

X международный симпозиум по динамическим играм и приложениям

Открытие шесть лет назад на факультете прикладной математики – процессов управления российского отделения международного общества динамических игр (ISDGRUS) начало приносить ощутимые плоды. В июле 2002 года, впервые в истории Международного общества динамических игр, Международный симпозиум по динамическим играм был проведен в России, в Санкт-Петербургском университете. Выбор исполкомом ISDG нашего университета был не случаен. Он явился следствием многолетней работы ученых факультета ПМ-ПУ в области теории игр и приложений. Сформировавшаяся под руководством президента ISDGRUS Леона Аганесовича Петросяна научно-педагогическая школа по теории игр широко известна в России и за ее пределами. Теория игр, наука относительно молодая, начала развиваться в тридцатых годах прошлого века в западных странах.



Профессор Г.Закур, президент Международного общества динамических игр (ISDG)

Современное состояние теории динамических игр

Прежде чем перейти к подробному анализу сегодняшнего положения дел в этой области науки проведем очень краткий исторический экскурс развития теории динамических игр в России (имея в виду и СССР).

Математическая теория игр занимается построением и изучением математических моделей конфликтно-управляемых процессов. То есть таких процессов, в которых участвуют несколько сторон (называемых игроками), каждая из которых стремится к достижению собственных целей (максимизация своего выигрыша), однако степень достижимости собственной цели игроком существенно зависит от выбора способа действий (стратегий) других сторон (игроков). Именно зависимость достижения собственных целей одной из сторон от действий других и выделяет математическую



теорию игр из теории оптимального управления и теории оптимизации. В различии целей сторон проявляется конфликтный характер управляемого процесса. При этом если цели игроков прямо противоположны (это возможно лишь при наличии двух противоборствующих сторон), то мы называем такие конфликты антагонистическими (антагонистические игры). В общем случае игры нескольких лиц цели различных игроков могут быть достаточно близки, однако совпадение целей участников конфликта было бы утопической идеализацией. Поэтому игры многих лиц чаще всего называют неантагонистическими.

В СССР теорией игр начали заниматься с конца пятидесятых годов, и основоположником отечественной теории игр следует, безусловно, считать профессора Ленинградского государственного университета Н.Н. Воробьева. В то же время в середине шестидесятых годов к идеям теории игр в СССР стали проявлять интерес и такие всемирно известные специалисты в области теории оптимального управления, как Л.С. Понтрягин и Н.Н. Красовский. Именно они внесли решающий вклад в развитие теории антагонистических дифференциальных игр. В результате сложились три школы теории игр: ленинградская (санкт-петербургская), свердловская (екатеринбургская) и московская. Наибольшего успеха отечественные ученые добились в области теории дифференциальных игр и их дискретных аналогов – динамических игр. Здесь международный авторитет нашей страны исключительно высок, о чем свидетельствует перевод более десятка монографий отечественных ученых по динамическим играм и их издание зарубежными издательствами, а также выбор России как страны проведения юбилейного X международного симпозиума по динамическим играм и приложениям.

Однако было бы неправильно считать, что работы в области динамических и дифференциальных игр ведутся лишь в Санкт-Петербурге, Екатеринбурге и Москве. Как показали доклады, представленные на конференции, в настоящее время имеются сильные специалисты по теории игр в Петрозаводске, Ижевске, Якутске, Чите, Владивостоке и других городах. Большое число докладов российских участников на симпозиуме, с одной стороны, показало, что эта область прикладной математики не только не зачахла у нас, но и переживает сейчас весьма определенный подъем. Нам представляется, что этому не в последней степени способствует активная позиция ученых старшего поколения (Н.Н. Красовский, Ю.С. Осипов, А.Ф. Клейменов, А.В. Меликян, Л.А. Петросян и др.). Существенным организационным вкладом факультета ПМ–ПУ в развитие теории игр в России является организация в 1996 году Российского отделения международного общества динамических игр (International society of dynamic games – Russian chapter), а также создание в Санкт-Петербургском государственном университете в 2001 году Центра теории игр. Центр теории игр и Российское отделение международного общества динамических игр имеют свой сайт www.isdgrus.ru, который содержит всю информацию о международных событиях в области теории игр, базу данных по всем специалистам в данной области науки в мире, информацию о новейших публикациях и так далее. За два года существования сайта число посетителей составило более 15000. Эта цифра достаточно внушительна, если учесть, что в России теорией игр активно занимаются около 60 человек, а в мире около 650.

Российская школа теории игр на симпозиуме

Если следовать тематике докладов, представленных на симпозиуме российскими участниками, то здесь следует выделить следующие основные направления, антагонистические дифференциальные игры, включая задачи преследования и убегания, неантагонистические динамические и дифференциальные игры, и различные приложения теории динамических игр.

По теории антагонистических дифференциальных игр, включая задачи преследования убегания, был сделан пленарный доклад (один из пяти) В.Н. Ушакова (Екатеринбург) на тему «Метод унификации в дифференциальных играх». К этому же направлению относились доклады С.И. Кумкова, В.С. Пацко, С.Г. Пятко, А.А. Федотова «Построение стабильных мостов в задаче управления самолетом при ветровом возмущении», С.В. Григорьевой, В.Н. Ушакова, А.А. Успенского «Численное решение дифференциальных игр и проблема решения задачи Коши для уравнения Гамильтона–Якоби», Л.В. Камневой, В.С. Пацко, В.Л. Туровой «Построение функции значения для игровой задачи о брахистохроне», С.С. Кумкова, В.С. Пацко, «Линии уровня для функций значения линейных дифференциальных игр», Н.Ю. Лукьянова «Необходимые и достаточные условия для значения дифференциальной игры с наследственной информацией», Н.Н. Субботиной «Достаточные условия оптимальности для задач управления с обратной связью». В этом разделе теории динамических и дифференциальных игр наиболее важной на сегодняшний день задачей является не выяснение условия существования оптимальных решений (седловых точек или ситуаций равновесия), а построение численных методов нахождения решений и их компьютерная реализация. И с этой точки зрения представителями екатеринбургской школы были представлены достаточно интересные и продвинутые результаты. Практическая связь данных исследований с задачами перехвата движущихся воздушных и морских целей достаточно очевидна. Это еще раз подчеркивает значимость нахождения численных решений, реализуемых в конкретных системах управления (как показал данный и предыдущий симпозиум, подобные работы активно ведутся в Германии, Японии, Финляндии, Израиле и США). Необходимо также отнести к этой тематике стоящие несколько особняком с точки зрения методов решения доклады А.А. Меликяна «Игры преследования-убегания на поверхностях революций», И. Шевченко «Последовательное преследование двух убегающих» и Н.Н. Петрова и Д.А. Вагина «Две проблемы группового преследования».

Теория неантагонистических динамических игр была представлена достаточно полно докладами российских участников. В области теории стохастических игр (стохастические игры представляют собой подкласс динамических игр, наиболее близко примыкающий к классическим дифференциальным играм) это доклады Л.А. Петросяна «Кооперативные стохастические игры» (первая постановка подобной задачи в теоретико-игровой литературе) и доклад Л.В. Грауэр «Народные теоремы для стохастических игр». Доклад О.А. Малафеева «Совершенное равновесие в некооперативных дифференциальных играх» и доклад С.В. Чистякова, Х.Гао, К.В. Синева «Рекурсивные стратегии в одном классе дифференциальных игр» посвящены вопросам существования равновесий по Нэшу в неантаго-



Докладывает проф. Д.В.К.Янг.

нистических дифференциальных играх. Теории кооперативных дифференциальных игр были посвящены доклады В.И.Жуковского и В.С.Молостова, «С-ядро в некоторых дифференциальных играх с неопределенностью», М.Б.Дементьевой и В.В.Захарова «Состоятельные во времени дележи в SC-ядрах динамических кооперативных игр», А.Н.Акимовой и В.В.Захарова «Проблема динамической устойчивости для квазиядра динамических игр с трансферабельными полезностями», Е.Корниенко «Кооперативная многошаговая иерархическая игра с древовидной структурой». Разнообразным вопросам теории неантагонистических динамических и дифференциальных игр и их приложений в экономике, политике и финансах были посвящены доклады В.П.Серова, О.Никонова, Я.Минулина, В.Н.Мельника, В.В.Мазалова, А.А.Забелина, Ю.В.Филиповой, С.И.Тарашниной, В.Доманского, А.Н.Ляпунова, Н.А.Зенкевича, А.Васина, В.Матвеева, К.Борисова, С.Л.Печерского, Е.Б.Яновской, Е.Лежжиной, О.Козел, Е.Махонько, В.Мельникова, М.Троевой.

Задачи на будущее

Как показал симпозиум, с точки зрения современной науки наиболее актуальными направлениями теории динамических и дифференциальных игр в настоящее время являются:

1. Численные методы решения антагонистических игр преследования-убегания с соответствующими алгоритмами, доведенными до компьютерной реализации для относительно реальных подвижных объектов.

2. Построение и численная реализация динамически устойчивых (состоятельных во времени) принципов оптимальности для неантагонистических динамических и дифференциальных игр.

3. Исследование стохастических игр как с точки зрения решения классической проблемы нахождения стационарных равновесных стратегий, так и с точки зрения исследования новых подходов, основанных на использовании народных теорем (стратегии наказания) и построении кооперативной теории стохастических игр.

4. Исследование так называемых эволюционных игр, моделирующих массовое поведение в биологических и социально-экономических системах и развитие теории устойчивости для возникающих при этом дифференциальных уравнений эволюционной динамики (адаптивной динамики).

5. Построение и внедрение теоретико-игровых моделей в различные области деятельности, связанные с при-



Президент ISDG Г.Закур разрезает праздничный торт на заключительном банкете.

нятием управленческих решений в условиях конфликта или неопределенности. К таким перспективным областям относятся финансы, аукционы, социально-экономические системы, голосование в парламенте, международные и межправительственные соглашения (например, в области разоружения и стратегической стабильности).

6. Исследование задач конфликтного управления, возникающих в коммуникационных сетях.

Степень влияния российских ученых на решение задач, отмеченных выше, различна для различных направлений.

Роль российских ученых

Методы и конструкции построения оптимальных стратегий преследования и убегания активно применяются зарубежными специалистами. Разумеется, здесь не может идти речи об использовании соответствующего программного продукта, поскольку он может быть использован в конкретных системах управления. Однако методы, опубликованные в отечественных научных изданиях и переведенные за рубежом, активно используются. Это касается японских, немецких, израильских, финских специалистов в области управления. Здесь нельзя не заметить, что в ряде случаев зарубежные специалисты перенимают более эффективные подходы, которые хотя и публикуются в отечественных научных изданиях, однако по ряду причин не используются внедряющими организациями. В качестве примера можно указать на правило нацеливания на центр минимальной сферы, содержащей множество неопределенности летящего объекта, предложенное в одной из отечественных работ и используемое в ПВО Израиля (доклад Иосифа Шинара).

Приоритет в построении динамически устойчивых (состоятельных во времени) принципов оптимальности также остается за отечественными учеными. Однако, как и во многих других случаях, может оказаться, что использование опубликованных методов в конкретных прикладных задачах получит большее развитие за рубежом, нежели в нашей стране. Так, например, еще с середины пятидесятых годов правительство США привлекало специалистов в области теории игр (корпорация РАНД, которая до сих пор существует) для математического моделирования различных сценариев глобального развития, математической поддержки межправительственных соглашений в области разоружения и так далее. В связи с тем, что все указанные процессы происходят во времени, исследование проблем динамической устойчивости (временной состоятельности) решений особенно акту-



ально (например, чтобы избежать имеющих место в последнее время односторонних выходов из международных соглашений со стороны ряда стран, происшедших исключительно благодаря нарушению динамической устойчивости первоначальных соглашений). Если наши руководители не заметят результатов отечественных специалистов в этой области, то это сделают наши оппоненты и получат возможность нас обыгрывать на международной арене, как это иногда, к сожалению, имело место в прошлом. Приходится констатировать, что в настоящее время мы не знаем ни одного серьезного отечественного специалиста в области теории игр, к которому обращалось бы высшее руководство страны для консультаций по отмеченным вопросам.

В области стохастических игр следует отметить, что отечественные ученые находятся в начале возможно плодотворных исследований. И здесь важно не просто продолжать исследования зарубежных авторов (что тоже необходимо делать, но не формулировать как самоцель), а идти собственным путем. Нам представляется, что теория кооперативных стохастических игр, основы которой были доложены на симпозиуме, а также использование народных теорем и стратегий наказания сделают определенный прорыв в теории стохастических игр. К сожалению, в других направлениях этой теории, касающихся нахождения стационарного оптимального поведения и исследования его свойств, у нас нет существенных результатов, которые можно было бы сопоставить с мировыми достижениями в этой области.

В направлении 4, которое может в целом называться эволюционные игры, достижения отечественных ученых весьма ограничены. Однако это важное и перспективное направление, активно использующее методы Ляпунова для исследования областей устойчивости уравнений эволюционной динамики. На факультете ПМ-ПУ с будущего семестра будет читаться специальный курс по эволюционным играм, что будет способствовать активизации в ближайшее время исследований в этом направлении с привлечением молодежи.

В направлении построения и внедрения теоретико-игровых моделей в различные области деятельности, связанные с принятием управленческих решений в условиях конфликта или неопределенности, результаты отечественных ученых достаточно впечатляющи и даже удивительны. Приходится действительно удивляться, как за очень короткое время отечественные математики сумели понять особенности современной рыночной экономики и сделали это на таком уровне, который позволил строить математические модели, по уровню своей адекватности ничуть не уступающие моделям, предлагаемым зарубежными специалистами. Но здесь следует иметь в виду одну неприятную особенность. Модели, исследуемые отечественными специалистами, как правило, предлагаются математиками. Модели же, изучаемые зарубежными специалистами, как правило, предлагаются экономистами. И поскольку последние находятся ближе к соответствующей предметной области, то такие модели имеют значительно больше шансов на внедрение.

В последнем из перечисленных направлений мы делаем пока лишь первые шаги. Здесь успокаивает лишь то обстоятельство, что это совершенно новое направление, и наши зарубежные коллеги также недавно ушли. Учитывая важность указанного направления, руководство Центра теории игр СПбГУ совместно

с Карельским отделением РАН через день после окончания симпозиума провело семинар в Петрозаводске «Игры на сетях и распределение ресурсов» (14–15 июля 2002 года), пригласив на него наиболее крупных мировых специалистов в этой области, участвовавших в работе симпозиума.

По нашей оценке, активную работу в области динамических игр и их приложений в настоящее время в России ведут около 60 специалистов. Если учесть население нашей страны (около 150 млн человек), то число специалистов должно быть примерно таким же, как в Японии, и в полтора раза больше, чем в ФРГ. Цифра 60 превосходит показатели по этим странам и вполне достаточна. Следует отметить, что благодаря правильной организации работ в ведущих научных центрах в этой области науки (Екатеринбург, Санкт-Петербург, Москва и другие) отток специалистов за рубеж по нашему направлению ничтожен или почти отсутствует. В то же время благодаря активной позиции руководителей соответствующих научных направлений на местах молодые перспективные специалисты постоянно выезжают за рубеж с целью повышения квалификации и участия в международных конференциях и семинарах. При этом доля участия российских ученых в соответствующих зарубежных мероприятиях не только не уступает, а порой даже превосходит в количественном и качественном отношении участие ученых других ведущих мировых держав. Именно благодаря такой политике в работе симпозиума приняло участие 18 молодых ученых из России (общее число участников симпозиума 144, из них из России 42 и 6 из стран СНГ), что значительно превосходит аналогичные показатели в зарубежных странах. В качестве положительного примера можно также привести ассоциированную конференцию «Теория игр и приложения», включенную в программу Международного математического конгресса 2002 года. Эта конференция прошла накануне ICM2002 в китайском городе Циндао с 14 по 17 августа 2002 года. Из 110 докладов десять были представлены российскими участниками. При этом следует отметить высокий уровень указанной конференции (среди приглашенных докладчиков два лауреата Нобелевской премии Дж.Нэш и Р.Зельтен).

Времена меняются

Естественные науки и естественнонаучные школы России в последнее десятилетие активно вовлечены в мировой интеграционный процесс. Однако ни для кого не секрет, что местами интеграции явились в основном западные университеты, куда и «утекли» многие российские умы, и где созданы и успешно ведут исследования научные коллективы, в составе которых значительную часть составляют российские ученые. Однако времена меняются, меняется политика президента и правительства. После тяжелого десятилетия явно прослеживаются тенденции подъема фундаментальной естественной науки в России. Наступает время естественных наук. Многие выстояли. Выстояла и российская школа теории игр. Это и показал X международный симпозиум по динамическим играм и приложениям.

Виктор ЗАХАРОВ, профессор, сопредседатель оргкомитета ISDG2002