация осуществляется над предикатами. Но в данном случае логика остается первопорядковой. В качестве примера такого на первый взгляд парадоксального результата можно указать, что в IFL можно выразить концепцию бесконечности, что является прерогативой логики второго порядка, если иметь в виду стандартный подход к логике первого порядка как «базисной» логике.

Каковы особенности IFL, которые характеризуют ее отличия от FOL? Сам Хинтикка полагает, что не следует делать сильный акцент на радикальном отличии IFL от классической логики, предлагая изменить ее название на «гиперклассическая логика» [13]. Представленные им соображения интересны, но большая часть литературы ориентируется на прежнее название, хотя мотивы Хинтикки в изменении названия не ограничены чисто стилистическими соображениями.

Во-первых, в ней не справедлив закон исключенного третьего. Во-вторых, каждая IFL первопорядковая формула может быть переведена в Σ_1^1-формулу и наоборот. Быть может, наиболее шокирующим свойством является определимость предиката истины в первопорядковых структурах. Далее, класс общезначимых формул IFL не аксиоматизируем, в противоположность классу противоречивых формул. С другой стороны, в IFL имеют место теорема компактности, теорема отделимости, теорема Левенгейма-Сколема и теорема определимости Бета, то есть, важные свойства FOL. Как видно, IFL не может быть немедленно названа просто расширением FOL. При сопоставлении IFL и FOL с точки зрения сложности в арифметической иерархии в высшей степени интересен результат Й Ваананена [21]. В FOL разрешимы Σ_1^0-формулы, непротиворечивость выражается $\Pi^0{}_1$-формулой, а в IFL разрешимость имеет место для Π_2-формул, а для непротиворечивости – то же, что и для FOL.

Мотивация в отношении создания IFL лежит в нескольких плоскостях: от конструирования адекватной логики для естественного языка до конструирования логики, адекватной для оснований математики. Однако интересной особенностью IFL является то, что по сути она представляет собой «сплав» нескольких идей, которые удачно сошлись, но каждая из этих идей или направлений представляли интерес сами по себе. Действительно, обсуждение IFL неотделимо от концепции теоретико-игровой семантики, хотя последняя была создана задолго до IFL. В общем представлении, вполне оправданном, теоретико-игровая семантика стала наиболее естественной (если не единственной) семантикой для IFL.

Для понимания различия между FOL и IFL приведем пример предложения $(\forall x)(\exists y)\ [\neg(x = y)]$ [7]. Рассмотрим семантическую игру для двух моделей, показывая истинность формулы для модели с двумя элементами {0, 1} и ложность для модели с одним элементом {0}. В случае модели с двумя элементами первый ход Фальсификатора «0» дает $(\exists y)\ [\neg(0 \neq y)]$. В ответ Верификатор выигрывает, выбирая «1» с результатом $\neg(0 \neq 1)$. Если Фальсификатор выбирает «1», имеем $\exists y\ [\neg(1 \neq y)]$. И в этом случае Верификатор выигрывает, выбирая «1», с результатом $\neg(1 \neq 1)$. Верификатор выигрывает, и формула на этой модели истинна.

В случае модели с одним элементом, первый ход «0» Фальсификатора дает $(\exists y)\ [\neg(0 \neq y)]$. Поскольку элемент единственен, практически у Верификатора нет другого выбора, помимо «0», с результатом $\neg(0 \neq 0)$. Фальсификатор выигрывает, и формула ложна. Для моделей с произвольным числом элементов истинностные условия для данной формулы задаются выражением формулы второго порядка $(\exists f)(\ \forall x)\ [\neg(x = f(x))]$, где f - функция Сколема, выбирающая из совокупности некоторый элемент. Заметим сразу, что в случае бесконечной модели требуется аксиома выбора. Определенная функция f определяет стратегию игры, а именно через выбор $f(0) = 1$ и $f(1) = 0$.

В IFL зависимость выбора Верификатора освобождается от зависимости действий Фальсификатора, что символически выражается использованием нотации слэша «/»: в IFL часть формулы $\exists y/x$ означает, что область действия экзистенциального квантора независима от области действия универсального квантора. Переход от FOL к IFL иллюстрируется следующим примером: формула $(\forall x)$ $(\exists y)$ $S[x, y]$ может ассоциироваться с формулой $(\forall x)$ $(\exists y/\forall x)$ $S[x, y]$. Эти формулы мало чем различаются. Но при использовании функции Сколема выразительные возможности IFL значительно большие, чем у FOL. Так, Хинтикка замечает, что некоторые выражения при «сколемизации», вроде $(\exists f)$ $(\exists g)$ $(\forall x)$ $(\forall z)$ $S[x, f(x), z, g(z)]$ не могут быть выражены в FOL, тогда как в IFL эта формула выражается в виде $(\forall x)$ $(\forall z)$ $(\exists y/\forall z)$ $(\exists u/\forall x)$ $S[x, y, z, u]$ [11, p. 51].

Поскольку в GTS существенно использование «сколемизации» как инструмента выбора игроками ходов, и эта же операция имеет существенное значение для IFL, возникает вопрос, в какой мере GTS является «плавным» переходом от FOL к IFL в качестве естественной семантики? Этот вопрос вполне законен, потому что при использовании концепции «слэша» в выражениях типа Rx/S. R не входит в область действия кванторов, связывающих переменные в S, и мы имеем откровенную странность: выражение не входит в семантическую область действия квантора, но входит в синтаксическую область квантора. При наличии такого рода странностей (среди прочих) требуется не только какое-то объяснение аномалий, которое имеет дело с вещами точными, но и реконструкция мотивации авторов IFL, предположивших, что GTS является естественной семантикой для IFL.

А. Баззони предложил такую реконструкцию [5]. В конструировании IFL важнейшую роль играет один из упомянутых выше ингредиентов, а именно, нарушение в этом языке свойства композициональности [17]. Не останавливаясь на подробной характеристике этого свойства, отметим только, что композициональность присуща стандартной семантике Тарского для FOL. И поскольку GTS также некомпозициональна, и является альтернативой семантике Тарского для FOL, эквивалентной ей, то в условиях неприменимости семантики Тарского для IFL, игровая семантика GTS остается жизнеспособной семантикой для IFL.

Эта реконструкция имеет свои резоны, поскольку IFL считается Хинтиккой и Санду расширением FOL. Так почему бы приемлемой семантике GTS не послужить IFL? Однако само по себе расширение подобного рода не является таким уж невинным. В частности, расширение не должно приводить к ситуациям, при которых невозможна редукция расширенного выражения к исходному. Но если выражение $(\forall x)\ (\exists y\ /\ x)$ (с одним слэшем) редуцируется к $\exists y \forall x$, то выражение с двойным слэшем типа $(\forall x)(\forall y)\ (\exists u\ /\ x)\ (\exists v\ /\ y)$ не редуцируется к формуле FOL. То есть, не каждая формула IFL выразима в FOL. Такой эффект Баззони интерпретирует весьма радикальным образом. Он полагает, что сходство GTS и IFL с теоретико-игровыми идеями не означает, что GTS является подходящей семантикой для IFL ввиду упомянутой нередуцируемости. Это означает, что GTS вполне подходит для FOL, но вовсе не для IFL.

Одним из резонов для принятия GTS в качестве стандартной семантики для IFL является, согласно Хинтикке то, что «…семантика независимых кванторов легче в обращении, чем их синтаксис…Теоретико-игровая семантика может быть задана уже принятой логике первого порядка. Эта семантика может быть распространена на IF-логику просто через допущение информационной независимости в смысле общей теории игр. Никаких других изменений не требуется. Не делает ли это первопорядковую IF-логику частью теории игр?» [13, p. 405].

Практически именно этот вопрос задает Баззони. В конечном счете вопрос сводится к соотношению IFL и теорий игр в целом. С одной стороны, Г. Санду со товарищи делают упор на важности теории игр для IFL [16]. В личной беседе с автором данной статьи Санду сказал, что в упомянутой выше монографии важным является предварительное изложение основных концепций теории игр. С другой стороны, Баззони полагает, что хотя GTS и IFL совпадают в некоторых аспектах в отношении теории игр, это не значит, что они совпадают в тех же самых аспектах в отношении языка. «Мы не можем позволить игровой метафоре взять верх. Процедура Хинтикки заключается в том, чтобы использовать адекватную метафору для семантики FOL, и затем грубо применить метафору к IFL, как будто метафора более важна, чем семантика. Но оказывается, что метафора подходит к языку в случае FOL, но не в случае IFL. Это не значит, что теория игр не является полезной для понимания языка, но это явно не тот случай в применении GTS к IFL» [5, p. 9].

Аргументация Баззони упускает то важное обстоятельство, что важнейшим аспектом совпадения «интересов» GTS и IFL является следующее обстоятельство. Чисто теоретико-игровое понятие игры несовершенной информацией полностью отвечает идее независимости кванторов, и это обстоятельство уже вряд ли может считаться метафорой. А. Ильченко верно отмечает, что одним из вариантов отображения несовершенной информации в семантических играх выступает внесение изменений в язык логики первого порядка, которые отражали бы идею переосмысления природы кванторов в сторону большей дескриптивной выразительности [2]. Однако при этом на первый план выступает более общая концепция Я. Хинтикки о важности дескриптивной функции языка в математическом теоретизировании по сравнению с дедуктивной [11]. Таким образом, можно предположить, что вопрос о соотношении теории игр и логических систем объемлет гораздо большее число концепций, и это предположение полностью оправдывается при рассмотрении проблем «соединения» GTS и IFL.

Тем не менее представляет интерес, в какой степени конкретные вопросы к комбинации GTS и IFL задевают общую стратегию, цель которой состоит в задании семантики новой логике. Когда говорят, что GTS гораздо более естественна для FOL, имеют в виду, что в этом случае игра будет с совершенной информацией. Что касается игр с несовершенной информацией, то в некотором смысле они менее интересны, и применяются относительно редко. Но несовершенная информация вводит в рассмотрение как раз такого рода неопределенность, которая имеет место в ситуации с информацией при независимости кванторов. Можно ли в этом случае полагать, что тут случайное совпадение? К этому вопросу мы вернемся позднее, а пока лишь заметим, что если даже совпадение и случайное, это никак не противоречит тому, что GTS является подходящей семантикой для IFL. Другой вопрос, может ли такое совпадение считаться заданием «естественной» семантики для логической системы.

Еще один вопрос к соединению GTS и IFL относится к статусу «слэша» для кванторов и для логических связок. Нет полной уверенности в том, что GTS применима в качестве семантики для всех разумных определений логических связок. Разумность в данном случае понимается как стандартное определение логических констант, дабы избежать «монстров» в виде константы типа «tonk» [4]. Но это предпочтение стандартной интерпретации логических констант возвращает нас к стандартному FOL, что может быть рассмотрено как подтверждение тезиса о естественности GTS именно для FOL.

Более серьезный вопрос о естественности GTS для IFL в сопоставлении с FOL был поднят Н. Теннантом [20, p. 110]. Проблема отрицания в IFL тесно связана с тем, как интерпретировать выигрышную стратегию для такого случая. Естественно было бы, чтобы истинность отрицания была связана с выигрышной стратегией для Фальсификатора. Это условие выполняется для игр с совершенной информацией, т.е. для GTS в применении к FOL, но оно нечетко прописано для игр с несовершенной информацией.

Понимание статуса формул IFL в существенной степени определяется тем, что каждая ее формула может быть переведена в Σ_1^1-формулу, которая выражает ее истинностные условия. Перевод осуществляется с помощью т.н. «сколемизации». Предложение $(\forall x)(\exists y)$ S[x,y] истинно, если и только если, имеется способ выбора, при заданном индивиде *a*, индивида b такого, что S[a,b]. Так как *b* зависит от *a*, эта зависимость выражается математически функцией от a, скажем g(a), которая предъявляет индивид, верифицирующий $(\exists y)$ S[a,y]. Другими словами, последнее предложение утверждает $(\exists f)(\forall x)$ S[x, f(x)]. Ясно, что такая процедура возможна только при принятии аксиомы выбора со всеми соответствующими относительно тяжелыми следствиями в отношении принятого Хинтиккой каркаса математического теоретизирования. Если сколемизация переносится на IFL, то для последней это является в некоторой степени бременем [12]. Однако сколемизация может рассматриваться и в качестве поддержки соединения GTS и IFL, если аксиома выбора является логическим принципом, весьма естественным в атмосфере игрового определения истинности логических утверждений. Этой проблеме вторит другая, рассмотренная ниже.

Помимо проблем с аксиомой выбора есть проблема «диссонанса» синтаксической и семантической трактовки утверждений IFL как Σ_1^1-формулы. Ф. Дешесне рассматривает в качестве иллюстрации такой пример [7, p. 33]. Пусть имеется утверждение $\forall y\ \exists x\ [x = y]$. Если Σ_1^1-формула эквивалентна формуле IFL, тогда перевод из одной в другую и обратно должен дать одинаковый результат. Представим такие переходы в виде таблицы

	IFL	Σ_1^1
(1)	$(\forall y)(\exists x)$ [x = y]	
(2)		$(\exists f)(\forall x)$ [x = y]
(3)	$(\forall x)(\exists y)$ /x [x = y]	

Сколемизация, будучи ключевой операцией при установлении эквивалентности, сохраняет лишь истинность при интерпретации, но не ложность. Формулы (1) и (3) эквивалентны формуле (2) в том смысле, что переход от одной к другой сохраняет истинность. Но там, где формула (1) ложна для всех моделей с двумя индивидами, формула (3) никак не является ложной. Это означает, что взаимное установление эквивалентности не замкнуто относительно ложности.

Хинтикка прекрасно осознает эту проблему, но не указывает, насколько естественно это обстоятельство: «Нарушение *tertium non datur*… нужно иметь в виду. Оно заставляет нас осознать наличие предложений, которые не являются не истинными, ни ложными. Отсюда следует, что мы должны отличать эквивалентности, установленные только для истинности двух сторон, от эквивалентностей, которые сохраняют как истинность, так и ложность… В этом смысле два предложения эквивалентны, если и только если, они истинны во всех моделях, но не необходимо истинны для истинности и ложности в тех же самых моделях» [13, p. 409-410].

Некоторые указания все-таки можно получить. Коль скоро мы рассматриваем проблему большей естественности GTS для FOL по сравнению с IFL, на первый план выходит проблема перехода от FOL к IFL. Естественность семантики для исчисления в существенной степени определяется связью между синтаксисом и семантикой. И здесь мы имеем радикальное различие между FOL и IFL. «Одна из особенностей при переходе от обычной (“с затрудняющей дело зависимостью”) первопорядковой логикой к IF (“гиперкласссической”) логике состоит в том, что семантическая структура и синтаксическая структура наших формул отделены друг от друга. В обычной логике первого порядка выражение в области действие квантора может рассматриваться как шаг в процессе формирования кванторной формулы. Рассмотрение (ряда примеров – *В.Ц.*] показывает, что это не так в случае IF- логики и языков, чьей логикой является IF-логика. Это не говорит о том, что что-то не так с IF-языками. Это говорит лишь о том, что в IF-логике не соблюдается то, что лингвисты называют композициональностью. Главная идея, на которой основывается композициональность, состоит в том, что синтаксические правила образования и семантические правила интерпретации работают в тандеме. Для каждого правила, которое говорит нам, как выражение F синтаксически построено из составляющих его частей, предполагается семантическое правило, которое говорит нам, как значение F построено из значений составляющих его выражений. Взамен "значения" мы на самом деле должны говорить более обще о "семантических атрибутах". Этот параллелизм между синтаксическими и семантическими правилами безвозвратно потерян в IF-логике» [13, p. 411].

Естественность семантики, как ее понимает Ф. Баззони, заключается как раз в параллелизме семантики и синтаксиса; но коль скоро его в случае IFL нет, значит сама постановка вопроса о естественности некорректна или по крайней мере нерелевантна. Подспудный вопрос, возникающий в этом случае, состоит в более общей постановке проблемы: является ли отсутствие параллелизма между синтаксисом и семантикой достоинством или недостатком языка? С одной стороны, IFL имеет ряд «странностей», о которых частично говорилось выше, а с другой стороны, IFL имеет ряд достоинств. Проблема состоит в определении каркаса, внутри которого производится взвешивание недостатков и достоинств. Хинтикка и Санду настаивают на том, что помимо прочих вещей, IFL является более удобной логикой для математического теоретизирования, для анализа обыденного языка по сравнению с FOL. Значительная часть полемики вокруг IFL посвящена подобного рода вопросам скорее частного порядка. На самом деле, при признании важности этих частных вопросов, пафос всего предприятия с IFL зиждется на понимании того, что является «настоящей» логикой. Для подавляющего большинства исследователей такой логикой является FOL. Хинтикка полагает, что такое состояние дел является результатом контингентного исторического события, связанного с выделением Д. Гильбертом FOL в качестве базисного языка для реализации своей программы по доказательству непротиворечивости математики [8]. Этот шаг был закреплен в 1928 г. выходом в свет монографии Гильберта и Аккермана [1]. И хотя сама программа Гильберта отошла с тех пор в тень, FOL как средство математического теоретизирования осталась важным инструментом исследования. Но как это часто случается, произошла абсолютизация этого инструмента, абсолютизация до такой степени, что FOL стала считаться единственной (естественной) логикой. Именно против такого положения дел возражает Хинтикка, представив IFL как полноценную альтернативу «стандартной логике». При этом наличие «странных» свойств в новой логике неизбежно.

Учитывая все это, следует признать, что на кону стоит гораздо больше, чем просто технические детали. Если замышляется «революция в логике», как ее именуют Хинтикка и Санду [14], тогда на первый план выходят крупные проблемы, одна из которых вынесена в заголовок статьи. Отделенная от синтаксиса IFL теоретико-игровая семантика GTS нуждается в признании адекватным средством теоретизирования в логике. Здесь можно выделить две подпроблемы. Во-первых, в какой степени теоретико-игровой подход вообще применим к логике. Во-вторых, если такой подход действительно плодотворен, он должен объяснять, согласно почтенной традиции в философии науки со времен Т. Куна аномалии в науке. Рассмотрим сперва вторую подпроблему.

Что может считаться аномалией, зависит от понимания «мейнстрима» в науке. В математической логике такой аномалией определенно может считаться статья К. Геделя «Об одном еще не использованном расширении финитной точки зрения» [9], обычно именуемая в литературе как «диалектическая интерпретация». Это загадочная статья, поскольку автор не обозначил цели ее написания. Предложено несколько ее интерпретаций, ни одна из которых не является полностью убедительной, что собственно и делает результат Геделя в определенной степени аномалией. Суть работы состоит в переводе выражений первопорядковой арифметики в выражение соответствующего языка более высокого порядка, значения переменных которого ограничено рекурсивными значениями. Этот любопытный эпизод из истории математической логики имеет прямое отношение к «естественности» GTS. Хинтикка свидетельствует: «Что подразумевают эти правила перевода? В чем состоит их теоретическая мотивация? Кажется, что можно установить сотни подобных переводческих вариантов. Почему именно этот вариант? Когда я впервые увидел правила [перевода] Геделя, я никак не мог их уразуметь. Лишь значительно позже я обнаружил способ соотнести их с более широкими теоретическими вопросами в основаниях математики… В чем же заключается идея? Мне она пришла впервые с силой внезапного откровения. Правила Геделя могут быть поняты как правила определенных игр верификации и фальсификации. Две новые переменные пробегают над стратегиями двух игроков, верификатора и фальсификатора. С этой перспективы все правила Геделя внезапно обретают смысл» [3, с. 92-93].

Даже если допустить определенную долю скепсиса в отношении этого прозрения у энтузиаста GTS Хинтикки, дополнительным важным свидетельством его правоты является аналогичная идея авторитетного математического логика Д. Скотта [18]. Если озадачивающие идеи Геделя допускают весьма правдоподобную интерпретацию, это означает плодотворность GTS. Не обсуждая подробно первую подпроблему, которая представляет отдельный интерес, отметим только, что «естественность» GTS как семантики именно для IFL демонстрируется особенно ярко при построении систем эпистемической логики. Для соединения двух различных концепций - эпистемических (модальных) операторов с нотацией слэша «/» GTS оказывается наиболее естественной семантикой. На это можно было бы возразить, что сама идея эпистемической логики подразумевает теоретико-игровую интерпретацию. Однако такое возражение было бы неверным, потому что концепция игры является достаточно широким понятием, включающим многие специфические применения, а естественность определяется собственно объемом теоретического каркаса. В интересующем нас смысле можно говорить о четырех видах игр:

(i) игры верификации и фальсификации.
(ii) игры формального доказательства.
(iii) игры исследования.
(iv) игры конструирования моделей.

Естественно, что все четыре вида игр пересекаются в своем концептуальном оформлении. Например, игры (ii) и (iv) связаны между собой упоминавшейся выше интерпретацией, предложенной Я. Хинтиккой (модельные множества) и Э. Бетом (семантические таблицы) [15, p. 403, 405].

Таким образом, GTS не является специально подобранной для IFL семантикой, а оказывается естественной интерпретацией для нее в гораздо более обширном теоретическом каркасе игровой концепции. Что касается собственно IFL, то частное применение GTS как семантики кванторов совпало (можно выразиться, счастливо) с идеей независимости кванторов.

Литература

1. *Гильберт Д., Аккерман В.* Основы теоретической логики: Пер. с нем. – М.: Гос. изд-во иностр. лит., 1947.
2. *Ильченко А.И.* К вопросу об асимметрии в теоретико-игровой семантике //Логико-философские штудии. – 2015. – Т. 12, № 3.
3. *Хинтикка Я.* О Геделе. – М.: Канон+, 2014.
4. *Целищев В.В.* Нормативность дедуктивного дискурса: феноменология логических констант. – Новосибирск: Нонпарель, 2004.
5. *Bazzoni A.* Is Hintikka's Independent-Friendly Logic a Revolutionary Non-Classical First-Order Language? URL: https://www.unilog.org/contest2013/bazzoni.pdf (дата обращения 23.02.2017).
6. *Beth E.* Aspects of Modern logic. – Dordrecht: Reidel, 1970.
7. *Dechesne F.* Game, Set, Maths: Formal Investigations into Logic with Imperfect Information. – Tilburg: Universiteit van Tilburg, 2005.
8. *Detlefsen M.* Formalism // The Oxford Handbook of Philosophy of Mathematics and Logic / ed. by S. Shapiro. Oxford: Oxford Unversity Press, 2005. P. 236-317.
9. *Godel K.* Über eine bisher noch nicht benützte Erweiterung des finiten Standpunktes // Dialectica. – 1958. – Vol. 12. P. 280-287.
10. *Hintikka J.* Quantifiers, language - games, and transcendental arguments // Hintikka J. Logic, Language Games and Information. – Oxford: Clarendon Press, 1973. – P. 98-122.
11. *Hintikka J.* Principles of Mathematics Revisited. – Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
12. *Hintikka J.* Is axiom of choice a logical or set-theoretical principle? // Dialectica. – 1999. – Vol. 53. No ¾. – P. 283-290.
13. *Hintikka J.* Hyperclassical logic (a.k.a. IF-Logic) and its implications for logical theory // Bulletin of Symbolic Logic. – 2002. – Vol. 8, No.3. – P. 404-423.
14. *Hintikka J., Sandu G.* A revolution in logic? // Nordic Journal of Philosophical Logic. – 1996. – Vol. 1, No 2. – P. 169-183.
15. *Hintikka J., Sandu G.* Game-Theoretical Semantics // Handbook of Logic and Languages / Ed. by J. Van Benthem, A. ter Meulen. – N.Y.: Elsevier, 1997. – P. 361-410.
16. *Mann A., Sandu G., Sevenster M.* Independence-Friendly Logic: Game-Theoretical Approach / London Mathematical Society Lecture Notes Series, b. 386. – Camdridge: Camdridge University Press, 2011.
17. *Sandu G., Hintikka J.* Aspects of compositionality // Journal of Logic, Language and Information. – 2001. – Vol. 10. – P. 49-61.
18. *Scott D.* A game-theoretical interpretation of logical formulae // Kurt Godel Society, Year Book 1991. – Vienna, 1993. – P. 47-48.
19. *Smullyan R.* First-Oder Logic. – Berlin: Springer, 1968.
20. *Tennant N.* Games some people would have all of us play // Philosophia Mathematica. Ser. III. 1998. – Vol. 6. – P. 90-115.

21. *Väänänen, J.* Dependence Logic: A New Approach to Independence Friendly Logic. – Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

References

1. *Gilbert, D., & V. Akkerman.* (1947). Osnovy teoreticheskoy logiki [Principle of Theoretical Logic]. Transl from Germen. Moscow. (In Russ.).
2. *Ilchenko, A.I.* (2015). K voprosu ob asimmetrii v teoretiko-igrovoy semantike [On the asymmetry in game-theoretical semantics] // Logiko-filosopskieje shtudii [Logico-Philosophycal Studies], Vol. 12, No 3. (In Russ.).
3. *Hintikka, J.* (2014). O Godele [About Godel]. Moscow, Kanon+. (In Russ.).
4. *Tselishchev, V.V.* (2004). Normativnost deduktivnogo diskursa: fenomenologiya logicheskikh constant [The normativity of the Deductive Discourse: Phenomenology of the Logical Constants]. Novosibirsk, Nonparel Publ.
5. *Bazzoni, A.* (2013). Is Hintikka's Independent-Friendly Logic a Revolutionary Non-Classical First-Order Language? Available at: https://www.uni-log.org/contest2013/bazzoni.pdf. (date of access: 23.02.2017).
6. *Beth, E.* (1970). Aspects of modern Logic. Dordrecht, Reidel.
7. *Dechesne, F.* (2005). Game, Set, Maths: Formal Investigations into Logic with Imperfect Information. Tilburg, Universiteit van Tilburg.
8. *Detlefsen, M.* (2005). Formalism. In: Shapiro, S. (Ed.) The Oxford Handbook of Philosophy of Mathematics and Logic. Oxford, Oxford Unversity Press.
9. *Godel, K.* (1958). Über eine bisher noch nicht benützte Erweiterung des finiten Standpunktes. Dialectica, 12.
10. *Hintikka, J.* (1973). Quantifiers, language-games, and transcendental arguments. In: Hintikka J. Logic, Language Games and Information. Oxford, Clarendon Press.
11. *Hintikka, J.* (1996)/ Principles of Mathematics Revisited. Cambridge, Cambridge University Press.
12. *Hintikka, J.* (1999). Is axiom of choice a logical or set-theoretical principle? Dialectica, Vol. 53, No ¾.
13. *Hintikka, J.* (2002). Hyperclassical logic (a.k.a. IF-Logic) and its implications for logical theory. Bulletin of Symbolic Logic, Vol. 8, No 3.
14. *Hintikka, J., & G. Sandu.* (1996) A revolution in logic? // Nordic Journal of Philosophical Logic, Vol. 1, No 2.
15. *Hintikka, J., & G. Sandu.* (1997). Game-Theoretical Semantics. In: Benthen, J., van & A. ter Meulen (Eds.). Handbook of Logic and Languages. New York, Elsevier.
16. *Mann, A., G. Sandu, & M. Sevenster.* Independence-Friendly Logic: Game-Theoretical Approach. London Mathematical Society Lecture Notes Series, book 386. Camdridge, Camdridge University Press.
17. *Sandu, G., & J. Hintikka.* (2001). Aspects of compositionality. Journal of Logic, Language and Information, 10.
18. *Scott, D.* (1993). A Game-Theoretical Interpretation of Logical Formulae. In: Kurt Godel Society, Year Book 1991, Vienna.
19. *Smullyan, R.* (1968). First-Oder Logic. Berlin, Springer.
20. *Tennant, N.* (1998). Games some people would have all of us play. Philosophia Mathematica, Series III, 6.
21. *Väänänen, J.* (2007). Dependence Logic: A New Approach to Independence Friendly Logic. Cambridge, Cambridge University Press.

Информация об авторе

Целищев Виталий Валентинович – доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой гносеологии и истории философии Новосибирского национального исследовательского государственного университета (630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2); научный руководитель Института философии и права СО РАН (630090, Новосибирск, ул. Николаева, 8, e-mail:leitval@gmail.com).

Information about the author

Tselishchev, Vitaliy Valentinovich – Doctor of Sciences (Philosophy), Professor, Chief of the Department of Gnoseology and History of Philosophy at Novosibirsk National Research State University (2, Pirogov st., Novosibirsk, 630090, Russia); Scientific Director at the Institute of Philosophy and Law, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (8, Nikolaev st., Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: leitval@gmail.com).

Дата поступления 25.08.2017