

## НОБЕЛОВА НАГРАДА ЗА ПОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТТА НА ИКОНОМИЧЕСКИТЕ НАУКИ ЗА 2005 Г.

Кралската шведска академия на науките реши наградата на Шведската национална банка за постижения в областта на икономическите науки в памет на Алфред Нобел за 2005 г. да бъде поделена между *Робърт Омън* от Центъра по рационалност на Хебрю университета в Йерусалим, Израел, и *Томас Шелинг* от Училището по публична политика на Университета в Мериленд, САЩ, "за техния принос относно по-доброто разбиране на икономическите конфликти и сътрудничеството с помощта на теория на игрите."

*Робърт Дж. Омън*. Роден през 1930 г. (75 год.) във Франкфурт, Германия. Доктор по математика от 1955 г. в Масачузетския технологичен институт (MIT), САЩ. Професор в Центъра по рационалност на Хебрю университета в Йерусалим, Израел.

*Томас К. Шелинг*. Роден през 1921 г. (84 год.) в Оукланд, щата Калифорния, САЩ. Доктор по икономика от 1951 г. в Харвардския университет в Кембридж, Масачузетс, САЩ. Университетски професор в Департамента по икономикс в Училището по публична политика на Университета в Мериленд, професор по политическа икономия в Харвардския университет.

### Въведение

Войните и другите конфликти са сред основните източници на човешко нещастие. Една минимална доза сътрудничество е необходимо условие за проспериращото общество. Според крилатата фраза на Томас Хобз (1651) животът в анархично "естествено състояние", характеризиращо се с борбата от типа всеки срещу всеки, е "самотен, беден, противен, скотски, и кратък".

Социолозите отдавна се опитват да разберат фундаменталните причини за конфликтите и сътрудничеството. Появата на теорията на игрите в средата на XX век довежда до сериозни нови прозрения и дава възможност на изследователите да анализират темата с математическа точност. Основите на теорията на игрите са изложени в класическото произведение на Джон фон Нойман и Оскар Моргенщерн "Теорията на игрите и икономическото поведение", публикувано през 1944 г. Лауреатите по икономика за 1994 г. Джон Харсаний, Джон Неш и Райнхард Селтън добавят идейни решения и проникновение, които съществено подобряват полезността и прогнозната мощ на теорията на некооперативните игри. Равновесието на Неш е идейното решение, което заема централно място. Една стратегическа комбинация (една стратегия за всеки играч) представлява равновесие на Неш, ако стратегията на всеки играч е оптимална спрямо стратегиите на другите играчи.<sup>1</sup> Харсаний показва, че това идейно решение би

---

<sup>1</sup> Една некооперативна игра в нормалния си вид се състои от списък играчи, набор от стратегии на разположение на всеки от тях и функция, уточняваща последиците от развързката за всички играчи от всяка стратегическа комбинация.

могло да се обобщи и за игри с непълна информация (т.е. където никой от играчите не знае предпочитанията на останалите). Селтън доказва, че то може да се прецизира за динамичните игри и за игри, където играчите правят грешки с (безкрайно) малка вероятност. Въпреки това големите интелектуални постижения на тези изследователи нямаше да имат значим ефект, ако игрово-теоретичните средства не бяха приложени с цел решаване на важни обществени въпроси.

От съществено значение за по-нататъшната разработка на теорията на некооперативните игри и довеждането ѝ дотам тя да въздейства върху основни въпроси в обществените науки е работата на Робърт Дж. Омън и Томас К. Шелинг.<sup>2</sup> Подхождайки към предмета от различни ъгли - Омън от гледна точка на математиката, а Шелинг от гледна точка на икономиката - те стигат до разбирането, че игрово-теоретичната перспектива притежава потенциала да преоформи анализа на човешките взаимодействия. И което е може би най-важно, Шелинг показва, че много от познатите ни обществени взаимодействия биха могли да бъдат разглеждани като некооперативни игри, свързани както с общи, така и с противоречиви интереси, а Омън доказва, че дългосрочните обществени взаимодействия могат да бъдат подробно анализирани при използването на официалната теория на некооперативните игри.

Въпреки че трудовете на двамата изследователи върху конфликта и сътрудничеството са добре приети при появата им в края на 50-те години на миналия век, минава доста време преди визиите на Омън и Шелинг да бъдат изцяло осъзнати. Това забавяне отразява както оригиналността на техния принос, така и значимостта на последвалите стъпки. В крайна сметка, и особено през последните 25 години, теорията на игрите става всепризнато средство и език в икономиката и в много области на другите обществени науки. В наше време икономическият анализ на конфликта и сътрудничеството се гради почти неизменно върху основите положени от Омън и Шелинг.

### **Томас Шелинг**

Книгата на Томас Шелинг "Стратегия на конфликта" (1960) дава старт на неговата визия за теорията на игрите като обединяваща рамка за обществените науки. Като отклонява вниманието от игрите с нулева сума, например шахмата, където играчите имат диаметрално противоположни интереси, той подчертава факта, че почти всички задачи, свързани с решение, засягащо много лица, съдържат смесица от противоположни и общи интереси, и че взаимодействието между двете страни би могло с успех да бъде анализирано с помощта на теорията на некооперативните игри. Декорите са вече подредени от Неш (1950а, 1951), който е доказал, че

---

<sup>2</sup> Докато теорията на кооперативните игри започва с набор от възможни задължителни споразумения и предпочитанията на играчите спрямо тях, то теорията на некооперативните игри започва с набори от стратегии на играчите и предпочитания спрямо свързаните с тях резултати.

съществуват точки на равновесие (на Неш) във всички игри със крайно много чисти стратегии. Шелинг се наема с допълнителната задача да изведе равновесните точки за някои интересни категории игри и да прецени дали тези игри и техните равновесни точки имат някаква образователна стойност по отношение на реалните икономически и обществени взаимодействия. Той прави това на фона на първата по рода си ядрена надпревара в световен мащаб и допринася в голяма степен за нашето разбиране на последствията от нея.

### *Конфликт, обвързване и координация*

Най-ранният сериозен принос на Шелинг е неговият анализ на поведението в контекста на двустранното договаряне, публикуван за първи път като статия (Schelling, 1956), а по-късно препечатан като глава 2 от Шелинг (1960). Тук договарянето се разглежда в широкия смисъл на думата: освен експлицитните преговори - например между две държави или между продавач и купувач, "договаряне" съществува също и когато два камиона, натоварени с динамит, се срещнат на път, широк колкото да мине само единият от тях, ако цитираме един от типичните нагледни примери на Шелинг.

Договарянето е винаги свързано с конфликт на интереси, предвид това, че обикновено всяка страна търси колкото се може по-благоприятно за нея споразумение. И все пак и за двете страни е по-добро постигането на някакво споразумение, отколкото липсата на такова. Всеки играч трябва да балансира между стремежа за голямо "парче от баницата" и загрижеността за постигане на споразумение. Когато Шелинг написва статията си, трудовете на икономистите върху договарянето са се отличавали като правило с подход в дух на сътрудничество или пък нормативен такъв, задавайки въпроси като Какъв би бил справедливият резултат? Изключение от това правило е Неш, който моделира договарянето както с кооперативен (Nash, 1950b), така и с некооперативен подход (Nash, 1953). Докато формулировките на Неш позволяват елегантни математически анализи посредством абстрахиране от множество реалистични тактики на договаряне, Шелинг изследва тези тактики, които един играч може да използва, за да наклони везните в своя полза - в частност, акцентирайки, че може да бъде изгодно да влошиш своя собствен набор от варианти за избор с цел да предизвикаш отстъпки от страна на опонента. Може да бъде мъдър ход от страна на генерала да изгори някои мостове зад войската си като правдоподобен ангажимент пред противника за отказ от отстъпление. По подобен начин собствениците на една фирма могат да извлекат печалба, като назначат мениджър с ограничени правомощия да преговаря, а един политик може да спечели, като прави публично обещания, които би било неудобно да наруши. Подобна тактика върши работа, ако ангажиментът е необратим или може да бъде анулиран на твърде висока цена, докато ангажиментите, отказът от които не

струва скъпо, не водят до големи отстъпки. Ако обаче и двете страни поемат необратими и несъвместими ангажименти, могат да последват твърде вредни разногласия.

Нека илюстрираме някои от ключовите въпроси с помощта на един стилизиран и прост пример. Да предположим, че две държави имат разногласия относно правото върху някаква територия.<sup>3</sup> Всяка страна може да реши или да мобилизира военна сила, или пък да се въздържа. Ако и двете обявят мобилизация, съществува голяма вероятност да започне война, докато вероятността за мирно споразумение относно разделянето на територията е ниска. Нека очакваното плащане за всяка страна бъде равно на нула, ако и двете обявят мобилизация. Ако вместо това и двете се въздържат от мобилизация, мирното споразумение относно разделянето на територията е с висока вероятност, докато вероятността от война е малка. В този случай всяка страна получава положително очаквано плащане  $b$ . Ако обаче само една от страните мобилизира войска, то тя може да поеме изцяло контрола върху територията без война и нито другата държава, нито която и да е друга страна в този конфликт може да наложи изтегляне на войските от страна на окупатора. Агресорът получава плащане  $a$ , докато плащането за губещия е  $c$ , където  $a > b > c > 0$ , като по този начин войната е най-лошият изход.<sup>4</sup> Тази проста "мобилизационна игра" може да бъде описана посредством следната матрица на плащанията, където единият играч (в този случай страна) избира един ред, а другият същевременно избира колона, като плащането на избрания реда е дадено на първо място във всяка позиция:

Таблица 1

	Мобилизирам	Въздържам се
Мобилизирам	0, 0	$a, c$
Въздържам се	$c, a$	$b, b$

Тази игра принадлежи към категорията игри, известни като "Chicken", понякога наричани "Hawk-Dove" (войнолюбци и миролюбци - б. пр., С.И.). В подобни игри има три точки на равновесие на Неш: две чисти и една смесена. Чистите точки на равновесие предполагат мобилизация на само една страна. Ако една от страните очаква другата да обяви мобилизация, тогава оптималният вариант е същата да се въздържа от мобилизация. Смесената равновесна точка предполага произволна мобилизация на всяка страна и по този начин положителна вероятност от война.

<sup>3</sup> За по-обстойни игрово-теоретични анализи на ангажимента при договарянето вж. например Crawford (1982), Muthoo (1996) и Guth, Ritzberger и van Damme (2004).

<sup>4</sup> При някои конфликтни ситуации войната е по-малко нежелана, отколкото унижението, което може да бъде свързано с липсата на мобилизация при положение, че другата страна е обявила такава. В подобна ситуация  $a > b > 0 > c$  и играта се превръща в дилемата на задържана, като изходът е двустранна мобилизация.

Чистите точки на равновесие са правдоподобни в ситуации, в които и двете страни имат някакво средство за координация при всяка равновесна точка. Например едно малко смущение в играта, което би причинило дори и малка асиметрия в плащанията, може да бъде достатъчно и за двамата играчи да очакват мобилизация от този, който би спечелил най-много от нея, като по такъв начин равновесието става "изпъкващо" или "фокално". Според Шелинг вероятно хората са способни на подобна координация в много ситуации, докато един чисто формален анализ има малък шанс да успее да улови принципите на очевидност или фокалност във въпросната игра. "Без емпирични доказателства човек е в състояние да заключи какви споразумения могат да бъдат доловени в една игра на маневри с ненулева сума също толкова, колкото и да докаже по пътя на чисто формалната дедукция, че един анекдот непременно ще е смешен" е известен цитат от Шелинг (1960, с. 164). Вместо това подборът на равновесна точка е "област, където експерименталната психология може да допринесе към теорията на игрите" (пак там, с. 113).<sup>5</sup>

При липсата на какъвто и да е общоразбираем принцип на координация смесената равновесна точка на играта изглежда по-правдоподобна. В такъв случай всяка страна е несигурна относно хода на другата, като придава вероятност  $p$  на варианта мобилизация от нейна страна. Равновесието на Неш във вероятността от мобилизация е  $p = (a - b)/(a - b + c)$ , като прави всяка страна безразлична по отношение на това дали да обяви мобилизация.<sup>6</sup> Следва, че за правдоподобни стойности на параметрите вероятността от война намалява в плащането на губещия  $c$ ; ключът към намаляването до минимум риска от война е не само да ограничим печалбата на победителя, но, което е също толкова важно, и да подобрим плащането за губещия.<sup>7</sup>

Да мобилизираш войска и да заплашваш с мобилизация не е едно и също. Един формален анализ на задържането е нещо сложно и изисква уточняването на динамична игра с няколко етапа, но с интуицията на Шелинг в ролята на гид е възможно да продължим без математически подробности. Изследването на правдоподобното задържане посредством т. нар. стратегии на "втория удар" заема голяма част от "Стратегия на конфликта". Шелинг

<sup>5</sup> Към момента съществува голям обем експериментална литература върху фокалните точки в договарянето, както и други игри, като голяма част от нея е пропита с идеите и инспирирана от Шелинг. На проблема с координацията се връщаме по-нататък.

<sup>6</sup> Мобилизацията дава очаквано плащане  $(1 - p)a$ , докато въздържането дава  $pc + (1 - p)b$ . Свързването на двете в уравнение определя равновесната вероятност  $p$ .

<sup>7</sup> Чрез статистическа независимост между случайните подборки на двамата играчи вероятността от война е  $q = p^2\mu + (1 - p)^2\nu$ , където  $\mu$  е вероятността от война, когато и двете страни обявят мобилизация, и  $\nu < \mu$  - вероятността от война, когато никоя от страните не направи това. Следва, че  $q$  се увеличава в  $p$  за всички  $p > \nu / (\mu + \nu)$ ; оттук -  $q$  намалява в  $c$ , ако  $c < (a - b)\mu / \nu$ .

изтъква, че инвестициите в задържането могат да станат опасни в случай на фалшиви предупреждения, както и когато подценим интересите и намеренията на противника.

Да предположим, че Страна 1 може да се ангажира предварително с мобилизация, ако Страна 2 мобилизира войска. По точно казано, първо Страна 1 решава дали изцяло да се въздържа от мобилизация, или да се ангажира с мобилизация тогава и само тогава, когато Страна 2 го направи. След това Страна 2 наблюдава хода на Страна 1 и решава дали да обяви мобилизация. Ако плащанията са като тези, описани в табл. 1, подигровата (съвършена) точка на равновесие ще бъде такава, при която Страна 1 поема ангажимента за мобилизация и двете страни се въздържат от мобилизация. И наистина, достатъчно е Страна 1 да се ангажира с мобилизация с необходимата висока степен на вероятност.<sup>8</sup> По този начин подобно задържане гарантира мирен изход – баланс, основан на страха.

Да приемем освен това, че Страна 1 не е сигурна дали Страна 2 всъщност предпочита войната пред договорения резултат. Ако си послужим с езика на теорията на игрите (на базата на производението на Харсаний), Страна 1 сега има непълна информация за вариантите на плащане на Страна 2. Би ли следвало Страна 1 все пак да се ангажира с мобилизация, ако Страна 2 извърши такава? Анализът на Шелинг показва, че оптималната стратегия на обвързване в такъв случай често е да се избере вероятност от мобилизация, която е по-малка от единица. С други думи, пред лицето на военна ескалация у противника една страна би трябвало да заплаши по-скоро да остави ситуацията "да излезе извън контрол", отколкото да се ангажира с определено отмъщение, или по думите на Шелинг, да отправи "заплахи, които оставят някои неща на случайността". Причината е в това, че дори една малка вероятност от война може да бъде достатъчна, за да възпре мобилизацията от страна на противника.<sup>9</sup>

Друго достойнство на несигурните заплахи за отмъщение е, че колкото е по-малка собствената очаквана цена на отмъщението, толкова по-лесно е да се постигне правдоподобност. Всъщност Шелинг подсказва, че един добър начин да се посрещне вражеската агресия е да се започне "воденето на рискована политика на ръба на войната" - като постепенно се ескалира

---

<sup>8</sup> Да предположим, че Страна 1 може да се ангажира с всяко ниво на вероятност  $\pi \in [0, 1]$  за отмъщение, ако Страна 2 извърши мобилизация. Ако предпочитанията на Страна 2 са като тези в табл. 1, задържането изисква  $b \geq (1 - \pi)a$  или, което е равнозначно,  $\pi \geq 1 - b/a = \pi^*$ .

<sup>9</sup> Нека  $\theta$  да бъде вероятността, която Страна 1 придава на възможността Страна 2 да предпочете мобилизация без оглед на заплахата за отмъщение. При  $\pi < \pi^*$  Страна 2 все още със сигурност ще обяви мобилизация, така че плащането за Страна 1 тогава е  $(1 - \pi)c$ , намаляваща функция от  $\pi$ . При  $\pi > \pi^*$  нейното очаквано плащане е  $\theta(1 - \pi)c + (1 - \theta)b$ , отново намаляваща функция от  $\pi$ . Оттук и задържането (изборът  $\pi = \pi^*$ ) е оптимално за Страна 1 тогава и само тогава, когато  $\theta(1 - \pi^*)c + (1 - \theta)b$  е поне толкова голямо, колкото и плащането  $c$  от това да не отмъщаваш ( $\pi = 0$ ), или, което е равносилно, тогава и само тогава, когато  $\theta \leq (1 - c/b)/(1 - c/a)$ .

вероятността от открит конфликт. Тъй като всяка стъпка е малка, правдоподобността може да се поддържа от гнева и възмущението, което постепенно се натрупва срещу непреклонния противник, и тъй като опонентът може да намали вероятността от конфликт чрез отстъпки, вероятността от конфликт се поддържа ниска. Както Шелинг отбелязва, повечето деца напълно разбират воденето на подобна рискована политика.

Посоченият анализ предполага, че страните би трябвало да карат противника да гадае тяхната ответна реакция на агресията, като в същото време направят така, че един мощен ответен удар от тяхна страна да се смята за реална възможност. Очевидни са и други две проникновения. Първо, задържането има ефект само когато оръжията за отмъщение могат да бъдат защитени в случай на вражеска атака, поради което превенцията на войната изисква по-скоро неуязвимо базиране на оръжията - например ракетни силизи, отколкото защита на населените места. Второ, нестабилността е опасна. Балансът на страха се поддържа единствено докато отмъщението е достатъчно вероятно и сурово в сравнение с облагите от окупацията. Войната може да бъде подпалена от промени както в предпочитанията, така и в технологиите, а успешните опити в разоръжаването трябва да бъдат балансирани отначало докрай.

Анализът на Шелинг на "правдоподобните ангажименти" доказва, че някои от точките на равновесие на Неш са по-правдоподобни от други, което вдъхновява Райнхард Селтън да направи подобрието подигрово съвършенство на концепцията за точката на равновесие на Неш.<sup>10</sup> Трудовите на Шелинг и Селтън върху стратегическите ангажименти пораждат поредица от ярки произведения в икономическата литература. Анализите на стратегическите инвестиции на олигополни пазари, извършени (ако трябва да споменем двама от многото автори) от Авинаш Диксит и ученика на Шелинг Майкъл Спенс (лауреат за 2001 г.), представляват водещи примери за трудове върху ангажимента с приложен характер, които стартират в края на 70-те години на миналия век (вж. например, Spence, 1977 и Dixit, 1980). Техните анализи показват, че една фирма, функционираща на пазар с несъвършена конкуренция, може да увеличи печалбите си, като промени структурата на разходите си, дори ако в резултат от това разходите ѝ за единица продукция се увеличат. Например една фирма може достоверно да се ангажира с голям обем продукция, като инвестира в скъп завод с ниски пределни разходи. Дори ако като следствие от това средните разходи се повишат, загубите, дължащи се на неефективно производство, могат да

---

<sup>10</sup> Точка на равновесие на Неш в една екстензивна по форма игра е *подигрово съвършена* (Selten, 1965), ако довежда до равновесие на Неш във всяка подигра. Тъй като равновесието на Неш изисква оптималност единствено по пътя на играта, равновесията на Неш могат определено да разчитат на "заплахи" или "обещания", които няма да се материализират впоследствие. Подигровото съвършенство изключва множество подобни точки на равновесие и в едно по-късно произведение Селтън (1975) разработва едно по-силен аспект - "съвършенството".

бъдат надхвърлени от печалбите, породени от по-малко агресивното поведение на конкурентите.

Литературата относно институциите, свързани с монетарната политика, дава друг пример за идеята за стратегическо обвързване в професионален план. Тук основният момент е, че при определени обстоятелства гласоподавателите и политиците са в по-добра позиция, като делегират монетарната политика на хора, вземащи решения, чиито предпочитания са различни от техните собствени. Тъй като, когато фиксират цените и заплатите, фирмите и профсъюзите вземат предвид очакваната монетарна политика, един независим банкер от централната банка може да превъзхожда вече избрания политик дори ако последният във всеки един момент действа в полза на текущия публичен интерес.<sup>11</sup>

Понякога конфликтите на интереси могат да изглеждат толкова силни, като че ли са неразрешими. Най-добрата стратегия за отделния индивид може да доведе до най-лошия изход за групата. Краткосрочните облаги от това да си послужиш с измама при наличието на споразумение биха могли далеч да надхвърлят краткосрочните загуби. Шелинг (1956) отбелязва, че "това, което прави много споразумения изпълними, е единствено признаването на бъдещи възможности за споразумение, които ще бъдат елиминирани, ако не се създаде и поддържа взаимно доверие, и чиято стойност надвишава кратковременната печалба от измамата в конкретния случай" (пак там, с. 301). Например, ако страните се спрат на дългосрочна перспектива и всъщност наистина нееднократно взаимодействат, техните общи интереси може да са достатъчно силни, за да поддържат сътрудничеството. Всъщност Шелинг отива още по-нататък: "Дори ако бъдещето не донесе повторение, може да е възможно да се създаде еквивалент на непрекъснатост, като се раздели проблемът, подлежащ на договаряне, на последователни части." С други думи, хората могат да структурират своите взаимоотношения, като удължат взаимодействието във времето по начин, който би намалил мотива за опортюнистично поведение във всеки отделен момент.

Когато Шелинг прави тези наблюдения и предположения за първи път, теорията на игрите не е напреднала дотолкова, че да му позволи да ги изрази прецизно, още по-малко пък да ги докаже. Постепенно обаче литературата върху повтаряните игри и "народни теореми" (разгледани по-долу) доказва как настоящото сътрудничество може да бъде достоверно поддържано от опасността от конфликт в подобни ситуации за в бъдеще. Що се отнася до твърдението на Шелинг, че понякога е възможно да се поддържа

---

<sup>11</sup> Миналогодишната наградата за икономика беше присъдена на Фин Кидлънд и Едуард Прескът отчасти и за това, че са идентифицирали и анализирали проблеми, свързани с ангажиментите в изготвянето на икономическата политика. Макроикономическата литература по въпроса за делегирането в голяма степен е инспирирана от тяхното творчество (вж. например Rogo, 1985).



споразумението, като се раздели едно голямо съвместно действие на няколко малки, на специалистите им бяха нужни повече от 40 години, за да разработят в детайли формално доказателство. Локууд и Томас (2002) доказват в модел, включващ двама играчи, че частното доставяне на стоки за широка употреба често може да бъде значително по-голямо по обем, ако страните могат да се редуват в приноса си, отколкото само ако могат да направят по една доставка и двамата.<sup>12</sup> Като постепенно увеличава своя принос, косвено заплашвайки да спре увеличението, ако другият го направи, всяка страна по своеобразен начин поднася щипка сено към коня на партньора. Напълно ефективни равнища на принос обаче са достижими единствено в условията на силни допълнителни предположения, например нулеви отстъпки (Gale, 2001) или неравномерни функции на възвръщаемост (Marx и Matthews, 2000). Тези анализи потенциално могат да обяснят защо прогресът е неизбежно постепенен в много области, където е много скъпо да се даде заден ход на съвместните действия. Примерите включват разоръжаването, сътрудничеството в сферата на защитата на околната среда и свиването на производствената мощност на един пазар в упадък.

Постепенното сътрудничество съществува не само между хората. Биологът Джон Мейнърд Смит описва поведението в размножителния период на black hamlet, хермафродитна рибка, живееща в кораловите рифове, която носи едновременно както сперма, така и яйцеклетки (Smith, 1982, с. 159-160). Когато рибката се чифтосва, тя извършва няколко серии "сделки с яйца", при което последователно снася яйца и опложда тези на своя партньор. Предложеното обяснение е, че е по-евтино да се произвежда сперма, отколкото яйца, ето защо, ако всички яйца бяха снесени наведнъж, рибката, изпълняваща мъжката роля в тази първа серия, би могла и да не произведе яйца впоследствие, като предпочете вместо това отново да играе мъжката роля с друга рибка, склонна да произведе яйца. Запазвайки известно количество яйца, които да бъдат използвани като възнаграждение за яйцата на другия, всяка рибка намалява евентуалния мотив на партньора за измяна. Това е само един пример от еволюционната биология, където е приложим анализът на Шелинг.

Шелинг изследва също и една категория обществени взаимодействия, които предполагат малък или никакъв конфликт на интереси, т. нар. чисто координационни игри. Това са игри, при които всички играчи предпочитат координация по някакъв съвместен курс на действие и никой от тях не се интересува от това кой точно координиран

---

<sup>12</sup> Admati и Perry (1991) са първите, които се занимават с проблема директно, но техният анализ разглежда доста специфична среда и твърде слабо подкрепя предположението на Шелинг.

курс на действие е избран. Например на определен екип от работници може да му е все едно кой какво точно прави, стига целият екип да изпълнява задачата си. В този случай координацията може да бъде лесна, ако играчите имат възможност да общуват помежду си, но изглежда трудна без комуникация. Провеждайки експерименти със своите студенти и колеги, Шелинг открива, че те често са в състояние да постигнат координация доста добре без общуване дори в непознати игри, които изобилстват от точки на равновесие на Неш. Като пример да вземем играта, в която двама човека са помолени да си намислят по едно положително цяло число. Ако са намислили едно и също число, и двамата получават награда, в противен случай награда не се дава. В подобна ситуация повечето хора са склонни да изберат числото 1, което се отличава с това, че е най-малкото положително цяло число. По подобен начин при много други обстоятелства експерименталните субекти на Шелинг съумяват да използват контекстуални подробности, съвместни препратки и емпатия с цел да идентифицират "фокални" точки на равновесие.<sup>13</sup> Изглежда вероятно редица обществени условности и организационни уговорки да са възникнали, защото улесняват координацията. Вдъхновен от анализа на Шелинг на координирането в игрите на съвместен интерес, философът Дейвид Луис развива завладяващата хипотеза, че самият език е възникнал като условност (Lewis, 1969).

Последната интересна категория задачи, свързани с обществени решения, са взаимодействия, в които участниците изпитват взаимно недоверие. Например двама генерали могат да са съгласни, че войната е нежелана и следователно ще се готвят за мир, стига всеки от тях да мисли, че другият ще постъпи по същия начин. И все пак, ако единият генерал заподозре, че другият се готви за война, то тогава ответната реакция на първия може да бъде също да се готви за война - когато тя е по-малко нежелана, отколкото да бъдеш окупиран.<sup>14</sup> Както отбелязва Шелинг (1966, с. 261), тази идея вече е била формулирана ясно от Ксенофон (през IV в. пр. н. е.). Една по-скорошна версия на този довод дължим на Волщетър (1959), който пък на свой ред вдъхновява Шелинг. Анализът се предлага от Шелинг (1960, гл. 9), който го изразява в духа на теорията на игрите и разглежда изрично ролята на несигурността за отключването на агресията. Като илюстрация на възможността войната да се причинява единствено от взаимно недоверие нека разгледаме следната

---

<sup>13</sup> Последвали опити да бъдат открити фундаментални координационни принципи включват Mehta, Starmer и Sugden (1994a, b). Camerer (2003, гл. 7) дава общ преглед на координационните експерименти. За актуални теоретични трудове вж. Binmore и Samuelson (2005).

<sup>14</sup> Не такъв е случаят в предния пример, където войната е най-лошият изход.

матрица на плащанията (където първото число във всяка позиция е плащането на играча, избрал реда):

Таблица 2

	Война	Мир
Война	2, 2	3, 0
Мир	0, 3	4, 4

Всеки играч има избор между това дали да воюва, или да се придържа към мира. Двете точки на равновесие на Неш на чистата стратегия са (Война, Война) и (Мир, Мир). Ако играчите са разумни, изпълняват перфектно плановете си и им липсва несигурност относно плащането на опонента, според Шелинг (1960, с. 210) мирът би бил най-правдоподобният изход от подобна игра (позиция, която не се споделя от всички специалисти в сферата на теория на игрите). Той обаче твърди също, че и малка доза безпокойство относно намеренията на опонента би могла да бъде достатъчно заразителна, за да накара мирното равновесие да се срина: "Ако аз сляза на долния етаж посред нощ, за да разбера каква е причината за шума, който съм чул, с пистолет в ръката и се намеря лице в лице с крадец, който има пистолет в ръката, съществува опасност от последици, които нито един от нас не желае. Дори и той да предпочита просто тихо да си тръгне, а аз да искам да го направя, има опасност той *да си помисли*, че аз искам да стрелям и да стреля пръв. Което е по-лошо, съществува опасност той да си помисли, че аз мисля, че *той* иска да стреля" (пак там, с. 207). Шелинг се опитва да направи същностен анализ на тази дилема на изненадващата атака, но тъй като теорията на игрите по онова време няма адекватна рамка за изучаване на игри с непълна информация, би било справедливо да кажем, че неговият модел не отразява докрай съвършенството на интуицията му.<sup>15</sup>

"Стратегия на конфликта" има трайно въздействие както върху икономическата професия, така и по отношение на други обществени науки. Тя породила между другото подробния анализ на договарянето във време на историческа криза (вж. например Snyder и Diesing, 1977). Книгата и нейните продължения "Стратегия и контрол върху въроръжаването" (1961, в съавторство с Halperin) и "Въроръжаване и влияние" (1966) също оказват дълбоко въздействие върху военните теоретици и практики през епохата на студената война, играят основна роля в утвърждаването на "стратегическите науки" като академична дисциплина и може би са допринесли в значителна степен за задържането и разоръжаването сред суперсилите.<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Неотдавна Baliga and Sjostrom (2004) извършиха същностен анализ.

<sup>16</sup> Секретността, обграждаща военните въпроси, прави трудна точната оценка на въздействието на творчеството на Шелинг върху поведението на суперсилите. Показателен

Нобелова награда за постижения в областта на икономическите науки за 2005 г.

### *Други приноси*

През 45-те години, откакто е публикувана "Стратегия на конфликта", Томас Шелинг продължава да произвежда поредица от оригинални и полезни идеи. Тук накратко ще споменем две от тях.

В една често цитирана статия от 1971 г. той анализира как расово смесени общества и квартали могат изведнъж да станат сегрегирани с постепенното спадане на процента на жителите от една раса под дадено критично равнище. Скромното предпочитание да не си част от малцинство в своя собствен квартал, но не и непременно да подкрепяш господството на собствената си раса, може да стане причина дребните микрошокове да имат драстични последици на макроравнище. Освен че дава убедително обяснение на един значим проблем на социалната политика, тук Шелинг предлага и ранен анализ на "тайното осведомяване" - бързото движение от едно равновесно състояние към друго, в обществени ситуации, включващи голям брой хора. Феноменът "тайно осведомяване" се разглежда в няколко различни контекста в друга от влиятелните книги на Шелинг - "Микромотиви и макроповедение" (1978), и е допълнително анализиран от редица учени в сферата на обществените науки.

Следващият творчески набор от идеи се разглежда в поредица от статии върху самообладанието, и по-специално Шелинг (1980, 1983, 1984a, 1992).<sup>17</sup> Тук авторът отбелязва, че ние правим много неща, които бихме предпочели да не вършим по такъв начин - например пушим и пием прекалено много или пък спортуваме и спестяваме твърде малко. Той изследва също и пределите на самоуправлението и свързаните с това предизвикателства за обществената политика. Интересното е, че в този контекст на вътрешноличностни конфликти значението на достоверните ангажименти е не по-малко, отколкото в междуличностните конфликти, които занимават Шелинг в началото на кариерата му. През последното десетилетие, с възхода на поведенческата икономика се обръща широко внимание на въпроса за ограниченото самообладание.<sup>18</sup> Днес има множество статии във водещи икономически списания относно отлагането, недостатъчното спестяване и нездравословното потребление.

Накратко, "странстващият икономист" (както Шелинг сам се нарича) се оказва превъзходен водач-изследовател.

---

във връзка с това обаче е фактът, че през 1993 г. Шелинг печели Наградата на Академията на науките на САЩ за "Поведенчески изследвания от практическо значение за предотвратяването на ядрена война".

<sup>17</sup> Първите две от тези са препечатани като глави 3 и 4 в Schelling (1984b).

<sup>18</sup> За по-ранни същностни анализи на подобни проблеми вж. например Strotz (1956), Phelps и Pollak (1968).

## Робърт Омън

Р. Омън играе съществена роля в оформянето на теорията на игрите. Той спомага за създаването на унифицирано виждане по отношение на изключително обширната сфера на стратегически взаимодействия, обхващаща множество очевидно коренно различни дисциплини като икономика, политология, биология, философия, информатика и статистика. Вместо да използва различни понятия, за да се занимава с различните конкретни проблеми - например възпирането, свършената конкуренция, олигопола, данъчното облагане и гласуването, Омън разработва общи методологии и изследва къде водят те при всяко конкретно приложение. Неговите изследвания се характеризират с необикновеното съчетание на размах и дълбочина. Някои приноси съдържат задълбочен анализ, докато други са технически прости, но концептуално много задълбочени. Фундаменталните му произведения едновременно изясняват вътрешната логика на игрово-теоретичните разсъждения и разширяват областта на приложение на теорията на игрите.

### *Дългосрочно сътрудничество*

Сред многото приноси на Омън без съмнение най-силно въздействие върху обществените науки има изследването на дългосрочното сътрудничество. Както беше посочено, голяма част от взаимодействията са дългосрочни по своя характер, като понякога са с неопределено времетраене. Страните често имат възможност да придобият някакво предимство за сметка на своите съседи. Конкуриращите се фирми могат да вземат ежедневни или ежемесечни решения, свързани с производството и ценообразуването, донякъде обусловени от предишното поведение на техните конкуренти. Фермерите могат да се обединят с цел управлението на някакъв общ ресурс, например пасбище или водозточник и т.н. Ето защо е важно повтарящите се взаимодействия да се изучават с един по-широк кръгзор.

Разликата между краткосрочното и дългосрочното взаимодействие може вероятно най-лесно да се илюстрира посредством общоизвестната игра "дилемата на задържания". Това е игра за двама, при която всеки играч има две чисти стратегии - да "сътрудничи" (С) или да "измени" (D). Играчите избират стратегиите си едновременно. Доминантната стратегия на всеки играч е D - с други думи, това е оптималната стратегия независимо от стратегията на другия, но и двамата имат изгода, ако едновременно играят С. По този начин, когато се изиграе веднъж, играта позволява само една точка на равновесие на Неш - и двамата играчи "изменят". Равновесният изход обаче е по-лош и за двамата играчи, отколкото стратегическата комбинация, при която и двамата

Нобелова награда за постижения в областта на икономическите науки за 2005 г.

"сътрудничат". Пример е даден със следната матрица на плащания, където, както и преди, първото число във всяка позиция представлява плащането на играча, избрал реда, а второто - плащането на играча, избрал колоната.<sup>19</sup>

Таблица 3

	C	D
C	2, 2	0, 3
D	3, 0	1, 1

Да предположим, че същите двама играчи се срещат всеки ден, като играят дилемата на задържания отново и отново, стремейки се да увеличат до максимум средната стойност на дневното плащане за неограничен бъдещ период. В този случай може да се покаже, че сътрудничеството е равновесен резултат. Причината е, че сега играчите могат да заплашат да накажат всяко отклонение от кооперативна игра днес, като в бъдеще откажат да сътрудничат. С други думи, намалените постъпления при съдействието в бъдеще далеч надхвърлят краткосрочната печалба от измяната днес.

Всъщност Омън (1959) доказва един много по-обобщен резултат, засягащ всяка "суперигра"  $G^*$ , която се състои от безкрайно повторение на която и да е игра  $G$ . По същество той показва, че всяко средно плащане, което е приемливо в супериграта и не противоречи на индивидуалната рационалност (вж. по-долу) в "постановъчната игра"  $G$  може да бъде поддържано като равновесен резултат на Неш в  $G^*$ . Освен това Омън доказва, че резултатът се запазва, дори ако е необходима здрава дисциплина по отношение на съвместни отклонения, извършвани от коалиции от играчи.

Нека изразим резултата по-точно. Една *чиста стратегия* в  $G^*$  представлява правило за вземането на решение, което приписва една чиста стратегия в  $G$  на всеки период и на всяка история на играта до този период. Ето защо множеството чисти стратегии в  $G^*$  е безкрайно и съдържа твърде сложни стратегии. Основният резултат на статията уточнява именно поредицата твърди равновесни точки на плащането в  $G^*$ .<sup>20</sup> Една *твърда точка на равновесие* – понятие, ориентирано към решението, създадено от Омън (1959), представлява стратегически

<sup>19</sup> Приемаме, че плащането е под формата на полезни вещи на фон Нойман-Моргенщерн, които правдиво отразяват мотивите на играчите. Ако вместо това то е под формата на пари, е напълно възможно един разумен играч да избере C от загриженост за приходите на другия.

<sup>20</sup> Омън дефинира отплатите в  $G^*$  посредством определени времево ограничени повременни осреднения на плащанията в  $G$ .

профил, изграден така, че никоя група (подмножество, обединение) от играчи не може, променяйки собствените си стратегии, да получава по-големи плащания за всички членове на групата.<sup>21</sup> По този начин точката на равновесие на Неш става специалния случай, в който отклоняващата се група се състои точно от един играч. Омън демонстрира, че множеството твърди равновесни точки на плащането съвпада с т. нар.  $\beta$ -ядро на играта  $G$ , която бива повтаряна.  $\beta$ -ядрото, един вариант на ядрото, по същество изисква никоя група играчи да не може да гарантира по-големи отплати на самите себе си - дори ако другите се "съюзят" против тях.

Когато резултатът на Омън се приложи към отклоняващи се групи от първи размер, се получава т. нар. народна теорема за повтаряни игри. Съгласно тази теорема множеството от равновесни точки на плащане на Неш от една безкрайно повтаряна игра  $G^*$  съвпада с множеството възможни и индивидуално рационални плащания. Векторът на плащанията – списък на плащанията, по един за всеки играч – е осъществим, ако представлява изпъкналата комбинация на вектори на плащания, която може да се получи с помощта на чисти стратегии в  $G$ , а равнището на плащания е *индивидуално рационално* за един играч, ако не е по-малко от най-малкото плащане в  $G$ , до която другите играчи могат да го "принудят" да слезе.<sup>22</sup> Същността на аргумента е да се осигурят стратегии в  $G^*$ , представляващи "заплахи" спрямо отклоненията от стратегиите в  $G^*$ , които прилагат дадения вектор на плащанията.

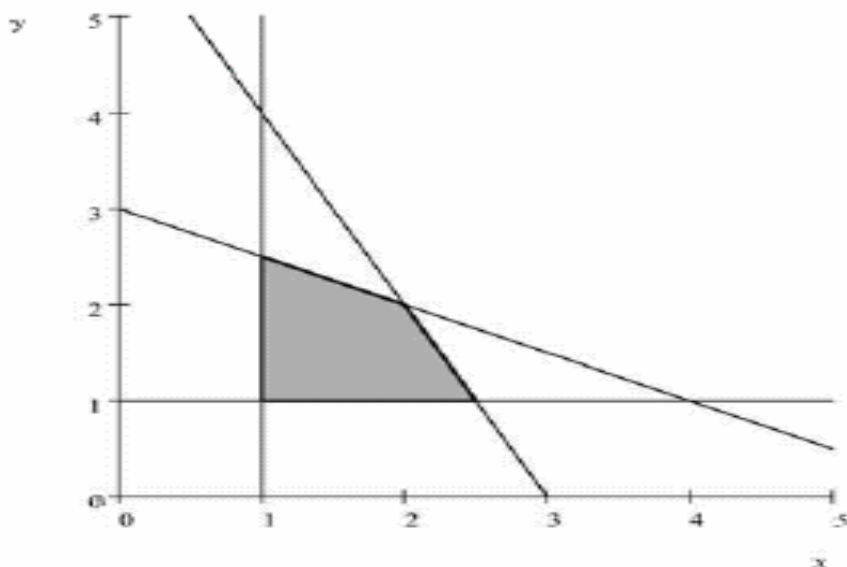
В дилемата на задържания, разглеждана тук, множеството изпълними и индивидуално рационални двойки плащания се състои от всички двойки плащания, които могат да бъдат получени като изпъкнали комбинации на двойките на плащания в табл. 3 и където няма плащане под 1. За да разберем това, първо, трябва да обърнем внимание, че всеки играч може да си гарантира плащане от най-малко 1, като играе  $D$ . Второ, четирите двойки на чистата стратегия дават двойки на плащането (2, 2), (1, 1), (3, 0) и (0, 3). По този начин множеството от възможните двойки на плащането представлява многостен, като тези двойки са негови върхове. Затъмнената област на представената фигура е резултатът от пресичането на тези две множества. Всички тези двойки на плащането (и никои други) могат да бъдат получени като повременно осреднени плащания в точката на равновесие на Неш от безкрайното повторение на тази игра.

<sup>21</sup> Не всички игри притежават подобни точки на равновесие.

<sup>22</sup> Множеството от индивидуално рационални плащания може да се дефинира по следния начин: за всяка (чиста или смесена) стратегическа комбинация на другите играчи в  $G$  нека въпросният играч изиграе най-добрия (чист или смесен) отговор. Най-ниската стойност на резултантните плащания за последния определя долната граница на индивидуално рационалните плащания за този играч.

Фигура

**Множество от възможни и индивидуално рационални двойки на плащането в играта "дилемата на задържания" от табл. 3**



Приложена към играта в табл. 1, народната теорема твърди, че всички двойки на плащането, които са върхови комбинации на  $(0, 0)$ ,  $(a, c)$ ,  $(c, a)$  и  $(b, b)$  и където няма плащане под  $c$ , могат да бъдат получени като повремено осреднени плащания в точка на равновесие на Неш от безкрайното повтаряне на тази игра. В частност, "добрият" резултат  $(b, b)$  може да бъде поддържан, въпреки факта, че не представлява равновесна точка на играта, когато се изиграе веднъж. Отклоненията от предписаната игра могат да бъдат заплашени с "мин-максен избор" на отклоняващия се. С други думи, другият играч избира произволно между двете чисти стратегии по начин, по който да намали до минимум очакваното плащане на отклонилия се, когато последният играе своя най-добър отговор на това "наказание". Такива наказания могат да поддържат и други резултати като равновесни състояния на безкрайно повтаряните игри, например, редувайки варианти С и D според някаква установена схема. Приложени към по-сложни игри, подобни наказания могат временно да принудят плащанията на играчите да слязат под всички равнища на плащане в точките на равновесие на Неш в постановъчната игра G. Например фирмите в повтаряща се количествена конкуренция (метод на Курно) могат да накажат отклоненията от заговорническото поведение (като имплицитните картелни споразумения за



ограничаване на производството), като временно "наводнят" пазара и по този начин принудят печалбите да спаднат до нула.

През 50-те години на миналия век няколко специалисти в областта на теорията на игрите изказват предположението, че разумните играчи би трябвало да са в състояние да си сътрудничат – например да играят *C* в посочената дилема на задържания, при положение, че играта продължи достатъчно дълго (вж. Luce и Raiffa, 1957, раздел 5.5). Нейният фолклорен привкус е причината, поради която започват да наричат резултата "народна теорема". Както беше посочено, Шелинг (1956) определено вярва на народната мъдрост и смята, че тя има своето значение от емпирична гледна точка. И все пак именно прецизната и обобщена постановка и доказателство на Омън полагат основата за по-нататъшни анализи на повтаряни взаимодействия. По-късно Фридмън (1971) установява един полезен, макар и частичен резултат за повтаряни игри - ако играчите намалят бъдещите плащания на една достатъчно малка стойност, то тогава резултати с по-големи плащания за всички играчи, отколкото биха получили в една точка на равновесие на Неш на чиста стратегия в базовата постановъчна игра *G*, могат да бъдат получени като точки на равновесие в безкрайно повтаряната игра.

По време на студената война - между 1965 и 1968 г., Р. Омън, М. Машлър и Р. Стърнз си сътрудничат в едно изследване на динамиката на преговорите по контрола върху въоръжаването. Тяхната работа става основа на теорията за повтаряните игри с непълна информация, т.е. повтаряни игри, в които всички или някои от играчите не знаят коя постановъчна игра *G* се играе (вж. Aumann and Maschler, 1966, 1967, 1968; Stearns, 1967; Aumann, Maschler and Stearns, 1968). Например дадена фирма може да не знае какви са разходите на конкурента, а една страна може да не познава арсенала от оръжия или приоритетната подредба на алтернативните споразумения на друга страна. Това продължение въвежда още един стратегически елемент - стимули да укрием или да разкрием поверителна информация на други играчи. Как би могъл човек, фирма или страна, която притежава допълнителна информация, да използва това предимство? Как би могъл неосведоменият играч да си направи изводи за информация, известна на друг играч, като наблюдава миналите действия на този играч? Дали би трябвало информираният играч да се възползва от информацията за краткосрочни облаги, като по такъв начин рискува да разкрие информацията си на другите играчи, или да я укрие с цел да спечели повече в бъдеще? Като надграждат по повод трудовете на Джон Харсаний, Омън, Машлър и Стърнз свързват теорията на игрите с тези деликатни стратегически въпроси. Тяхното творчество е събрано и обогатено с коментари в Омън и Машлър (1995).

Омън и Шапли (1976) и Рубинстайн (1976, 1979) доусъвършенстват анализа на повтаряните игри с пълна информация, показвайки, че всички

възможни и индивидуално рационални резултати могат да бъдат поддържани също и като подигрово свършена точки на равновесие на Неш. В контекста на една безкрайно повтаряна игра подигровото свършенство по същество изисква играчите, веднага след едностранно отклонение от равновесната линия на поведение в играта, да имат стимул да играят в интерес на равновесното състояние. В частност, подигровото свършенство изисква никой от играчите никога да няма стимул да се отклони от това да накаже отклонил се играч, нито да се отклони от това да накаже играч, който се отклонява от това да накаже играч, и т.н. Много от точките на равновесие на Неш не са подигрово свършени и определено е ясно, че такова на пръв поглед строго усвършенстване ще остави непокътнато цялото множество от плащания в тези точки в суперигрите. И наистина, както показват Омън и Шапли, ако играчите дисконтират бъдещите плащания и се стремят да увеличат до максимум очакваната настояща стойност на техния собствен поток от плащания, тогава множеството от подигрово свършени равновесни резултати може да бъде значително по-малко от множеството резултати с точка на равновесие на Неш. Защото, докато критерият за равновесие на Неш не зависи от "разходите" по "наказанията" на отклонилите се, то при критерия за подигрово свършенство не е така. Тяхната обобщена народна теорема обаче постановява, че разликата между подигрово свършен и равновесие на Неш изчезва, ако липсва споменатото дисконтиране.

Теорията за повтаряните игри процъфтява през последните четиридесет години, и сега ние притежаваме едно много по-задълбочено разбиране относно условията за сътрудничество в продължаващите взаимоотношения. След една характеристика на оптималните наказания от Абря (1988), става по-лесно да се намери множеството от равновесни плащания, които могат да бъдат поддържани в повтаряните игри. Фуденберг и Маскин (1986) извеждат Народни теореми за подигрово свършени точки на равновесие в безкрайно повтаряни игри с дисконтиране и произволен (ограничен) брой играчи. Омън и Сорин (1989) показват, че ограниченото отзоваване на играчите може да стесни множеството равновесни състояния само до онези, които са социално ефективни, а Абря, Дата и Смит (1994) по същество охарактеризират категорията игри за които твърдението на народната теорема е изпълнено в условията на безкрайно повторение и дисконтиране.

Пример за подигрово свършено равновесие в една безкрайно повтаряна игра с дисконтиране е случай, в който  $n$  на брой идентични фирми без фиксирани разходи и постоянен пределен разход с продават един и същ продукт и участват в динамична ценова конкуренция на пазара. Всяка фирма обявява цена за съответния период и потребителите купуват единствено от фирмата (фирмите) с най-ниска цена, като търсенето им се разпростира равномерно върху тях. Ако взаимодействието се случи само веднъж, тогава пазарната цена вследствие на това ще е същата, както в условията на

съвършена конкуренция -  $p = c$ . Ако обаче то се случва и в бъдеще, когато печалбите се дисконтират с постоянни темпове, тогава са възможни много други равновесни изходи от ситуацията, ако дисконтирането не е твърде голямо. Например всички фирми могат да започнат, като определят монополна цена  $p' > p$  и продължат да го правят, докато се открие отклонение от нея. От този момент нататък всички фирми определят конкурентната цена  $p = c$ . Подобен стратегически профил представлява едно подигрово съвършено равновесно състояние, ако  $\delta \geq 1 - 1/n$ , където  $\delta \in (0, 1)$  е коефициентът на дисконтиране – коефициентът, с който бъдещите печалби се дисконтират за всеки период.<sup>23</sup> Колкото повече са конкурентите, толкова по сурови са условията за коефициента на дисконтиране, а оттук е и по-трудно да се поддържат тайните споразумения.

Други направления в литературата проучват възможностите за дългосрочно сътрудничество, когато играчите са нетърпеливи и имат достъп единствено до шумни сигнали за предишно поведение - важните ранни приноси включват Грийн и Портър (1984) и Абря, Пиърс и Стакети (1990). По-съвременни приноси във връзка с това се отнасят до дългогодишните играчи, както и до несъвършения обществен и частен мониторинг.<sup>24</sup> Съществува и литература относно сътрудничеството при крайно повтаряните игри, т.е. когато постановъчната игра  $G$  се повтаря ограничен брой пъти. Например Беноа и Кришна (1985) извеждат резултати, наподобяващи народната теорема, за повтаряни игри с множество точки на равновесие на Неш, когато времевият диапазон е краен, но дълъг, а Крепс, Милгръм, Робъртс и Уилсън (1982) показват, че ако дилемата на задържания се повтори достатъчно много пъти, е необходимо само малко количество непълна информация относно плащанията, за да може да се поддържа сътрудничеството през повечето време, макар че в последните няколко кръга конфликтът избухва. Нейман (1999) показва, че сътрудничеството в една дилема на задържания,

<sup>23</sup> За да видим това по ясно, нека  $\Pi(p)$  бъде печалбата за бранша, когато всички фирми определят една и съща цена  $p$ , и приемем, че тази функция е непрекъсната и унимодална с максимум в  $p = p'$ . Стратегическият профил, описан тук, представлява едно подигрово

съвършено равновесно състояние, ако и само ако  $\frac{1}{n} \Pi(p') / (1 - \delta)$  (слабо) надвишава  $\Pi(p)$

за всички  $p < p'$ . Първата величина представлява настоящата стойност на печалбата на една фирма, ако тя продължи да определя договорената цена, а  $\Pi(p)$  е настоящата стойност на печалбата за фирмата, ако тя подбие договорената цена, като определи цена  $p < p'$  – такава фирма ще има нулева печалба във всички бъдещи периоди, защото всички фирми впоследствие ще ценообразуват на база пределни разходи. Благодарение непрекъснатостта на функцията  $\Pi$  необходимото неравенство е изпълнено тогава и само тогава, когато  $\delta > 1 - 1/n$ . Не съществува стимул за отклонение от наказание на отклонил се, ако такова отклонение настъпи, тъй като всички печалби спадат на нула веднага щом някоя фирма определи цена  $p = c$ .

<sup>24</sup> Вж. Fudenberg and Levine (1994), Fudenberg, Levine and Maskin (1994), Kandori (2002) и Ely, Horner and Olszewski (2005).

повтаряна краен брой пъти, е възможно дори в условията на пълна информация, ако времевият диапазон не е всеизвестен. Друг значим принос в литературата върху повтаряните игри е този на Акселрод (1984), чиито експериментални турнири сочат, че простите стратегии от типа "каквото почукало, такова се обадило" се представят добре сред групи от ограничено рационални играчи.

Всички тези последвали прозрения дължат много на новаторските и фундаментални изследвания на Омън. При изучаването на сътрудничеството между агенти с отчасти противопоставени интереси, независимо дали това са фирми на капиталистическия пазар, както беше в много от първите приложения, или фермери, ползващи общо пасбище или напоителна система, както в Остром (1990), теорията за повтаряните игри сега е бенчмаркинговата парадигма. Тази теория помага да бъде обяснен широк набор от емпирични резултати и по-специално защо често е трудно да се поддържа сътрудничеството, когато има голям брой играчи, когато те си взаимодействат рядко, когато съществува голяма вероятност взаимодействието да спре поради външни причини, когато времевият диапазон е кратък и когато поведението на другите се наблюдава след известно закъснение. Ценовите войни, търговските войни и другите икономически и обществени конфликти могат често да бъдат обяснени с един или повече от тези фактори. Рамката на повтаряните игри хвърля светлина и върху съществуването и функционирането на множество различни институции, като се започне от търговските сдружения (Greif, Milgrom, and Weingast, 1994) и Световната търговска организация (Maggi, 1999) и се стигне до мафията (Dixit, 2003).

#### *Други приноси*

Омън има многобройни важни приноси към други аспекти на теорията на игрите и нейното приложение в икономиката. Тук ще споменем само няколко от тях.

Това дали играчите познават набора от стратегии, информацията и предпочитанията на другите, е от изключителна важност за техния избор на курс на действие в една игра. Ето защо е естествено да си зададем въпроса: Какви гносеологични предпоставки водят до равновесна игра от страна на разумните играчи? Специалистите в областта на теорията на игрите мълчат по този фундаментален въпрос, а икономистите провеждат равновесни анализи, без да се тревожат прекалено много за това, до момента, в който Омън не дава плана за изследователска дейност, наричан понякога интерактивна гносеология. В своята статия "Да се съгласиш да не бъдеш съгласен" (1976) авторът въвежда в теорията на игрите понятието "общоизвестност", термин, дефиниран за първи път от Луис (1969). Дадено събитие е *общоизвестно* сред играчите в една игра, ако за него се знае от всички играчи, ако те знаят, че то се знае от всички

играчи, ако всички играчи знаят, че всички играчи знаят, че то се знае от всички играчи, и т.н. до безкрайност. Грубо казано, Омън доказва, че ако на двама играчи им е известна вероятностната оценка на другия относно дадено събитие, то тогава тези оценки трябва да са идентични. Контраинтуитивният "резултат от споразумението" на Омън има значителен ефект върху теоретичния анализ на търговията на финансовите пазари (вж. например Милгръм и Стоуки, 1982).

През 80-те години на миналия век Бърнхайм (1984) и Пиърс (1984) показват, че рационалността на играчите и тяхното споделено познаване на играта и на рационалността на другия по принцип не води до равновесно състояние на Неш, дори и в игри с уникална точка на равновесие на Неш. Едно десетилетие по-късно Омън и Бранденбургер (1995) извеждат стриктни достатъчни гносеологически условия за игра с равновесие на Неш.

Както беше споменато, Омън дефинира понятието твърдо равновесие, което представлява нов усъвършенстван вариант на равновесното състояние на Неш. В две статии, публикувани през 1974 и 1987 г., той дефинира и още едно понятийно решение, което е "по-грубо" от равновесната точка на Неш - *корелационно равновесие*. За разлика от равновесната точка на Неш корелационното равновесие позволява стратегиите на играчите да бъдат статистически зависими и по този начин точката на равновесие на Неш се явява като особен случай на статистическа независимост. Подобна взаимозависимост е възможна, ако играчите могат да оставят избора си на стратегия да се обуславя от съотнесени произволни променливи, например ясно разграничими, но свързани помежду си наблюдения на времето, някакво новинарско събитие или друга променлива характеристика на тяхната среда. В едно корелационно равновесно състояние обусловеният избор на всеки играч е оптимален, като се имат предвид правилата за вземане на решение на останалите.

Множеството от съотнесени равновесни резултати на една игра с пълна информация дава също и границите на сътрудничеството, когато играчите могат да общуват свободно, вероятно чрез безпристрастен посредник, преди да изберат своите стратегии в основната игра. Когато наблюдаваната произволна променлива на всеки играч представлява препоръка от непредубедения посредник, едно корелационно равновесие е сбор от препоръки, и то такъв, че никой от играчите не може да увеличи своето очаквано плащане посредством едностранно отклонение от дадената му препоръка. В мобилизационната игра, която разгледахме (вж. табл. 1), може да се види, че съществуват корелационни равновесия, в които войната напълно е избягната, а преговорната двойка на плащането (*b*, *b*) се постига с голяма вероятност. За да видим това по-подробно, да предположим, че даден посредник препоръчва точно една от страните да

Нобелова награда за постижения в областта на икономическите науки за 2005 г.

се въздържа от мобилизация с еднаква вероятност  $\pi$  за всяка страна и двете да се въздържат от мобилизация с останалата вероятност  $1 - 2\pi$ . Ако  $\pi > 2b/(2b + a - c)$ , всяка страна ще се въздържа от мобилизация тогава и само тогава, когато получи тази препоръка<sup>25</sup> (за по-щателна дискусия на връзката между понятието корелационно равновесие и ролята на комуникацията в игрите вж. Майърсън, 1991, гл. 6).

Омън (1987) показва, че корелационното равновесие може да се разглежда като естествено продължение на теорията на решенията на Бейз към некооперативните игри. При това тълкуване разумните играчи (съгласно дефиницията на рационалността на Савидж, 1954) ще играят в корелационно равновесие, ако тяхната рационалност и техните вероятностни предпочитания са общоизвестни.

Омън има забележителни приноси и в други сфери на икономиката. Един от тях е трудът му върху теорията на решенията съвместно с Франк Дж. Анскоум (Anscombe and Aumann, 1963), неговият континуум модел на съвършената конкуренция (Aumann 1964, 1966), както и съвместният труд с Мордекай Курц и Ейбръхам Нейман относно приложенията на теорията на игрите в политическата икономия (Aumann and Kurz, 1977; Aumann, Kurz and Neyman, 1983, 1987).

### Препоръчителна литература

Творчеството на Томас Шелинг е достъпно и за неспециалисти и препоръчваме справка с оригиналните му публикации. Трудовете на Омън са твърде специализирани, но обикновено съдържат и по-популярни дискусии (вж. Омън, 1981, за общ преглед на литературата върху повтаряните игри до този момент; Омън и Машлър, 1995, за преглед на ранното творчество върху повтаряните игри с непълна информация). За достъпно и почти изцяло неспециализирано въведение в теорията на игрите вж. Диксит и Нейлбъф (1991) - в гл. 4 на тази книга е разгледано дългосрочното сътрудничество, а в гл. 6 - правдоподобните ангажименти. За повече подробности върху теорията на игрите вж. Диксит и Скийт (2004) за уводен текст и Фуденбърг и Тироул (1991) и Майърсън (1991) за едно по-сложно и специализирано изложение. Личните виждания на Омън и Шелинг (макар и не непременно актуални) по отношение теорията на игрите могат да бъдат намерени в Омън (1985) и Шелинг (1967). За повече библиографски и персонални подробности относно двамата специалисти в областта на теорията на игрите вж. "Портрет на Шелинг" на Зекхаузер (1989) и "Интервю с Омън" на Харт (2005).

---

<sup>25</sup> Ако една от страните не получи препоръка, тогава тя разбира, че другата страна е получила препоръка да се въздържа. В този случай мобилизацията представлява оптимален вариант. Ако страната получи препоръка, то тогава очакваното плащане при въздържане от мобилизация е  $\pi c + (1 - 2\pi)b$  и това надвишава  $\pi a$ , очакваното плащане при мобилизация.

## Библиография

- [1] *Abreu, D.* (1988). On the theory of infinitely repeated games with discounting. – *Econometrica*, 56, p. 383-396.
- [2] *Abreu, D., D. Pearce and E. Stacchetti* (1990). Towards a theory of discounted repeated games with imperfect monitoring. – *Econometrica*, 58, p. 1041-1063.
- [3] *Abreu, D., P. Dutta and L. Smith* (1994). The Folk Theorem for repeated games: A NEU condition. – *Econometrica*, 62, p. 939-948.
- [4] *Admati, A. R. and M. Perry* (1991). Joint projects without commitment. - *Review of Economic Studies* 58, p. 259-276.
- [5] *Anscombe, F. J. and R. J. Aumann* (1963). A definition of subjective probability. - *Annals of Mathematical Statistics*, 34, p. 199-205.
- [6] *Aumann, R. J.* (1959). Acceptable points in general cooperative -person games. – In: R. D. Luce and A. W. Tucker (eds.). *Contributions to the Theory of Games IV*. - *Annals of Mathematics Study*, 40. Princeton University Press, Princeton NJ, p. 287-324.
- [7] *Aumann, R. J.* (1964). Markets with a continuum of traders. – *Econometrica*, 32, p. 39-50.
- [8] *Aumann, R. J.* (1966). Existence of competitive equilibria in markets with a continuum of traders. – *Econometrica*, 34, p. 3-27.
- [9] *Aumann, R. J.* (1974). Subjectivity and correlation in randomized strategies. - *Journal of Mathematical Economics*, 1, p. 67-96.
- [10] *Aumann, R. J.* (1976). Agreeing to disagree. - *The Annals of Statistics*, 4, p. 1236-1239.
- [11] *Aumann, R. J.* (1981). Survey of repeated games. – In: *Essays in Game Theory and Mathematical Economics in Honor of Oskar Morgenstern*. Wissenschaftsverlag (Mannheim), p. 11-42.
- [12] *Aumann, R. J.* (1985). What is game theory trying to accomplish? – In: K. Arrow and S. Honkapohja (eds.). *Frontiers of Economics*, Basil Blackwell, Oxford.
- [13] *Aumann, R. J.* (1987). Correlated equilibrium as an extension of Bayesian rationality. – *Econometrica*, 55, p. 1-18.
- [14] *Aumann, R. J. and A. Brandenburger* (1995). Epistemic condition for Nash equilibrium. – *Econometrica*, 64, p. 1161-1180.
- [15] *Aumann, R. J. and M. Kurz* (1977). Power and taxes. – *Econometrica*, 45, p. 1137-1161.
- [16] *Aumann, R. J., M. Kurz and A. Neyman* (1983). Voting for public goods. - *Review of Economic Studies*, p. 677-694.
- [17] *Aumann, R. J., M. Kurz and A. Neyman* (1987). Power and public goods. - *Journal of Economic Theory*, 42, p. 108-127.
- [18] *Aumann, R.J. and M. Maschler* (1966, 1967, 1968). “Game theoretic aspects of gradual disarmament”, “Repeated games with incomplete information: A survey of recent results”, and “Repeated games of incomplete information, the

zero-sum extensive case". Reports ST-80, 116 and 143, Mathematica Inc., Princeton NJ.

[19] *Aumann, R. J. and M. Maschler* (with the collaboration of R. Stearns) (1995). Repeated Games with Incomplete Information. MIT Press.

[20] *Aumann, R. J., M. Maschler and R. Stearns* (1968). Repeated games of incomplete information: an approach to the non-zero sum case. – In: Report of the U.S. Arms Control and Disarmament Agency ST-143, Chapter IV, p. 117-216.

[21] *Aumann, R. J. and L. Shapley* (1974). Value of Non-Atomic Games. Princeton University Press, Princeton NJ.

[22] *Aumann, R. J. and L. Shapley* (1976). Long-term competition: A game-theoretic analysis, mimeo. Hebrew University. (Reprinted in N. Megiddo (ed.) (1994). Essays in Game Theory in Honor of Michael Maschler. Springer Verlag, Berlin, p. 1-15.

[23] *Aumann, R. J. and S. Sorin* (1989). Cooperation and bounded recall. - Games and Economic Behavior, 1, p. 5-39.

[24] *Axelrod, R.* (1984). The Evolution of Cooperation. Basic Books, New York.

[25] *Baliga, S. and T. Sjoström* (2004). Arms races and negotiations. - Review of Economic Studies, 71, p. 351-369.

[26] *Benoit, J.-P. and V. Krishna* (1985). Finitely repeated games. – Econometrica, 53, p. 890-904.

[27] *Bernheim, B. D.* (1984). Rationalizable strategic behavior. – Econometrica, 52, p. 1007-1028.

[28] *Binmore, K. and L. Samuelson* (2004). The evolution of focal points. - Games and Economic Behavior, forthcoming.

[29] *Camerer, C.* (2003). Behavioral Game Theory. Princeton University Press, Princeton NJ.

[30] *Crawford, V.* (1982). A theory of disagreement in bargaining. – Econometrica, 50, p. 607-637.

[31] *Dixit, A.* (1980): "The role of investment in entry deterrence", Economic Journal 90, 95-106.

[32] *Dixit, A.* (2003). On modes of economic governance. – Econometrica, 71, p. 449-481.

[33] *Dixit, A. and B. Nalebu* (1991). Thinking Strategically: The Competitive Edge in Business, Politics, and Everyday Life. W.W. Norton, New York.

[34] *Dixit, A. and S. Skeath* (2004). Games of Strategy, 2nd ed. W.W. Norton, New York.

[35] *Ely, J., J. Horner and W. Olszewski* (2005). Belief-free equilibria in repeated games. – Econometrica, 73, p. 377-415.

[36] *Friedman, J.* (1971). A non-cooperative equilibrium for supergames. - Review of Economic Studies, 38, p. 1-12.

[37] *Fudenberg, D. and D. Levine* (1994). Efficiency and observability with long-run and short-run players. - Journal of Economic Theory, 62, p. 103-135.



- [38] *Fudenberg, D., D. Levine and E. Maskin* (1994). The Folk theorem with imperfect public information. – *Econometrica*, 62, p. 997-1039.
- [39] *Fudenberg, D. and E. Maskin* (1986). The Folk theorem for repeated games with discounting and with incomplete information. – *Econometrica*, 54, p. 533-554.
- [40] *Fudenberg, D. and J. Tirole* (1991). *Game Theory*. MIT Press.
- [41] *Gale, D.* (2001). Monotone games with positive spillovers. - *Games and Economic Behavior*, 37, p. 295-320.
- [42] *Green, E. and R. Porter* (1984). Noncooperative collusion under imperfect price information. – *Econometrica*, 52, p. 87-100.
- [43] *Greif, A., P. Milgrom, and B.R. Weingast* (1994). Coordination, commitment, and enforcement. - *Journal of Political Economy*, 102, p. 745-776.
- [44] *Guth, W., K. Ritzberger and E. van Damme* (2004). On the Nash bargaining solution with noise. - *European Economic Review*, 48, p. 697-713.
- [45] *Hart, S.* (2005). An interview with Robert Aumann. *Macroeconomic Dynamics*, forthcoming.
- [46] *Hobbes, T.* (1651). *The Leviathan*. Cambridge.
- [47] *Kandori, M.* (2002). Introduction to repeated games with imperfect monitoring. - *Journal of Economic Theory*, 102, p. 1-15.
- [48] *Kreps, D., P. Milgrom, J. Roberts and R. Wilson* (1982). Rational cooperation in the finitely repeated prisoners' dilemma. - *Journal of Economic Theory* 27, p. 245-252.
- [49] *Lewis, D.* (1969). *Convention*. Harvard University Press, Cambridge MA.
- [50] *Lockwood, B. and J. P. Thomas* (2002). "Gradualism and irreversibility. - *Review of Economic Studies*, 69, p. 339-356.
- [51] *Luce, D. and H. Raia* (1957). *Decisions and Games*. Wiley, New York.
- [52] *Maggi, G.* (1999). The role of multinational institutions in international trade cooperation. - *American Economic Review*, 89, p. 190-214.
- [53] *Marx, L. M. and S. A. Matthews* (2000). Dynamic voluntary contribution to a public project. - *Review of Economic Studies*, 67, p. 327-358.
- [54] *Maynard Smith, J.* (1982). *Evolution and the Theory of Games*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [55] *Mehta, J., C. Starmer and R. Sugden* (1994a). The nature of salience: An experimental investigation of pure coordination games. - *American Economic Review*, 84, p. 658-673.
- [56] *Mehta, J., C. Starmer and R. Sugden* (1994b). Focal points in pure coordination games: An experimental investigation. - *Theory and Decision*, 36, p. 163-185.
- [57] *Milgrom, P. and N. Stokey* (1982). Information, trade and common knowledge. - *Journal of Economic Theory*, 26, p. 177-227.
- [58] *Muthoo, A.* (1996). A bargaining model based on the commitment tactic. - *Journal of Economic Theory*, 69, p. 134-152.

Нобелова награда за постижения в областта на икономическите науки за 2005 г.

[59] *Myerson, R. B.* (1991). *Game Theory: Analysis of Conflict*. Harvard University Press, Cambridge MA.

[60] *Nash, J.* (1950a). Equilibrium points in n-person games. - *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 36, p. 48-49.

[61] *Nash, J.* (1950b). The bargaining problem. – *Econometrica*, 18, p. 155-162.

[62] *Nash, J.* (1951). Non-cooperative games. - *Annals of Mathematics*, 54, p. 286-295.

[63] *Nash, J.* (1953). Two-person cooperative games. – *Econometrica*, 21, p. 128-140.

[64] *Neyman, A.* (1999). Cooperation in repeated games when the number of stages is not commonly known. – *Econometrica*, 67, p. 45-64.

[65] *Ostrom, E.* (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press, Cambridge.

[66] *Pearce, D. G.* (1984). Rationalizable strategic behavior and the problem of perfection. – *Econometrica*, 52, p. 1029-1050.

[67] *Phelps, E. and R. Pollak* (1968). On second-best national savings and gametheoretic growth. - *Review of Economic Studies*, 35, p. 201-208.

[68] *Reiter, D.* (1995). Exploding the power keg myth: Preemptive wars almost never happen. - *International Security*, 20, p. 5-34.

[69] *Rogo, K.* (1985). The optimal degree of commitment to an intermediate monetary target. - *Quarterly Journal of Economics*, 100, p. 1169-1189.

[70] *Rubinstein, A.* (1976). *Equilibrium in supergames*. Center for Mathematical Economics and Game Theory, Hebrew University. (First part reprinted in N. Megiddo (ed.) (1994). *Essays in Game Theory in Honor of Michael Maschler*, Springer Verlag, Berlin, p. 17-28).

[71] *Rubinstein, A.* (1979). Equilibrium in supergames with the overtaking criterion. - *Journal of Economic Theory*, 21, p. 1-9.

[72] *Savage, L.* (1954). *The Foundations of Statistics*. Dover, Mineola NY.

[73] *Schelling, T. C.* (1956). An essay on bargaining. - *American Economic Review*, 46, p. 281-306.

[74] *Schelling, T. C.* (1960). *The Strategy of Conflict*. Harvard University Press, Cambridge MA.

[75] *Schelling, T. C.* (1966). *Arms and Influence*. Yale University Press, New Haven.

[76] *Schelling, T. C.* (1967). What is game theory? – In: J. C. Charlesworth (ed.). *Contemporary Political Analysis*, Free Press, New York (Reprinted as Chapter 10 of Schelling, 1984).

[77] *Schelling, T. C.* (1971). Dynamic models of segregation. - *Journal of Mathematical Sociology*, 1, p. 143-186.

[78] *Schelling, T. C.* (1978). *Micromotives and Macrobehavior*. Harvard University Press, Cambridge MA.

- [79] *Schelling, T. C.* (1980). The intimate contest for self-command. - *The Public Interest*, 60, p. 94-118.
- [80] *Schelling, T. C.* (1983). Ethics, law, and the exercise of self-command. – In: S.M. McMurrin (ed.). *The Tanner Lectures on Human Values IV*, University of Utah Press, Salt Lake City, p. 43-79.
- [81] *Schelling, T. C.* (1984a). Self-command in practice, in policy, and in a theory of rational choice. - *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 74, p. 1-11.
- [82] *Schelling, T. C.* (1984b). *Choice and Consequence*. Harvard University Press, Cambridge MA.
- [83] *Schelling, T. C.* (1992). Addictive drugs: The cigarette experience. – *Science*, 255, p. 430-434.
- [84] *Schelling, T. C. and M. H. Halperin* (1961). *Strategy and Arms Control*. Twentieth Century Fund, New York.
- [85] *Selten, R.* (1965). Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfrageträgheit - Teil I: Bestimmung des dynamischen Preisgleichgewichts. - *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 121, p. 301-324.
- [86] *Selten, R.* (1975). Re-examination of the perfectness concept for equilibrium points in extensive games. - *International Journal of Game Theory*, 4, p. 25-55.
- [87] *Snyder, G. H. and P. Diesing* (1977). *Conflict among Nations: Bargaining, Decision Making, and System Structure in International Crises*. Princeton University Press.
- [88] *Spence, M.* (1977). Entry, investment, and oligopolistic pricing. - *Bell Journal of Economics*, 8, p. 534-544.
- [89] *Stearns, R.* (1967). A formal information concept for games with incomplete information. Report of the U.S. Arms Control and Disarmament Agency ST-116, Chapter IV, p. 405-403.
- [90] *Strotz, R.* (1956). Myopia and inconsistency in dynamic utility maximization. - *Review of Economic Studies*, 23, p. 165-180.
- [91] *Zeckhauser, R.* (1989). Distinguished fellow: Reflections on Thomas Schelling. - *Journal of Economic Perspectives*, 3, p. 153-164.
- [92] *Von Neumann, J. and O. Morgenstern* (1944). *The Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, Princeton NJ.
- [93] *Wohlstetter, A.* (1959). The delicate balance of terror. - *Foreign Affairs*, 37, p. 211-234.

Превод от английски Свилен Илиев