

РАЗВИТИЕ БАЗОВЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ Н.Н. МОИСЕЕВА И Ю.Б. ГЕРМЕЙЕРА ОБ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ В ОПЕРАЦИОННОМ ИГРОВОМ СЦЕНАРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Шевченко В.В.

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН,
Россия, г. Москва ул. Вавилова д.40
vsh1953@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются качественные (описательные) и точные представления Н.Н. Моисеева и Ю.Б. Гермейера об общественных процессах. Анализируется развитие этих представлений в работах их последователей. Описываются принципы точного описания общественных процессов в рамках одного из направлений развития представлений школы Гермейера-Моисеева – операционного игрового сценарного моделирования.

Ключевые слова: общественный процесс, теория игр, исследование операций, операционная игра, сценарное моделирование, принятие решений, геополитика.

Введение

Итогом качественного, философского осмысления Н.Н. Моисеевым фундаментальных законов мироздания, неживой природы, жизнедеятельности биологических организмов и биосферы в целом, человека и общества стала сформулированная им теория универсального эволюционизма [1-3]. Базовыми постулативными понятиями этой теории являются понятия «элемент», «взаимодействие», «совокупность», «информация». Далее определяется понятие «системы», как совокупности взаимодействующих элементов. При таком определении, естественно, элемент тоже является системой (совокупность из одного элемента, взаимодействующего с самим собой). В процессе взаимодействия системы могут получать друг о друге информацию и строить образы друг друга. Всем системам от природы присущи стремление к чему-то (к достижению тех или иных целей) и способность трансформироваться тем или иным образом для достижения своих целей. Что порождает всеобщий эволюционизм, постоянную трансформацию всего сущего. При этом свойства любой системы определяются как свойствами составляющих её элементов, так и дополнительными, её собственными системными свойствами. Цели элементов могут противоречить целям системы, а могут и гармонизировать с ними. Во втором случае можно говорить о коэволюции.

Можно ли назвать универсальный эволюционизм Н.Н. Моисеева чем-то принципиально новым, уникальным, опережающим своё время? Наверное, и да, и нет. Представление о творческом начале, присущем всему в природе, старо как мир («всё течёт, всё меняется» Гераклита, витализм в философии, «искусство природы» у А.А. Дородницына, и т.п.). По собственному признанию Моисеева, большое влияние на его мирозерцание оказал один из последователей «русского космизма» (основателем которого считается создатель каталогов Румянцевской, ставшей Ленинской, библиотеки Н.Ф. Фёдоров) Н.В. Тимофеев-Ресовский. «Он нам сумел показать, сколь велико это русское естествознание, и заставил нас чувствовать, что мы – не Иваны, родства не помнящие, а наследники великой культуры, за которую ещё и в ответе» [4, стр. 235]. Как совокупность взаимодействующих элементов определяли систему и другие инициаторы направления «общая теория систем». Но видение каждого, серьёзно задумавшегося надо всеми этими самыми сложными вопросами, индивидуально и неповторимо. Оригинально оно и у Н.Н. Моисеева.

Любовь к числам, склонность к точному мышлению, естественное стремление минимизировать постулативную основу своего мирозерцания и мышления не позволяют удовлетвориться базовой системой исходных понятий и представлений теории универсального эволюционизма. Действительно, что есть «элемент», «взаимодействие», «совокупность», «цель»? Всегда существовали мыслители, которые стремились прийти к пониманию смысла этих и других базовых терминов («пространство», «время», «масса», «энергия», «гармония», «добро», «зло») от понятия числа и натурального ряда (Пифагор, Архимед, Ньютон, Лейбниц, Гаусс, Кронекер, Пеано, Пуанкаре, ...). Стремилась к этому, конечно, и сокурсники (мехмат МГУ) и соратники (НИИ-2 МО, ВЦ АН СССР) Н.Н. Моисеев и Ю.Б. Гермейер.

Опираясь на блестящие математические способности, университетское математическое образование и опыт работы по созданию торпед Ю.Б. Гермейер и Н.Н. Моисеев сформулировали базовые представления теории иерархических систем и исследования операций [5,6] и теории игр с непротивоположными интересами [7], определив достаточно строго понятия «операция»,

«исследователя операции», «оперирующей стороны» (или первого игрока, в интересах которого проводится исследование операции). На вопрос о том, зачем нужна иерархия Никита Николаевич даёт неожиданный ответ: «без разделения функций принятия решений система вообще не сможет функционировать» [8, стр. 215]. Принятие каждого решения требует аналитической обработки информации. Решений постоянно принимается много, центр не может с этим справиться. Возникает необходимость создания самостоятельно функционирующих подсистем. Децентрализация упрощает процедуры принятия конкретных решений с уменьшением неопределённостей, но она же порождает новые неопределённости, связанные с «неизбежностью противоречий между целым и его частями, которые проявляются в первую очередь в нетождественности интересов всей системы и её отдельных звеньев» [8, стр. 215]. Возникают многокритериальные и игровые задачи. При этом делается вывод о том, что «вместе с совершенствованием технологии передачи и обработки информации уровень централизации растёт» [8, стр. 217]. Сформулировав отмеченные базовые представления, соратники начали углубляться, каждый по своему.

1 Базовые представления Н.Н. Моисеева и Ю.Б. Гермейера об общественных процессах

Юрий Борисович определил и начал исследовать класс игровых моделей, получивших название иерархических игр Гермейера. В рамках этого класса разработан ряд работоспособных моделей иерархического взаимодействия с тремя базовыми схемами информационного обмена между центром (игроком верхнего уровня иерархии) и подчинёнными игроками (игры Γ , Γ_1 , Γ_2). Эти базовые схемы явились следствием точного осмысления, формализации реальных практических схем взаимодействия заказчика и поставщика, руководителя и работника. Для каждой из схем формируется определённый механизм централизованного управления подсистемами нижнего уровня иерархии (механизмы Гермейера). При этом центр осуществляет свой выбор, опираясь на принцип наибольшего гарантированного результата (ожидания наилучшего для своих интересов поведения других игроков).

Пусть Центр стремится к достижению наибольшего значения критерия эффективности $f_0(x, u)$, где выбор центра $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$, $u_i \in U_i$, $u \in U, U = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$, выборы подсистем (игроков) $x_i \in X_i$, $x = (x_1, \dots, x_n)$. Подсистемы нижнего уровня иерархии стремятся к увеличению критериев эффективности $f_i(x_i, u_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$, $x_i \in X_i$ будем считать их непрерывными на произведении компактов $U, X_1 \times \dots \times X_n$.

В игре Γ_1 , моделирующей закупку центром любого объёма продукции или услуг у игроков нижнего уровня по объявленным центром ценам, рассматривается первая схема такого взаимодействия и механизмы 1-го типа (прямые). Функционалы считаются известными всем игрокам. Механизм управления Центром состоит в назначении конкретных значений $u \in U$ и сообщении их подсистемам.

Наилучшие значения управляющих переменных определяются из решения задачи

$$G_1 = \sup_{u \in U} \min_{x_i \in B_i^1(u_i)} f_0(x, u),$$

где B_i^1 – множество оптимальных откликов подсистем

$$B_i^1 = \left\{ x_i \in X_i \mid f_i(x_i, u_i) = \max_{y_i \in X_i} f_i(y_i, u_i) \right\}.$$

Таковыми механизмами управления прямого типа являются: назначение плановых заданий, распределение ресурсов, назначение цен, квот, и других ограничений на производство.

В игре Γ_2 рассматривается схема взаимодействия, в рамках которой Центр берёт на себя обязательство в виде зависимости суммы оплаты от объёма поставляемых продукции или услуг (тем самым опять-таки делая свой выбор первым), после чего второй игрок выбирает объём поставок. В этом случае Центр рассчитывает на информацию о выборах подсистем в момент выбора собственной стратегии и формулирует механизм как функции $\tilde{u}_i = u_i(x_i)$. Тогда

$$B_i^2(\tilde{u}_i) = \left\{ x_i \in X_i \mid f_i(x_i, u_i(x_i)) = \sup_{y_i \in X_i} f_i(y_i, \tilde{u}_i) - \delta_i(\tilde{u}_i) \right\},$$

$$\delta_i(\tilde{u}_i) \geq 0,$$

и наибольший гарантированный результат центра равняется

$$G_2 = \sup_{\tilde{u} \in \tilde{U}} \inf_{x_i \in B_i^2(\tilde{u}_i)} f_0(x, \tilde{u}),$$

при этом $\delta_i(\tilde{u}_i) = 0$ тогда и только тогда, когда достигается $\max_{y_i \in X_i} f_i(y_i, \tilde{u}_i)$.

Таковыми механизмами являются: тарифные сетки, правила поощрений и штрафных санкций, налоговая политика, механизмы стимулирования.

В игре G_3 Центр рассчитывает на информацию о функции $\tilde{x}_i = x_i(u_i)$. Механизм управления центра – функционал $\tilde{u}_i = u_i(\tilde{x}_i)$. Если $x_i(u_i)$ – производственная функция подсистемы, связывающая выпуск продукции с выделенным ресурсом u_i выбором которой распоряжается подсистема, то механизм управления – это правило выделения конкретного объема ресурса u_i в зависимости от способа его использования, при выдаче кредита может быть обусловлена программа его использования.

Множество откликов подсистем определяется в виде

$$B_i^3(\tilde{u}_i) = \left\{ \tilde{x}_i \in \tilde{X}_i \mid f_i(\tilde{x}_i, \tilde{u}_i) = \sup_{y_i \in X_i} f_i(y_i, u_i(y_i)) - \delta_i(\tilde{u}_i) \right\}, \quad \delta_i(\tilde{u}_i) \geq 0,$$

и наибольший гарантированный результат центра равняется

$$G_3 = \sup_{\tilde{u} \in \tilde{U}} \inf_{\tilde{x}_i \in B_i^3(\tilde{u}_i)} f_0(\tilde{x}, \tilde{u}),$$

при этом $\delta_i(\tilde{u}_i) = 0$ тогда и только тогда, когда достигается $\max_{y_i \in X_i} f_i(y_i, u_i(y_i))$.

К механизмам данного типа относятся процедуры кредитования.

В одной из последних прижизненных работ Ю.Б. Гермейера и одного из его ближайших учеников И.А. Вателя [8] предложен к рассмотрению класс игровых моделей взаимодействия многих игроков нулевого уровня (людей), объединённых в коалиции первого уровня, которые могут быть объединены в коалиции второго уровня и т.д. У каждого игрока нулевого уровня, как индивида, и у каждой коалиции имеются однокритериальные интересы. Делая свою игру, игроки нулевого уровня формируют свой итоговый критерий как ту или иную свёртку индивидуальных интересов с интересами всех коалиций, в которые они входят непосредственно или как участники других коалиций (каждый является членом семьи, жителем района, работником предприятия, гражданином страны, жителем планеты). Для игры с распределением ресурсов для случая свёртки в виде минимума из перечня индивидуальных интересов и интересов коалиций игрока, помноженных на его «коэффициенты альтруизма» в отношении данных коалиций, построен алгоритм отыскания простого (Ватель-Гермейер), а затем и сильного (Н.С. Кукушкин) равновесия по Нэшу (конструктивно доказано существование такого равновесия в любой игре рассматриваемого класса).

В это же время Н.Н. Моисеев предложил несколько иной подход к исследованию иерархических систем [9, стр. 214-266]. Он начал с рассмотрения «объединения N промышленных предприятий (трест, синдикат), выпускающих однотипную продукцию» – Центра. Производители (участники объединения) выпускают объёмы продукции (каждый своей, но однотипной) P_1, \dots, P_N . Были рассмотрены случаи производства дефицитного и недефицитного продукта с плановым заданием от внешнего заказчика, выделяющего инвестиционный ресурс и фонд заработной платы, случай хозрасчетной фирмы, реализующей продукт на рынке. Далее были поставлены и проанализированы общая статическая задача, двухуровневая и общая динамические задачи, рассмотрен пример трёхступенчатой иерархической системы (Государство, Центры, Производители). Общая динамическая задача была поставлена так:

Рассматривается система, состоящая из центра и N производителей, фазовое состояние которых обозначается векторами x_i , $i = 1, \dots, N$ $x_i \in G_{x_i}$. Динамика фазовых состояний производителей определяется системой

$$\dot{x}_i = f_i(u_i, \gamma_i, \phi_i(\gamma_i), \xi_i), \quad i = 1, \dots, N \quad (1)$$

$u_i(t)$ (u_1, \dots, u_N) $\in G_u$ – экзогенный ресурс, находящийся в распоряжении Центра; $\gamma_i(t) \in G_{\gamma_i}$ – вектор управления i -го производителя; $\phi_i(\gamma_i) \{ \phi_1, \dots, \phi_N \} \in G_\phi$ – функции поощрения в распоряжении центра; $\xi_i(t)$ – неизвестные или случайные функции времени (или параметров).

По информации каждого из производителей $\xi_i \in g_i$, по информации Центра $\xi_i \in G_i$, возможно информация производителя более точная, т.е. $g_i \subset G_i$.

Центр имеет гипотезы о целях и стратегиях поведения производителей, согласно которым производители выбирают управления, стремясь доставить максимальное значение функционалам

$$J_i = \int_0^{T_i} F_i(x_i, \gamma_i, u_i, \phi_i(\gamma_i), \xi_i, t) dt. \quad (2)$$

Гипотезы центра могут и не соответствовать реальному поведению производителей.

Целевая функция Центра записывается в виде

$$J = \int_0^T F(x_1, \dots, x_N, \gamma_1, \dots, \gamma_N, u_1, \dots, u_N, \phi_1(\gamma_1), \dots, \phi(\gamma_N), \xi_1, \dots, \xi_N, t) dt. \quad (3)$$

Выражения (1-3) описывают весьма сложную дифференциальную игру. Иерархические игры Гермейера, равно как и игры с иерархическим вектором интересов Вателя-Гермейера [8] являются статическими играми. В этом принципиальная разница подходов Н.Н. Моисеева и Ю.Б. Гермейера к формализации описательных наук, связанных с общественными процессами. Заметим, что своё видение методологии и путей формализации описательных наук имел и А.А. Дородницын [10].

В 1977 году, уже после скоростного ухода Юрия Борисовича, Никита Николаевич, осмысливая игры с иерархическим вектором интересов Вателя-Гермейера [8] ввёл в рассмотрение понятие кибернетических систем Гермейера. В определении Моисеева «В таких системах интересы субъекта номера i , в распоряжении которого находится управление u_i , представлены как «личным», так и «общественным» компонентом. При этом последние отражают групповые интересы всех тех сообществ, членом которых является данный субъект» [9, стр. 252].

2 Развитие основополагающих представлений Ю.Б. Гермейера и Н.Н. Моисеева в области теории игр и исследования операций

Сопоставляя подходы Н.Н. Моисеева и Ю.Б. Гермейера, уместно вспомнить о том, что основоположники математической теории игр Дж. фон Нейман и О. Моргенштерн предостерегали учёных, работающих в области экономика-математического моделирования, от злоупотребления дифференциальными уравнениями. Они считали, что математика, адекватно описывающая физические процессы, для экономики не годится. Нужна иная, соответствующая данной предметной области, математика. И предлагали начать с соответствующего нормам научной строгости описания «простейших фактов экономической жизни». С этим, в принципе, был согласен и Н.Н. Моисеев, считая, что: «Анализ (а тем более синтез) систем, наделённых иерархической структурой, не сводится к классической теории оптимальных систем. И дело здесь даже не в том, что во многих случаях функционирование иерархических систем описывается операторами более сложной природы, нежели дифференциальные. В этих системах изменяется само понятие оптимальности» [9, стр. 214]. Но в качестве базовой модели исследование динамики иерархической системы предложил-таки дифференциальную игру. Ю.Б. Гермейер не торопился с переходом от анализа статических к анализу динамических игр. Один из его ближайших учеников А.Ф. Кононенко, одна из диссертаций которого связана именно с дифференциальными играми, принципиально отделял этот класс игр от инструментов анализа экономических процессов, рассматривая со своими учениками статические и многошаговые (разворачивающиеся в дискретном времени) игры. По сути, они следовали завету основоположников сначала построить отвечающие нормам научной строгости точные описания простейших фактов экономической жизни. И принципу С.П. Королёва: «Семь раз отмерь, хорошенько проверь, ещё раз отмерь, потом отрежь».

Расширение знаний естественным образом расширяет и круг вопросов (Зенон). Широкий круг вопросов оставило и наследие Н.Н. Моисеева и Ю.Б. Гермейера в области исследования общественных процессов. Как корректно и адекватно представлять в виде статических игр одномоментные простейшие факты экономической жизни (которые в производственно-экономической практике именуется хозяйственными фактами)? Как описывать более сложные рефлексивные взаимодействия, чем те, которые рассматриваются в иерархических играх Гермейера? Как, оставаясь в рамках подхода Ю.Б. Гермейера, корректно перейти от анализа статических к анализу динамических многошаговых игр? Каковы границы возможностей анализа общественных процессов с использованием предложенной Н.Н. Моисеевым дифференциальной игры и дифференциальных игр в целом? Как корректно анализировать влияние неопределённостей, не управляемых игроками? Как работать с ограничениями, анализировать конфликты, связанные с ограниченностью тех или иных ресурсов? Как агрегировать информацию, фазовые (конфигурационные) пространства игрового взаимодействия, самих игроков? Как выстроить методологию имитационного моделирования общественных процессов? Как работать с имеющимися ретроспективными данными, извлекая из них максимум полезного? Как анализировать финансовые

рынки, финансовые взаимодействия в целом? Как перейти к решению широкого круга задач прикладного характера? В решение этих вопросов погрузились ученики и последователи Ю.Б. Гермейера, А.А. Дородницына, Н.Н. Моисеева.

А.А. Петров и П.С. Краснощёков со своими учениками и последователями продолжили работу с разностными и дифференциальными моделями общественных процессов. Были построены, проанализированы, использованы для реальных оценок многие модели многоагентных взаимодействий на базе уравнений материального и финансового баланса [11]. А.А. Шананиным и его учениками разработана методология решения обратных задач с целью выявления производственных функций, принципов оптимальности агентов исходя из имеющихся ретроспективных данных. В плане использования ретроспективных данных развивались и иные эконометрические методы. Оригинальная методология исследования общественных процессов развивается И.Г. Поспеловым и его учениками. П.С. Краснощёков с соратниками провели ряд исследований боевых действий с использованием уравнения Осипова-Ланчестера и других инструментов. Ю.Н. Павловский со своими соратниками построили и исследовали целый ряд имитационных моделей общественных взаимодействий [12], прорисовалась общая методология имитационного моделирования, активно развиваемая Ю.И. Бродским. Интересна и методология агрегирования систем дифференциальных уравнений В.И. Ёлкина. Над моделированием финансовых взаимодействий и коалиций взаимного кредитования активно работает один из ближайших учеников и Н.Н. Моисеева и Ю.Б. Гермейера Ф.И. Ерешко со своими соратниками. Обобщены, в частности, известные методы использования математических методов при управлении портфелями ценных бумаг (континуальный критерий VaR Г.А. Агасандяна). Отделом В.Р. Хачатурова проведены большие работы по поддержке принятия решений по управлению нефтегазовым комплексом Западной Сибири (всё сделанное внедрено и используется). Отделом В.И. Цуркова развиваются оригинальные методы и инструменты анализа сложных систем. Продолжаются фундаментальные исследования иерархических игр Гермейера и игр с иерархическим вектором интересов Вателя-Гермейера (М.А. Горелов, В.А. Горелик, Н.С. Кукушкин, Н.М. Новикова, Е.З. Мохонько). С целью рефлексивного анализа экономических процессов В.В. Охрименко разработана концепция игроков с градиентным поведением («бегут туда, где видят кусок побольше»), спекулянтов 1-го, 2-го и т.д. уровней, показано возникновение циклических решений (кризисы) в системах игроков с градиентным поведением. Под значительным влиянием базовых представлений Ю.Б. Гермейера и Н.Н. Моисеева развивается и теория рефлексивных игр Д.А. Новикова и А.Г. Чхартишвили. Вполне может быть названа близкой и тесно связанной с нашими исследованиями и теория активных систем В.Н. Буркова, развиваемая его многочисленными учениками и последователями. Усилиями школы А.Ф. Кононенко развиты методы и инструменты анализа неопределённостей, агрегирования, совместных ограничений в статических и многошаговых играх Гермейера. Рассмотрена, проанализирована (с определением сильного равновесия по Нэшу), использована для анализа ретроспективных данных по выбросам парниковых газов и Киотскому протоколу игра Вателя-Гермейера, в которой рассматривается не деление ресурса, а варьирование игроками (странами G20) энергозатрат, от которых зависят их ВВП и экологический ущерб планете от их производственно-экономической деятельности. Пришло время обобщений, объединяющих достигнутое в единое целое.

3 Базовые представления операционного игрового сценарного моделирования

В конце 90-х и начале 2000-х была инициирована ФЦП «Реформирование и развитие ОПК 2002-2006 годы». А.Ф. Кононенко с автором активно включились в реализацию данной ФЦП, назначением которой были инвентаризация и структуризация с выстраиванием системы ВИС (вертикально-интегрированных структур) в значительной степени разграбленного оборонно-промышленного комплекса (ОПК) России. В процессе этой работы (требующей совместной работы с руководителями оборонных предприятий и их ближайшими помощниками) появился вполне определённый подход к объединению базовых представлений теории игр и исследования операций с базовыми представлениями аналитического бухгалтерского и управленческого учёта (исходно идеология такого объединения была сформулирована одним из учеников А.Ф. Кононенко С.А. Отенко, трагически погибшим в 90-е). Прорисовался класс игровых моделей, о которых А.Ф. Кононенко сказал: «Сложные получаются игры, но интересные». В декабре 2003 года А.А. Петров, проявивший живой интерес к этому подходу, предложил нам сделать доклад на его семинаре. С интересом откликнулись и В.Н. Бурков, И.Г. Поспелов, Ф.И. Ерешко, другие исследователи. Этот класс игровых моделей был назван нами операционными играми [13-15]. В чём суть этого подхода?

Пусть имеется N игроков (одним из которых может быть и природа), взаимодействующих на отрезке дискретного или непрерывного времени, фазовое состояние которых обозначим векторами x_i , $i = 1, \dots, N$, $x_i \in G_{x_i} \subseteq R^{n_i}$. Размерности векторов n_1, \dots, n_N . Будем считать, что их взаимодействие реализуется путём проведения ими одномоментных операций, в процессе которых изменяется и положение игрового процесса в своём фазовом пространстве (являющемся декартовым произведением фазовых пространств игроков $G = G_{x_1} \times \dots \times G_{x_N}$, $G \subseteq R^{n_1 + \dots + n_N}$) и параметры самих операций. Описывая операцию, будем задавать

- подмножество множества игроков $I_j \in \{1, \dots, N\}$ (множество ЛПР операции), принимающих участие в принятии решений по её проведению, в определении векторов u_j управлений j -й операции при её проведении;
- функцию (вектор-функцию) свёртки операции $f_j(\gamma_k^j (k \in I_j), \xi_j)$, представляющую собой алгоритм определения вектора управления операции по выборам игроков из множества ЛПР операции γ_k^j (из своих множеств выборов по данной операции H_k^j) и по реализациям связанных с данной операцией неопределённостей $\xi_j \in E_j$;
- множества простых PR_j и операторных PR_j^o действий данной операции, реализующихся при проведении операции и меняющих положение игрового процесса в фазовом пространстве (простые действия) и параметры самих операций (операторные действия).

Множество операций операционной игры обозначим $OP = \{op_1, \dots, op_M\}$.

Множества простых и операторных действий PR и PR^o будем считать едиными (общими) для всех операций. Этим множествам принадлежат множества действий операций. Числа действий в множествах PR и PR^o обозначим Q и Q^o , числа проводок j -й операции – Q_j и Q_j^o . Будем также полагать унифицированным, заданной размерности L , общей для всех операций, вектор управления операций (в каждой конкретной операции некоторые его компоненты могут не использоваться). С каждым l -м простым или операторным действием j -й операции связаны в общем случае несколько функций сумм этого действия, зависящих от вектора управления: $S_{j11}, \dots, S_{j1\alpha_j}$ для простого действия или $S_{j11}^o, \dots, S_{j1\beta_j}^o$ для операторного. На эти суммы (положительные, отрицательные, нулевые) изменяются при реализации действия связанные с данной суммой координата фазового пространства G или связанный параметр действия или операции.

В каждый момент времени игрового взаимодействия сделанные игроками выборы и реализации неопределённостей определяют некоторое следующее из проводимых операций перемещение в пространстве $R^{n_1 + \dots + n_N}$. Но это перемещение может выводить процесс из допустимой области G . В связи с чем, в каждой операционной игре подлежит определению регулирующее правило, корректирующее управления операций так, чтобы этого не происходило. В простом и наиболее распространённом случае ограниченности ресурсов такими правилами могут быть пропорциональные урезания запрашиваемых операциями ресурсов, системы приоритетов операций, другие. Будем считать, что такое правило определено и вектора управлений, определяемые функциями свёртки операций, становятся аргументами функций сумм действий после коррекции регулирующим правилом. Скорректированные вектора управления будем отмечать волной (\tilde{u}_j).

С каждой суммой S_{jlm} простого действия той или иной операции связана некоторая координата пространства игрового взаимодействия $R^{n_1 + \dots + n_N}$ x_{ir} $i \in \{1, \dots, N\}$, $r \in \{1, \dots, n_i\}$, которую данная сумма меняет. Обозначим δ_{jlm}^{ir} индикатор, равный единице, если с S_{jlm} связана именно x_{ir} , и нулю в противном случае. Тогда система уравнений динамики фазовых переменных в операционном игровом взаимодействии в дискретном времени запишется как

$$x_{ir}(t + 1) = x_{ir}(t) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{Q_j} \sum_{m=1}^{\alpha_{jl}} \delta_{jlm}^{ir} \cdot S_{jlm}(\tilde{u}_j(t)) \quad i = 1, \dots, N; \quad r = 1, \dots, n_i \quad (4)$$

Аналогично (4) запишется и система уравнений динамики тех параметров действий и операций, которые могут менять операторные действия. Если таких параметров K и они упорядочены, обозначим их p_1, \dots, p_K . Система уравнений их динамики запишется как

$$\pi_q(t+1) = \pi_q(t) + \sum_{j=1}^M \sum_{l=1}^{Q_j} \sum_{m=1}^{\beta_{jl}} \delta_{jlm}^{oq} \cdot S_{jlm}^o(\tilde{u}_j(t)) \quad q = 1, \dots, K; \quad (5)$$

Системы (4-5) вместе с регулирующим правилом позволяют проигрывать (имитировать) любое операционное игровое взаимодействие данной операционной игры, если известны выборы игроков и реализации неопределённостей в каждый момент отрезка дискретного времени этого взаимодействия. Выборы игроков определяются их принципами оптимальности и принятыми ими стратегиями поведения (в виде программы или синтеза), которые могут быть самыми разными. Неопределённости могут как описываться, так и не описываться теми или иными распределениями вероятностей.

По вопросу о выборе принципов оптимальности сломано немало копий. Убеждать здесь кого-то в чём-то трудно. Можно лишь предложить своё видение. В работах [13-14] мы исходили из того, что естественным, природным стремлением любого доброго, разумного, созидательного игрока (агента) является повышение совокупных активов круга любимых людей без уменьшения совокупных активов планеты. При этом под совокупными активами понимается (в первом линейном приближении) сумма чистых активов в бухгалтерском смысле (что останется, если отдать и получить все долги и реализовать всё, что имеешь), денежных оценок прав владения или собственности на природные ресурсы, человеческого капитала, с учётом уровней здоровья, квалификации, просвещённости, репутационных и консолидационных (сплочённость) активов. Естественным методом принятия решений можно считать принцип рефлексивной оптимизации (в неявном виде многократно высказанный в работах Н.Н. Моисеева). В соответствии с этим принципом игрок, полагаясь на свою интуицию, выдвигает те или иные рабочие гипотезы о стратегиях поведения других игроков и об ожидаемой реализации неопределённых факторов (возможно включающие те или иные предположения о тех или иных распределениях вероятности). Совокупность этих гипотез позволяет свести игровую задачу к оптимизационной (максимизируем свой функционал при условии, что гипотезы оправдаются). Решение принимается исходя из решения такой оптимизационной задачи.

Весьма гибким языком описания ограничений законодательного и иного характера, обязательств игроков, предположений о поведении других игроков и реализации неопределённостей являются записи вида

ЕСЛИ <условие> ТО <действие> ИНАЧЕ <санкция>,

в которых <условие> имеет формат логического предложения, терминами которого могут быть любые простейшие констатации о значениях (или интервалах значений) фазовых переменных, выборов игроков, реализациях неопределённостей, наличии и исполнении тех или иных обязательств, информированности игроков с начала игры до текущего момента; <действие> и <санкция> имеют императивный формат регламентации (возможно интервальной) выборов игроков в текущий момент времени.

Для задания информационной структуры операционной игры необходимо определить, какое подмножество полной информации о ходе игрового взаимодействия имеет каждый из игроков в каждый момент этого взаимодействия. Под полной информацией при этом понимается точное знание о динамике фазовых переменных, выборов, реализаций неопределённостей, совокупностей обязательств, ограничений, избранных стратегий поведения игроков.

К настоящему моменту накоплен значительный опыт практического использования основанной на теории операционных игр методологии операционного игрового сценарного моделирования. Вслед за работой в рамках ФЦП «Реформирование и развитие ОПК 2002-2006 годы» (в которой метод был использован в процессе разработки при большем или меньшем нашем участии программ создания 9-ти ВИС в ОПК РФ) методология была принята за основу сценарного прогнозирования динамики основных показателей промышленного комплекса в целом и ОПК Москвы (самых комплексов и их отраслей или видов экономической деятельности) при разработке Промышленной политики Правительства Москвы 2007-09 годов и Генеральной схемы развития и размещения промышленности Москвы 2008-20 годы. Далее методология использовалась в процессе создания модуля моделирования СЦ ГАС ГОЗ (ситуационного центра государственной автоматизированной системы гособоронзаказа) и системы оценки проектов реконструкции предприятий в стрелковой отрасли ОПК РФ. Были построены и исследованы максимально агрегированные макроэкономические операционные игровые модели (автаркическая однопродуктовая и не автаркическая двухпродуктовая с двумя валютами) с игроками Власть, Труженики, Паразиты (в не автаркической страны и внешнего мира – 6 игроков). В рамках этих моделей наглядно показано, что паразитизм коррупционно-криминального, процентного и посреднического характера влияет на демографическую и инфляционную динамику значительно сильнее всех других факторов. Показано также, что

устойчивое развитие страны и внешнего мира, связанных необходимостью потребления продукта друг друга для выживания, возможно лишь при поддерживающей выживание государственной политики (иначе кто-то кого-то сживает со свету и затем гибнет сам).

В процессе использования данной методологии рассматривались обменные (купли продажи продукции, услуг, труда), производственные, инвестиционные, кредитные, инновационно-модернизационные, НИОКР, потребительские, налоговые, природоохранные, здравоохранительные, обучающие, просветительские, демографические разрушительные операции. Для каждого типа операций определялись те или иные форматы, задавались характеристики и управления. Из уравнений (4), в разных случаях выбранных для рассмотрения типов операций, получаются, в числе прочего, и известные, широко используемые системы соотношений. Уравнения материального и финансового баланса естественным образом получаются при рассмотрении только обменных, производственных, налоговых и потребительских операций. При расширении круга рассматриваемых операций базовая система уравнений динамики игрового процесса усложняется. По-видимому, перспективно и интересно представлять в операционном виде самые различные экономико-математические модели.

Заключение

Судя по всему, методология операционного игрового моделирования может служить основой для разработки существенно опережающей достигнутой уровень платформы генерации в режиме меню ИАС (информационно-аналитических систем) поддержки принятия микро- и макроэкономических решений.

Возможны и необходимы и теоретические исследования класса операционных игр. Автором предложено также рассмотрение класса рефлексивных операционных игр с иерархическим вектором интересов, в рамках которого объединяются базовые представления теорий игр Вателя-Гермейера, операционных игр, рефлексивных игр Новикова-Чхартишвили. В качестве первого шага в этом направлении предложена и проанализирована обобщающая известную игру «семейный спор» игра «семейный компромисс».

Круг вопросов естественным образом расширяется.

Литература

1. *Моисеев Н.Н.* Современный рационализм. – М.: МГВП КОКС, 1995, 376 с.
2. *Моисеев Н.Н.* Универсум. Информация. Общество. – М.: Устойчивый мир, 2001. – 200 с. (Библиотека журнала «Экология и жизнь». Серия «Устройство мира»).
3. *Моисеев Н.Н.* Избранные труды. В 2-х томах. Т. 2. Междисциплинарные исследования глобальных проблем. Публицистика и общественные проблемы. – М.: Тайдекс Ко, 2003. – 264 с. ISBN 5-94702-017-3.
4. *Моисеев Н.Н.* Как далеко до завтрашнего дня ... Свободные размышления. 1917-1993. (Приложение: Воспоминания о Н.Н. Моисееве). – М.: Тайдекс Ко, 2002. – 488 с. (Библиотека журнала «Экология и жизнь». Серия «Грани мира»). ISBN 5-94702-003-3.
5. *Гермейер Ю.Б., Моисеев Н.Н.* О некоторых задачах теории иерархических систем управления / Сб. «Проблемы прикладной математики и механики». – М.: Наука, 1971.
6. *Гермейер Ю.Б.* Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971. – 384 с.
7. *Гермейер Ю.Б.* Игры с противоположными интересами. М.: Наука, 1976. 328 с.
8. *Гермейер Ю.Б., Ватель И.А.* Игры с иерархическим вектором интересов // Техническая кибернетика. 1974. №3. С. 54-69.
9. *Моисеев Н.Н.* Избранные труды. В 2-х томах. Т. 1. Гидродинамика и механика. Оптимизация, исследование операций и теория управления. – М.: Тайдекс Ко, 2003. – 376 с. ISBN 5-94702-016-5
10. *Дородницын А.А.* Проблема математического моделирования в описательных науках. Российская академия наук. Вычислительный центр. А.А. Дородницын. Избранные научные труды. Том 2. М.: ВЦ РАН, 1997. стр. 337-345.
11. *Петров А.А.* Об экономике языком математики. М.: ФАЗИС, ВЦ РАН, 2003. 112 с.
12. *Павловский Ю.Н.* Имитационные модели и системы. М.: ФАЗИС, ВЦ РАН, 2000. 134 с.
13. *Конonenко А.Ф., Шевченко В.В.* О взаимосвязи операционных игр с классическими игровыми моделями. М.: ВЦ РАН, 2010, – 49 с.
14. *Конonenко А.Ф., Шевченко В.В.* Операционные игры. Теория и приложения. М.: ВЦ РАН, 2013, – 136 с.
15. *Ерешко Ф.И., Шевченко В.В.* Принципы и процедуры операционного игрового сценарного моделирования. Материалы Международной конференции ВСПУ-2014. Москва, Россия, ИПУ РАН, 2014. стр. 5364-5374.