

**Математическая теория игр:
проблемы и перспективы
(в контексте социально-экономических
моделей)**

А. А. Васин
факультет ВМК МГУ

Теория игр – математическая теория принятия решений в конфликтных ситуациях. Поясним, что такое *конфликтная ситуация*.

Модели принятия решений, изучаемые теорией оптимизации: ЛПР выбирает свою стратегию из заданного множества S , задана функция $f(s)$, которая отражает интересы ЛПР и зависит от s .

Задача принятия решений: найти $s^* \rightarrow \max_{s \in S} f(s)$.

Отличие конфликтной ситуации: решение принимается несколькими участниками, функция выигрыша каждого индивидуума зависит не только от его стратегии, но также и от решений других игроков.

Основной моделью конфликтной ситуации является *игра в нормальной форме*.

$$\Gamma = \left\langle A, S^a, a \in A, \varphi^a(s), s \in \bigotimes_{a \in A} S^a, a \in A \right\rangle,$$

A – множество участников или игроков; S^a – множество допустимых стратегий игрока a ;

$s = (s^a, a \in A) \in \bigotimes_{a \in A} S^a$ – ситуация игры, возникающая в

результате выбора всеми игроками своих стратегий; $\varphi^a(s)$ – выигрыш игрока a в ситуации s .

Нормативный и дескриптивный подходы.

Нормативный: теория дает рекомендации, как следует действовать в той или иной конфликтной ситуации.

Дескриптивный: теория пытается описать, как на самом деле происходит взаимодействие между игроками.

Теория игр широко используется для описания и анализа поведения экономических агентов в микроэкономике, экономике общественного сектора, политэкономии и других разделах экономической теории.

В 1994 году Джон Нэш получил Нобелевскую премию по экономике за концепцию равновесия в теории некооперативных игр, развитую в 1950х.

Важнейший принцип принятия решений:

Равновесием Нэша в игре Γ называется набор стратегий $s \in S$ такой, что для каждого игрока a его стратегия s^a удовлетворяет условию:

$$s^a \in \mathop{\text{Arg}} \max_{i^a \in S^a} \varphi^a(s \parallel i^a), \quad \forall a \in A.$$

$s \parallel i^a$ обозначает набор, в котором все компоненты, кроме стратегии игрока a , совпадают с s , а стратегия a есть i^a .

Равновесие Нэша – такой набор стратегий, от которого ни одному из игроков не выгодно отклоняться индивидуально.

Правило принятия решения: в конфликтной ситуации каждому участнику следует использовать стратегию, которая входит в равновесие Нэша.

Проблемы существования, единственности и эффективности.

Биматричная игра: $A = \{1, 2\}$, $S^1 = \{1, \dots, m\}$, $S^2 = \{1, \dots, n\}$.

Функции выигрыша: $\Phi^1 = \left\{ \varphi_{ij}^1 \right\}_{\substack{i \in S^1 \\ j \in S^2}}$, $\Phi^2 = \left\{ \varphi_{ij}^2 \right\}_{\substack{i \in S^1 \\ j \in S^2}}$,

где стратегиям первого игрока соответствуют строки, а стратегиям второго игрока – столбцы.

Пример 1. Покупатель приходит на рынок за яблоками. У продавца (игрок 1), две стратегии: "честность" и "обман". Покупатель также имеет две стратегии: "поверить" и "проверить".

Матрицы выигрышей:

$\begin{matrix} & \text{пов} & \text{пров} \\ \text{честн} & \begin{pmatrix} 0 & 0 \end{pmatrix} \\ \text{обман} & \begin{pmatrix} 1 & -1 \end{pmatrix} \end{matrix}$ – для продавца, $\begin{matrix} & \text{пов} & \text{пров} \\ \text{честн} & \begin{pmatrix} 0 & -1/2 \end{pmatrix} \\ \text{обман} & \begin{pmatrix} -1 & 1/2 \end{pmatrix} \end{matrix}$ – для покупателя.

Упражнение 1. Проверить, что если элементы в матрицах выигрышей игроков связаны соотношениями

$$\left(\begin{array}{cc} \varphi_{11}^1 & \varphi_{12}^1 \\ \wedge & \vee \\ \varphi_{21}^1 & \varphi_{22}^1 \end{array} \right), \left(\begin{array}{cc} \varphi_{11}^2 & > \varphi_{12}^2 \\ & \\ \varphi_{21}^2 & < \varphi_{22}^2 \end{array} \right),$$

то в игре не существует равновесий по Нэшу.

Вычисление равновесий в смешанных стратегиях для биматричных игр

Рассмотрим игру с матрицами: $\Phi^1 = \left\{ \varphi_{ij}^1 \right\}_{\substack{i \in S^1 \\ j \in S^2}}$, $\Phi^2 = \left\{ \varphi_{ij}^2 \right\}_{\substack{i \in S^1 \\ j \in S^2}}$, где

$$S^1 = \{1, \dots, m\}, \text{ а } S^2 = \{1, \dots, n\}.$$

Обозначим

$$P = \left\{ p = (p_1, \dots, p_m) \mid p_i \geq 0, i = \overline{1, m}, \sum_{i=1}^m p_i = 1 \right\}$$

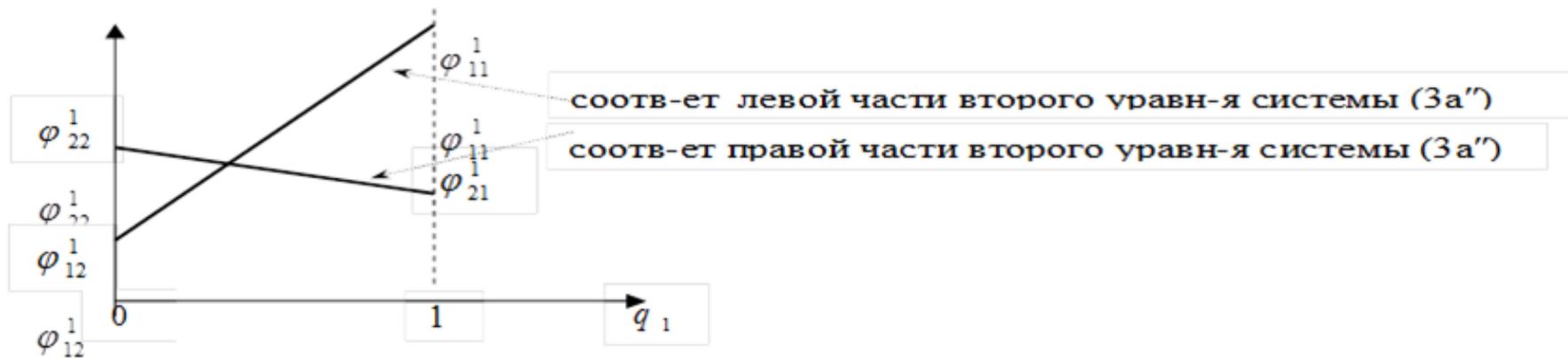
$$Q = \left\{ q = (q_1, \dots, q_n) \mid q_j \geq 0, j = \overline{1, n}, \sum_{j=1}^n q_j = 1 \right\}$$

Выигрыш игрока в $G(\Gamma)$: $f^a(p, q) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_i q_j \varphi_{ij}^a.$

Теорема 3. Для любой конечной игры n лиц Γ существует равновесие Нэша в смешанном расширении $G(\Gamma)$.

Вычисление равновесия в игре 2x2

$$\begin{cases} \varphi_{11}^1 q_1 + \varphi_{12}^1 q_2 = v^1 \\ \varphi_{21}^1 q_1 + \varphi_{22}^1 q_2 = v^1 \\ q_1 + q_2 = 1 \\ q_1 \geq 0, q_2 \geq 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_2 = 1 - q_1 \\ \varphi_{11}^1 q_1 + \varphi_{12}^1 (1 - q_1) = \varphi_{21}^1 q_1 + \varphi_{22}^1 (1 - q_1) \end{cases} \quad (3a'')$$

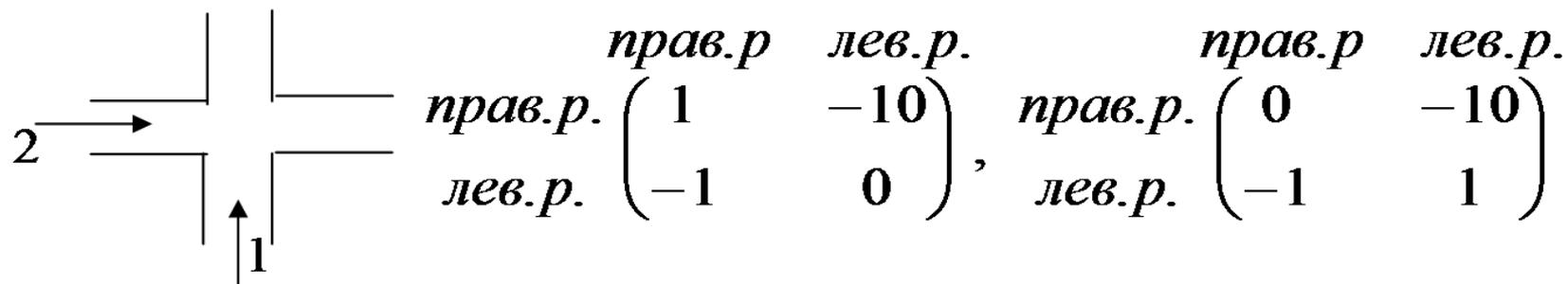


Решение существует, если $\text{sign}(\varphi_{22}^1 - \varphi_{12}^1) = \text{sign}(\varphi_{11}^1 - \varphi_{21}^1)$. Тогда

$$q_1 = \frac{\varphi_{22}^1 - \varphi_{12}^1}{\varphi_{11}^1 - \varphi_{12}^1 - \varphi_{21}^1 + \varphi_{22}^1}$$

В примере 2: $q_1 = 1/2$, $p_1 = 3/4$ (информация)

Пример 2 («Игра на координацию»). Игроками являются два водителя, которым надо проехать через перекресток. Две стратегии: использовать правило "пропустить помеху справа" или правило "пропустить помеху слева".



Пример 3 («Дилемма заключенного»). Игроками являются два находящихся под следствием человека. Две стратегии: сознаться в совершенном преступлении или не сознаваться.

Матрицы выигрышей:

$$\begin{matrix} & C & H \\ C & \begin{pmatrix} -5 & -1 \end{pmatrix} \\ H & \begin{pmatrix} -10 & -2 \end{pmatrix} \end{matrix} \text{ — для первого игрока, } \begin{matrix} & C & H \\ C & \begin{pmatrix} -5 & -10 \end{pmatrix} \\ H & \begin{pmatrix} -1 & -2 \end{pmatrix} \end{matrix} \text{ — для второго}$$

игрока.

Точки равновесия Нэша могут быть неэффективны в том смысле, что за счет отклонения обоих игроков от точки равновесия Нэша можно улучшить выигрыши каждого из них.

Доминирование в играх 2-х лиц.

В игре Γ стратегия i доминирует стратегию g ($i \succeq g$) на множестве $Q^2 \subseteq S^2$, если $\varphi_{ij}^1 \geq \varphi_{gj}^1, \forall j \in Q^2$.

j доминирует стратегию g ($j \succeq g$) на множестве $Q^1 \subseteq S^1$, если $\varphi_{ij}^2 \geq \varphi_{ig}^2, \forall i \in Q^1$.

Равновесие в доминирующих стратегиях.

s^a – доминирующая стратегия в Γ , если $\forall g^a \in S^a s^a \succeq g^a$ на S

Утверждение 4. Если $s \in S$ – набор доминирующих стратегий, то s – равновесие Нэша.

О проектировании экономических механизмов

Аукцион 2-й цены

$\forall a \in A r^a \geq 0$ – резервная цена, $s^a \geq 0$ – заявка на аукционе,

$f^a(s) = 0$, если $s^a \neq \max_{b \in A} s^b$, иначе $f^a(s) = r^a - \max_{b \neq a} s^b$, если

$s^a > \max_{b \neq a} s^b$.

Утверждение 5. $\forall a r^a$ – слабо доминирующая стратегия.

- Проблема обоснования соответствия реального поведения экономических агентов принципам равновесия Нэша и исключения доминируемых стратегий.
 - В типичном случае поиск равновесий Нэша и множеств недоминируемых стратегий представляет нетривиальные математические задачи, для решения которых необходимо довольно точное знание всех множеств стратегий и функций выигрыша (модели экономической конкуренции по Курно и Бертрону).
 - Обычный участник такого взаимодействия располагает точной информацией лишь о своих стратегиях и функции выигрыша и зачастую не имеет понятия об упомянутых принципах принятия решений.
 - Почему же можно ожидать, что его поведение будет им соответствовать?
 - Обоснование принципов равновесия Нэша и исключения доминируемых стратегий с помощью моделей адаптивно-подражательного поведения (МАПП).
 - Эти модели показывают, что сходимость к равновесию по Нэшу и исключение доминируемых стратегий в определенных условиях вытекают из общих свойств эволюционных и адаптивно-подражательных механизмов формирования поведения.
 - При этом не требуется ни полной информированности, ни особой рациональности в выборе стратегий: достаточно знать величины выигрышей для текущей стратегии поведения и выбранной альтернативы.

- Как определить функции полезности участников для конкретных взаимодействий?
 - В экономике концепция “homo economicus” – “человек экономический”
 - В роли производителя – максимизация прибыли.
 - В роли потребителя – максимизация объема потребления.
 - Несоответствие реальному поведению: российский рынок труда.

Популяционная игра – статическая модель взаимодействия в большой однородной группе индивидуумов.

Для всех случайных парных столкновений равновесия Нэша популяционной игры соответствуют равновесиям Нэша биматричной игры, описывающей парное взаимодействие.

Аналогичная связь существует для случайных столкновений с большим числом участников, когда отдельное локальное взаимодействие характеризуется игрой n лиц. При этом результаты легко обобщаются на случай межпопуляционных столкновений, когда в определенных ролях выступают индивидуумы из разных популяций или социальных групп ("хищник - жертва", "работодатели - наемные работники" и т.п.) Главное условие соответствия — независимость распределения по взаимодействующим группам от стратегий участников.

Популяционная игра

Формально популяционная игра G задается совокупностью параметров

$$G = \langle J, f_j(\pi, \omega), j \in J, \pi \in \Pi, \omega \in \Omega \rangle,$$

- где J – множество стратегий участников этой игры
- $\pi = (\pi_j)_{j \in J}$ – распределение игроков по стратегиям
- $\Pi = \{\pi \mid \pi_j \geq 0, \sum_{j \in J} \pi_j = 1\}$ – стандартный симплекс
- $f_j(\pi, \omega)$ – выигрыш игроков, использующих стратегию j , в зависимости от распределения по стратегиям π и других параметров модели ω (например, общей численности популяции и состояния внешней среды).

Пример популяционной игры (M. Smith)

Парные (конкурентные) столкновения. Индивидуумы популяции случайным образом сталкиваются в парах, причем одни из них оказываются в роли α (хозяина объекта конкуренции), а другие – в роли β (захватчика).

- J^α, J^β – множества вариантов поведения (альтернатив) в соответствующих ролях
- $\phi_{j^\alpha j^\beta}^\alpha$ и $\phi_{j^\alpha j^\beta}^\beta$ – выигрыши индивидуумов, если α выбирает вариант $j^\alpha \in J^\alpha$, а β – $j^\beta \in J^\beta$.
- Стратегия индивидуума – пара $j = (j^\alpha, j^\beta)$, где $j^\alpha \in J^\alpha$, а $j^\beta \in J^\beta$ – правило выбора варианта поведения в зависимости от роли.

Обозначим через $P_\alpha(\pi)$ и $P_\beta(\pi)$ распределения по вариантам поведения индивидуумов в ролях α и β , соответствующие распределению по стратегиям π . Тогда

$$P_{j^\alpha}(\pi) = \sum_{j^\beta \in J^\beta} \pi_{j^\alpha j^\beta}, \quad P_{j^\beta}(\pi) = \sum_{j^\alpha \in J^\alpha} \pi_{j^\alpha j^\beta},$$

а для стратегии $i = (i^\alpha, i^\beta)$

$$f_{i^\alpha i^\beta}(\pi) = \left(\sum_{j^\beta \in J^\beta} \phi_{i^\alpha j^\beta}^\alpha P_{j^\beta}(\pi) + \sum_{j^\alpha \in J^\alpha} \phi_{j^\alpha i^\beta}^\beta P_{j^\alpha}(\pi) \right).$$

Утверждение 2.4. Распределение $\pi = (\pi_{j^\alpha j^\beta})$ тогда и только тогда является равновесием по Нэшу игры G для асимметричных парных столкновений, когда $(p^\alpha(\pi), p^\beta(\pi))$ – равновесие по Нэшу в смешанных стратегиях игры $\Gamma = \langle (\phi_{j^\alpha j^\beta}^\alpha), (\phi_{j^\alpha j^\beta}^\beta) \rangle$.

Модель адаптивно - подражательного поведения (МАПП)

При каких условиях адаптивно-подражательные механизмы формируют в популяции поведение, соответствующее принципам Нэша и исключения доминируемых стратегий?

Пусть популяционная игра $G = \langle J, f_j(\pi) \rangle$ описывает взаимодействие индивидуумов популяции, которое происходит непрерывно, в каждый момент времени.

- Численность популяции и внешние факторы постоянны (f_j не зависят от ω).
- С некоторой интенсивностью $r_j = r_j(f(\pi), \pi)$ игрок, использующий стратегию j , переходит в «адаптивное» состояние, в котором он пересматривает свое поведение.
- В адаптивном состоянии игрок, использующий стратегию j , выбирает стратегию i в качестве альтернативной с вероятностью $q_{ji} = q_{ji}(f(\pi), \pi)$.
- Сравнивается текущая и альтернативная стратегии и, если выбранная для сравнения стратегия i оказывается лучше исходной стратегии j , то с вероятностью $\gamma_{ji} = \gamma_{ji}(f(\pi), \pi)$ игрок изменяет свою стратегию с j на i .

Таким образом, уравнения динамики для распределения $\pi(t)$ имеют вид

$$\dot{\pi}_j = -r_j \pi_j \sum_{i: f_i > f_j} q_{ji} \gamma_{ji} + \sum_{i: f_i < f_j} r_i \pi_i q_{ij} \gamma_{ij}, \quad j \in J. \quad (2.2)$$

Связь между устойчивыми состояниями МАПП и решениями популяционной игры.

Обозначим $J(\pi) = \text{Arg max}_{k \in J} f_k(\pi)$ – множество оптимальных ответов на распределение π .

Теорема 2.1. Пусть для МАПП выполняются следующие условия 1), 2) и либо условие 3), либо 3’):

- 1) Для любого $j \in J$ и любого значения аргумента $r_j > 0$
(интенсивности перехода в адаптивное состояние положительны для всех стратегий);
- 2) Для любых $i, j \in J$ функции γ_{ji} имеют вид $\gamma(f_i(\pi) - f_j(\pi))$, где для любого $x > 0$ $\gamma(x) > 0$
(вероятность смены текущей стратегии на альтернативную является функцией от разности соответствующих значений выигрыша и положительна при положительности аргумента);
- 3) Для любых $j \in J$ и $i \in J(\pi)$ выполнено $q_{ji} > 0$
(вероятность выбора стратегии в качестве альтернативной положительна для любой стратегии, дающей наибольший выигрыш при текущем распределении членов популяции по стратегиям);
- 3’) Для любых $j \in J$ и $i \in J(\pi)$ выполнено $q_{ji} \geq q\pi_i$, где константа $q > 0$
(для любой чистой стратегии, дающей максимальный выигрыш, вероятность выбора этой стратегии в качестве альтернативной не меньше, чем доля в популяции индивидуумов, использующих данную стратегию, умноженная на некоторую положительную константу).

Тогда:

- а) любое устойчивое (по Ляпунову) состояние π^* системы (2.2) является равновесием по Нэшу популяционной игры $G = \langle J, f_j(\pi), j \in J, \pi \in \Pi \rangle$;
- б) если начальное распределение $\pi^0 > 0$ и для траектории $\{\pi(t, \pi^0)\}$ существует $\lim_{t \rightarrow \infty} \pi(t, \pi^0) = \pi^*$, то π^* является равновесием по Нэшу игры G ;
- в) если π^* – точка строгого равновесия для популяционной игры G , то π^* – асимптотически устойчивое состояние системы (2.2).

Эндогенное определение функций выигрыша

Модель динамики репликаторов (МДР)

- Популяция характеризуется множеством S возможных стратегий.
- Распределение индивидуумов по стратегиям в данный момент времени задается вектором $\pi = (\pi_s, s \in S)$.
- Индивидуумы различаются только стратегиями поведения, не меняют стратегию в течение жизни, а потомки наследуют стратегию родителей.
- Если говорить о двуполой популяции, то в данной модели индивидуумов одного пола следует рассматривать как отдельную популяцию.
- Известны соответствующие механизмы наследования – генетические, когда стратегия поведения задается генами, сцепленными с половым геном, а также механизмы подражания, когда стратегия определяется путем подражания поведению родителя соответствующего пола.
- Итог взаимодействия в популяции за данный период времени характеризуется для участников со стратегией s функцией рождаемости $fer_s(\pi, N)$, определяющей среднее число потомков, и функцией выживаемости $v_s(\pi, N)$, определяющей долю выживших в зависимости от распределения π и общей численности популяции N .

Обозначим $N_s = \pi_s N$ - численность использующих стратегию s .

Тогда динамика численностей $N_s(t), s \in S$, описывается следующей системой:

$$N_s(t+1) = N_s(t) f_s(\pi(t), N(t)), t = 1, 2, \dots, \quad (3.1)$$

где $f_s(\pi, N) = fer_s(\pi, N) + v_s(\pi, N)$ называется *функцией приспособленности стратегии s* и формализует введенное Ч. Дарвином понятие индивидуальной приспособленности.

На первый взгляд, понятие функции выигрыша не применимо к данной модели: стратегии участников фиксированы, они ни к чему не стремятся и ничего не выбирают. Однако, картина меняется, если посмотреть на динамику распределения по стратегиям.

Приводимая далее теорема показывает, что *асимптотика поведения в такой популяции согласуется с приспособленностью как функцией выигрыша индивидуума*. В частности, если при $t \rightarrow \infty$ распределение по стратегиям стремится к стационарному, то в популяции остаются лишь те стратегии, которые максимизируют приспособленность (в полном соответствии с дарвиновским принципом естественного отбора выживают наиболее приспособленные). Если при любом распределении одна стратегия обеспечивает большую приспособленность, чем другая, то доля худшей стратегии в распределении $\pi(t)$ стремится к 0 при $t \rightarrow \infty$. И в этом смысле приспособленность является эндогенной целевой функцией в данной модели.

**Связь РН и устойчивых точек МДР.
Асимптотическая устойчивость ЭУС.**

Связь доминирующих множеств стратегий с динамикой поведения.

Теорема 3.1 (о связи равновесий Нэша и устойчивых точек МДР). Пусть функция приспособленности f_s разложима: $f_s(\pi, \omega) = a(\pi, \omega)\bar{f}_s(\pi) + b(\pi, \omega)$, где $a(\pi, \omega) > 0$. Тогда:

- 1) любое устойчивое (по Ляпунову) распределение π^* системы (3.1) является равновесием по Нэшу популяционной игры $\bar{G} = \langle S, \bar{f}_s(\pi), s \in S, \pi \in \Pi \rangle$;
- 2) если начальное распределение $\bar{N}(0) > 0$ и для траектории $\{\bar{N}(t)\}$ существует $\lim_{t \rightarrow \infty} \pi(t, \bar{N}(0)) = \pi^*$ то π^* является равновесием Нэша указанной популяционной игры.

Теорема 3.2 (о связи доминирующих множеств стратегий с динамикой поведения). Пусть S - строго доминирующее множество стратегий в игре $G' = \langle S, \ln \bar{f}_s(\pi), s \in S, \pi \in \Pi \rangle$. Тогда для любого $s \notin S$ и любого $\bar{N}(0) > 0$ $\lim_{t \rightarrow \infty} \pi_s(t, \bar{N}(0)) = 0$ на соответствующей траектории системы (3.1).

Случайное подражание.

Модель динамики репликаторов предполагает действие эволюционного механизма, обеспечивающего прямое наследование стратегий родителей детьми. В какой степени указанные результаты зависят от *конкретного эволюционного механизма*? Оказывается, что он играет *критически важную роль*. В качестве альтернативного примера рассмотрим **механизм случайного подражания**.

Эта модель отличается от динамики репликаторов только в одном отношении: *новые индивидуумы не наследуют стратегию родителей, а выбирают в качестве объекта подражания случайного взрослого индивидуума и перенимают его стратегию*. При этом динамика описывается уравнениями

$$N_s(t+1) = N_s(t)v_s(t) + \sum_r N_r(t)fer_r(t) \frac{N_s(t)v_s(t)}{\sum_r N_r(t)v_r(t)}, \quad s \in S.$$

Динамика такой системы согласована с функцией выживаемости $v_s(t)$ в смысле теорем 3.1 – 3.3. Т.е. в данном случае эндогенной функцией полезности оказывается *выживаемость, а не приспособленность*.

Исходя из предыдущих примеров, может возникнуть впечатление, что мы зашли в тупик, сменив произвол в выборе целевых функций на произвол в выборе эволюционного механизма. Однако, это не так, если принять во внимание, что эволюционные механизмы тоже подвержены естественному отбору. В природе существует конкуренция эволюционных механизмов, и с течением времени отбираются наиболее эффективные.

Модель конкуренции эволюционных механизмов.

Рассмотрим соответствующую *модель сообщества нескольких популяций*, различающихся только эволюционными механизмами.

- Индивидуумы всех популяций взаимодействуют между собой и в процессе взаимодействия не различают популяций, т.е. эволюционный механизм индивидуума является ненаблюдаемым параметром.
- Итог взаимодействия для индивидуумов со стратегией s характеризуется функциями рождаемости и выживаемости $fer_s(\pi, N), v_s(\pi, N)$, зависящими от общего распределения по стратегиям во всем сообществе и его численности.
- Множество стратегий S и данные функции одинаковы для всех популяций.

Введем обозначения:

- L – множество популяций,
- N_l – численность популяции l ,
- N – общая численность сообщества,
- $\pi^l = \{\pi_s^l, s \in S\}$ - распределение по стратегиям в рамках популяции l .

Тогда общее распределение π по стратегиям выражается как $\pi = \sum_l \frac{N^l}{N} \pi^l$.

Пусть изменение распределения по стратегиям в популяции l описывается оператором Φ^l , соответствующим эволюционному механизму этой популяции.

(Например, в одной популяции – это прямое наследование стратегий, в другой – случайное подражание выжившим и т.п. В частности, динамика поведения может быть связана с максимизацией некоторой функции выигрыша).

Динамика сообщества описывается системой

$$N^l(t+1) = N^l(t) \sum_s \pi_s^l(t) f_s(\pi(t), N(t)), \quad (3.2)$$

$$\pi^l(t+1) = \Phi^l(\pi^k(t), N^k(t), k \in L), \quad l \in L.$$

Теорема 3.4. Пусть в сообществе существует популяция с механизмом прямого наследования и функция приспособленности разложима. Тогда для динамики общего распределения $\pi(t)$ справедливы следующие аналоги теорем 3.1 и 3.2:

1. любое устойчивое распределение π системы (3.2) является равновесием Нэша в популяционной игре $\bar{G} = \langle S, \bar{f}_s(\pi), s \in S \rangle$;
2. если для некоторой траектории $\{\bar{N}(t)\}$ начальное распределение $\bar{N}(0) > 0$ и $\lim_{t \rightarrow \infty} \pi(\bar{N}(0), t) = \pi^*$, то π^* является равновесием Нэша указанной популяционной игры;
3. пусть π - строгое равновесие для популяционной игры \bar{G} . Тогда π - асимптотически устойчивое распределение системы (3.2).

Таким образом, модель отбора эволюционных механизмов приводит к выводу, что приспособленность является эндогенной функцией полезности для любой самовоспроизводящейся популяции.

Сформулированный результат относится к однородным популяциям без учета возрастной и половой структуры, но легко обобщается для популяций с такими структурами. Аналогом приспособленности при этом является скорость сбалансированного роста популяции, определяемая числом Фробениуса матрицы Лесли (см. Семевский, Семенов, 1982).

Идея доказательства первых двух утверждений теоремы прозрачна: если стационарное распределение по стратегиям не является равновесием Нэша относительно функции приспособленности, то ничто не может помешать распространению репликаторов, использующих стратегию оптимального ответа на это распределение, что противоречит его устойчивости.

Выводы

- Изложенные модели и результаты ЭТИ показывают, что эволюция поведения в самовоспроизводящихся популяциях согласована с известными теоретико-игровыми принципами оптимальности – равновесием Нэша и исключением доминируемых стратегий.
- Эндогенно формируемая функция выигрыша соответствует определенной Ч.Дарвином индивидуальной приспособленности.

Проблемы

- Распространение альтруистического и кооперативного поведения

Указанные формы поведения наблюдаются как в биологических, так и в социальных популяциях и, по-видимому, противоречат условию максимизации индивидуальной приспособленности.

- Проблема устойчивости смешанных равновесий, т.е. распределений по стратегиям, в которых более одной чистой стратегии используется с положительной вероятностью

Эта проблема возникает для межпопуляционных взаимодействий, в которых значение выигрыша для индивидуумов одной популяции зависит от распределения по стратегиям в другой популяции, а также для внутрипопуляционных случайных столкновений при наличии ролевой асимметрии между участниками столкновения. Для таких игр смешанные равновесия Нэша никогда не являются эволюционно устойчивыми, а строгих равновесий Нэша может не существовать. Таким образом, не работают достаточные условия устойчивости.

О распространении альтруизма и кооперации

- Как принцип максимизации индивидуальной приспособленности соотносится с реальным поведением в биологических и социальных популяциях?
- Какие дополнения следует ввести в модели для более точного отражения реальной эволюции поведения?

Сначала остановимся на поведении в биологических популяциях. Общее мнение биологов состоит в том, что реальное поведение в основном не противоречит этому принципу (III Congress of the ESEB, 1991). Исключения: **кооперация и альтруизм.**

Понятия кооперативного и альтруистического поведения можно пояснить с помощью различных вариантов известной игры “дилемма заключенного”. В этой симметричной игре двух лиц у каждого из игроков есть две стратегии поведения: кооперативная (К) и эгоистичная (Э).

В качестве примера приведем следующую матрицу выигрышей:

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} K & Э \end{array} \\ \begin{array}{c} K \\ Э \end{array} & \left(\begin{array}{cc} (5,5) & (1,6) \\ (6,1) & (2,2) \end{array} \right). \end{array}$$

В данной игре существует единственная точка равновесия Нэша, которая соответствует эгоистичному поведению и является также решением по доминированию.

Известно, однако, что в реальности игроки в подобных ситуациях часто ведут себя кооперативно.

В качестве примера кооперации в биологических популяциях отметим поведение животных, которые по очереди выполняют функцию сторожа. Сторож стоит на страже и подает сигнал при появлении хищника. Выгодное отклонение от этого поведения:

- не следить за хищником и не подавать сигнал
- следить за хищником и не подавать сигнал.

Дело в том, что подача сигнала привлекает хищника к тому, кто его подал. Если ни один член популяции не будет выполнять функцию сторожа, то все проиграют.

Другим примером является совместная охота группы хищников, при этом эгоисты экономят затраты энергии в процессе охоты в ущерб общей эффективности.

Еще в большей степени отклоняется от максимизации индивидуальной приспособленности альтруистическое поведение. Рассмотрим следующую матрицу выигрышей

(А – альтруистическое поведение, Э – эгоистичное поведение):

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} A & Э \end{array} \\ \begin{array}{c} A \\ Э \end{array} & \begin{pmatrix} (5,5) & (1,10) \\ (10,1) & (2,2) \end{pmatrix} \end{array}$$

Здесь альтруистическое поведение одного из партнеров в сочетании с эгоистичным поведением другого соответствует максимизации суммарной приспособленности. При этом альтруист получает меньше своего гарантированного выигрыша, который он мог бы получить в равновесии Нэша.

Примеры альтруизма наблюдаются в отношениях между родственниками.

- *Альтруизм родителей по отношению к детям.*
 - Явление достаточно распространенное, оно не противоречит концепции максимизации приспособленности, т.к. она равна сумме рождаемости и выживаемости.
 - Если за счет жертвы индивидуум спасает своих детей, это может быть оптимальным с точки зрения индивидуальной приспособленности.
- *Интересны проявления альтруизма, не связанные с максимизацией индивидуальной приспособленности.*
 - Наблюдаются у общественных насекомых (пчелы, муравьи, термиты).
 - В этих популяциях часть индивидуумов свою приспособленность не максимизирует, т.к. потомства они не оставляют, но при этом бесстрашно нападают на любого агрессора и жертвуют собой, защищая семью.
 - Объяснение состоит в том, что индивидуумы, входящие в семьи общественных насекомых, являются близкими родственниками.

Недостаток модели прямого наследования состоит в том, что она учитывает только связь “родитель-ребенок” и не учитывает связи типа “брат-сестра”. Учитывая эти связи, можно объяснить распространение альтруистического поведения в смысле максимизации приспособленности группы родственников.

Опишем соответствующую модель. Предположим, что взаимодействие в популяции характеризуется множеством стратегий S и функциями приспособленности $f_s(\pi)$, $s \in S$. Главное отличие данной модели - **индивидуум способен различать сибсов (родных братьев или сестер) среди других членов популяции и выбирать стратегию в зависимости от этого признака.**

Полная стратегия (s, s') включает:

- компоненту s , применяемую к сибсам,
- компоненту s' для прочих индивидуумов.

В данный период времени индивидуум с некоторой интенсивностью $\lambda_r \in (0,1)$ взаимодействует с сибсами, а с интенсивностью $1 - \lambda_r$ - с остальными индивидуумами из популяции.

Общая приспособленность аддитивно зависит от результатов взаимодействия с родственниками и с остальной частью популяции:

$$\bar{f}_{(s,s')}(\pi') = \lambda_r f_s^r(s) + (1 - \lambda_r) f_{s'}(\pi'),$$

- $f_s^r(s)$ - функция, описывающая результаты взаимодействия с сибсами,
- π' - распределение по компоненте s' .
- В соответствии с МДР предполагается, что все сибсы применяют одну (унаследованную) стратегию.

Таким образом, взаимодействие характеризуется популяционной игрой

$$\bar{G} = \langle \bar{S} = \{(s, s') \in S \times S\}, \bar{f}_{s, s'}(\bar{\pi}) = \lambda_r f'_s(s) + (1 - \lambda_r) f'_s(\pi') \rangle,$$

где $\bar{\pi}$ - распределение по полным стратегиям.

Теорема 5.1. Всякая стратегия (s, s') , в которой $s \notin \text{Arg max}_i f'_i(i)$, строго доминируется стратегией (s^*, s') , где $s^* \in \text{Arg max}_i f'_i(i)$. Распределение $\bar{\pi}$ является равновесием Нэша в том и только том случае, если для всех указанных неоптимальных стратегий $\pi_{ss'} = 0$, а соответствующее распределение π' является равновесием Нэша для игры $\langle S, f'_s(\pi') \rangle$.

Таким образом, в отношениях типа “дилеммы заключенного” сибсы используют кооперативную стратегию применительно друг к другу.

Чтобы объяснить распространение альтруистического поведения, рассмотрим следующую модификацию модели.

Если отказаться от предположения об одинаковом состоянии сибсов и считать, что они могут оказаться в разных ролях (например, доминирующей и подчиненной), а стратегия и функция приспособленности могут зависеть от роли, то полная стратегия в отношении родственников задается парой $s = (s_\alpha, s_\beta) \in S \times S$.

В результате исключения строго доминируемых стратегий остаются лишь стратегии $s^* = (s_\alpha^*, s_\beta^*) \rightarrow \max_{(s_\alpha, s_\beta)} (f^\alpha(s) + f^\beta(s))$, обеспечивающие максимум суммарной приспособленности.

На основании теоремы 5.1 можно сделать вывод, что эволюция поведения в самовоспроизводящихся популяциях ведет к формированию поведения, максимизирующего суммарную приспособленность сибсов.

Хотя в последней модели неявно заключено ограничение на эволюционный механизм, определяющий динамику распределения по стратегиям в отношении родственников, это ограничение не является существенным: любой другой механизм будет проигрывать реализующему оптимальную стратегию s^* , указанную в теореме 5.1.

Отметим, что проблеме распространения кооперативного и альтруистического поведения посвящено множество работ. Например, теория повторяющихся игр объясняет распространение кооперации в повторяющихся конфликтных ситуациях с одними и теми же участниками

Особенности эволюции поведения в социальных популяциях.

Сверхиндивиды.

Их воздействие на целевые функции и процессы воспроизводства наций.

В современных социальных популяциях поведение не максимизирует ни индивидуальную, ни групповую приспособленность. Возьмем государства социального благосостояния, такие как Швеция или Германия. Там любому новорожденному гражданину, независимо от его социального происхождения, гарантированы условия, обеспечивающие высокую вероятность выживания и нормального биологического развития. Тем не менее, как показывают демографические данные, коренное население в массе пренебрегает благоприятной возможностью для воспроизводства. В конце XX века ВВП на душу населения в Германии и Швеции примерно в десять раз превышал этот показатель для России. В то же время рождаемость в трех странах была одинаково низкой: 9-10 человек на 1000, что не обеспечивало простого воспроизводства населения. Социологический опрос жителей Стокгольма в тот же период показал, что около 70% взрослого населения не имели детей и не планировали обзаводиться ими («World population prospects», 1996).

Почему же для социальных популяций не работают изложенные выше эволюционные модели? Отметим важнейшие факторы, объясняющие такое несоответствие.

а) Наследование стратегий родителей детьми практически невозможно реализовать в социальных популяциях.

Стратегии поведения настолько сложны, а среда настолько изменчива, что индивидууму пришлось бы потратить основную часть времени жизни на обучение потомков. Уже на ранних стадиях развития человечества возникло разделение труда и, в частности, институт учителя, специально занимающийся обучением и воспитанием нового поколения. Позднее государство, церковь и другие субъекты общественной жизни осознали роль этого института и эффективно использовали его для формирования желательного поведения.

б) Задача оценки различных стратегий поведения с точки зрения их влияния на приспособленность нередко сложна даже для теоретического анализа.

На практике же решения обычно принимаются в условиях ограниченного времени субъектами, не способными провести такую оценку. В ходе биологической эволюции выработались различные механизмы, позволяющие быстро принимать решения, которые в среднем оказываются оптимальными с точки зрения приспособленности.

Одним из таких механизмов является **чувство удовольствия, удовлетворения**, связанное с потреблением пищи, комфортными условиями обитания, отдыхом.

В природе удовольствие и приспособленность согласованы между собой: действия, приносящие удовольствие или направленные на его достижение, обычно являются рациональными с точки зрения индивидуального воспроизводства. В частности, потребление пищи и других ресурсов, как правило, необходимы для воспроизводства. (Подобные ситуации имеют место и в социальных системах. Для них модель «homo economics» согласуется с оптимизацией индивидуальной приспособленности.)

Избыточность ресурсов и вредное потребление возникают в природе очень редко. Известный пример такого рода для экологических систем связан с взаимоотношениями жука ламехузы и некоторых видов. Муравьи питаются секретом, выделяемым этим жуком. Иногда потребляемый секрет действует на них как наркотик: муравьи выбрасывают из муравейника самку, а на ее место сажают ламехузу и кормят с тем, чтобы получить как можно больше секрета. Через некоторое время муравейник погибает...

Для экосистем этот пример является исключительным. Ситуация в современных человеческих популяциях совсем иная. Множество людей потребляют большие количества алкоголя, табака, пищевых продуктов и других товаров, которые являются вредными или по крайней мере бесполезными с точки зрения воспроизводства. Многие семьи тратят всю жизнь на то, чтобы зарабатывать деньги для такого потребления и в конце концов оставляют одного потомка или вовсе не имеют детей.

Другим вспомогательным механизмом, широко используемым при выборе стратегий в группах животных, является **механизм подражания лидеру**.

- В природных популяциях этот механизм способствует обучению и позволяет координировать действия членов группы, повышая их приспособленность.
- В социальных системах этот механизм создает дополнительную возможность для манипулирования поведением путем выбора подходящего лидера или образца для подражания.

Все упомянутые способы воздействия на поведение (контроль над процессом обучения, использование стремления к удовольствию и механизма подражания) практиковались с глубокой древности. Однако, качественно новая ситуация возникла в связи с развитием СМИ и интернета в XX веке. В настоящее время телевидение дает возможность влиять на поведение миллиардов людей, одновременно выступая в роли учителя и создавая образцы для подражания.

Обратимся теперь к вопросу, кто или что воздействует на целевые функции, формируя поведение индивидуумов в социальных популяциях. В рассмотренных примерах для экосистем мы столкнулись с двумя различными вариантами.

- В примере с ламехузой манипулятором является индивид другой популяции. Взаимоотношения двух популяций подобны взаимодействию “хищник-жертва”, а исход зависит от ряда факторов, включая наличие альтернативных видов жертв для манипуляторов и долю жертв, устойчивых к оказываемому воздействию.
- В примере с общественными насекомыми поведение индивидуума формируется самовоспроизводящимся супериндивидом – семьей. Подавляя индивидуальное воспроизводство отдельных особей, данный механизм регулирования вместе с тем обеспечивает эффективное воспроизводство супериндивидов и популяции в целом.

Вообще супериндивид, относящийся к некоторой биологической или человеческой популяции, представляет собой самовоспроизводящуюся структуру, включающую в качестве элементов или использующую как ресурс индивидуумов базовой популяции наряду с другими материальными и нематериальными компонентами. При обсуждении поведения в социальных системах в качестве аналога базовой популяции мы рассматриваем население страны (нацию). Наряду с самовоспроизводящимися супериндивидами, имеющими биологическую природу (семья, род), в социальных популяциях существуют супериндивиды, имеющие социально-экономическую природу (корпорации, научные и художественные школы, общественные и религиозные организации, государственные институты). Вместо размножения путем репликации супериндивид может расти, включая в себя все больше людей и других ресурсов, или деградировать. В социальных системах супериндивиды активно влияют на формирование поведения людей с целью обеспечить собственное воспроизводство и рост. Чем интенсивнее специфическая деятельность включенных индивидуумов, тем успешнее развивается супериндивид. Поскольку ресурсы каждого человека ограничены, супериндивид часто подавляет другие формы активности, в частности, индивидуальное воспроизводство.

Исходя из изложенных соображений и результатов, можно сформулировать гипотезу о том, что индивидуальные целевые функции в современном обществе в значительной степени определяются супериндивидами, которые формируют их таким образом, чтобы обеспечить собственное воспроизводство и рост. Иначе говоря, динамические модели конкуренции и отбора и связанные с ними принципы оптимальности следует формулировать и применять на уровне супериндивидов.

Анализ таких моделей, связанных с конкуренцией, дал полезные результаты с точки зрения эндогенного определения функций выигрыша. Для исследования других социально-экономических процессов следует использовать модели взаимодействия и естественного отбора самовоспроизводящихся индивидов различной природы. Ввиду сложности социальных систем не представляется возможным в ближайшее время построить замкнутую количественную модель эволюции социального поведения, подобную модели динамики репликаторов. Тем не менее, концепция конкуренции супериндивидов и их влияния на социальное поведение помогает в анализе конкретных вопросов экономики и социологии. В частности, данная концепция позволяет предложить модель целенаправленного поведения человека, преодолевающую отмеченные недостатки моделей «человека экономического» и «человека биологического».

Здесь развивается подход, предложенный в работе Гермейер, Ватель (1973).

- Стратегией индивидуума (выбираемой сознательно или подсознательно) является распределение его времени и других ресурсов на разные виды деятельности.
- От этого распределения s^a , а также неконтролируемых им факторов z , зависят значения вспомогательной функции полезности u_0^a , отражающей удовольствие от потребления, и параметры воспроизводства:
 - 1) его самого (выживаемость u_1^a),
 - 2) его семьи (приспособленность u_2^a),
 - 3) различных супериндивидов, в которые он входит (параметры $u_j^a, j=3,4,\dots$, характеризуют состояния структур, на которые индивидуум тратит свою энергию).
- Выбирая стратегию s^a , он максимизирует некоторую свертку этих функций.
- В упомянутой работе рассматривается свертка вида $\min_i \left(\frac{u_i^a(s^a, z) - w_i^a(z)}{\lambda^a} \right)$, которую можно интерпретировать следующим образом:
 - w_i^a - минимальное приемлемое в данных условиях значение показателя u_i^a ,
 - λ_i^a - коэффициент важности увеличения этого показателя относительно минимального приемлемого уровня.
- Согласно данному критерию, индивидуум затрачивает ресурсы прежде всего на увеличение наиболее неблагоприятных показателей. Реальное поведение далеко не всегда соответствует такой свертке. Нередко индивидуум использует ресурсы в том направлении, где видит наибольший эффект от их вложения (формально это соответствует замене минимума на максимум в указанном выражении). Разные люди характеризуются различными видами свертки и значениями коэффициентов.

Отметим связь данной модели с классификацией, предложенной Л. Н. Гумилевым (1993). Он выделяет следующие типы:

- 1) Гармоничные люди – индивидуумы, производящие столько работы, сколько требуется для поддержания своей жизни и жизни потомства. Формально этот тип максимизирует комбинацию индивидуальной и семейной приспособленности.
- 2) Субпассионарии – люди, неспособные контролировать свои вожеления, даже если их удовлетворение идет во вред себе и окружающим. Не заботятся о потомстве. Формально максимизируют u_0^a .
- 3) Пассионарии – индивидуумы, обладающие повешенной энергией. Осуществляют работу по изменению окружающей среды. При этом их активность не связана ни с материальными благами, ни с удовольствиями, ни с индивидуальным или семейным воспроизводством. Трудоголики, обеспечивающие производственные и экономические успехи корпораций, эффективную работу государственных структур, люди науки и искусства, развивающие свою область, несмотря на материальное вознаграждение, - всех их следует рассматривать как пассионариев в указанном смысле.

С точки зрения социально-экономического моделирования большой интерес представляет соотношение численностей гармоничных, пассионарных и субпассионарных граждан, а также их распределение среди самовоспроизводящихся структур различных типов. Сбор и обработка соответствующих данных являются актуальной задачей социологии и экспериментальной экономики.

Демографические проблемы и глобализация

- Нации и связанные с ними супериндивиды сосуществовали сотни и тысячи лет. Ограничение индивидуального воспроизводства части населения вполне может быть полезным для национального роста и развития. Однако, есть признаки того, что в настоящее время взаимодействие принимает иной характер.
- Со второй половины XX века все большую роль играют супериндивиды, не связанные с отдельными нациями - транснациональные корпорации и различные международные организации.
- Во многих европейских странах во внешне благоприятной среде коренное население сокращается с заметной скоростью. *Так, согласно прогнозу ООН, к 2050 г. население Испании сократится с 40 до 30 миллионов, а население России уменьшится на 1/3 (см. «UN 2050 population forecast»).*
- Вызывают тревогу миграционные процессы, в ходе которых коренное население замещают иммигранты с совершенно иной культурой и системой ценностей. *В ряде стран, прежде всего в республиках бывшей Югославии, эти процессы уже привели к вооруженным конфликтам с большими жертвами.*
- **Весьма актуальной проблемой является анализ роли национальных государств, транснациональных компаний и других супериндивидов в указанных процессах.**

- ТНК сыграли решающую роль в **разрушении миграционных барьеров между странами**. Экономическая эффективность такого замещения не вызывает сомнения: дорогая рабочая сила замещается дешевой, не требующей существенных социальных расходов. Показательна информация С. Хантингтона о противодействии крупных компаний принятию эффективных законодательных мер для ограничения и упорядочения иммиграции в США. Аналогичная проблема существует и во многих странах Евросоюза.
- Используя СМИ, крупный капитал формирует **контррепродуктивные стереотипы поведения среди молодых людей**. Ненормированный рабочий день, короткий отпуск, увольнение под всякими предлогами женщин с маленькими детьми (особенно, если они пытаются получить положенные им по закону льготы) – характерные черты трудовых отношений в крупных корпорациях.
- Обычно глобализацию описывают как процесс формирования единого экономического (и в какой-то мере юридического, культурного) пространства, включающего единые рынки капитала, труда и товаров. В контексте нашего предмета **главное содержание процесса глобализации** в том, что в борьбе между двумя типами супериндивидов: государствами и **транснациональными компаниями** - последние **одерживают верх**.
- При этом **ТНК навязывают прочим супериндивидам универсальные правила конкуренции**, действующие в рыночной экономике.
 - Согласно этим правилам, состояние каждого супериндивида определяется объемом его капитала, а скорость роста капитала определяется интенсивностью продаж товаров и услуг, предлагаемых на рынке.
 - Государство выступает в роли поставщика таких услуг, как охрана правопорядка, прежде всего прав собственности и других норм, необходимых для эффективного функционирования рынка.
 - В тех странах, где государство не хочет ограничиваться этими функциями и осуществляет перераспределения благ, не соответствующее интересам крупного капитала, последний активно вмешивается в политику с целью смены правящей элиты.

А как же государства Западной Европы и США?

- Эти страны являются активными проводниками глобализации, и в то же время в них проводится эффективная социальная политика в области борьбы с бедностью, обеспечения прав на образование и здравоохранение.
- **Особая роль этих стран** в процессе глобализации (для его проведения необходимы значительные военные и интеллектуальные ресурсы):
 - Осуществляют защиту прав собственности ТНК в других частях земного шара, осуществляют военно-политическое давление на государства, препятствующие процессу глобализации.
 - В них сосредоточены штаб-квартиры крупнейших ТНК, а также международных организаций, координирующих их деятельность по установлению нового мирового порядка и обеспечивающих информационную и аналитическую поддержку принятия решений.
 - Можно говорить об определенной форме симбиоза крупнейших экономических супериндивидов и государственных структур в странах «золотого миллиарда».

Какие негативные последствия несет процесс глобализации для остального мира?

Что же плохого в ослаблении позиций государственных бюрократий в их борьбе с частным капиталом? Ведь известно, что государственные структуры менее эффективны и больше подвержены коррупции.

- Полезно рассмотреть демографическую динамику в России с 1994 до 2000 года, в период, когда был в значительной степени осуществлен захват государства бизнесом.
 - В это время «естественная» убыль населения (без учета миграционных процессов) составляла около 1 млн. человек в год.
 - Резкий скачок смертности произошел с 1990 до 1994 г.: общая смертность выросла с 11 до 15.7 (на тысячу человек), при этом смертность от несчастных случаев увеличилась в 1.9 раза, от отравлений некачественными продуктами и алкоголем – в 3.5 раза, от убийств – в 2.3 раза, самоубийств – в 1.7 раза, смертность от неточно обозначенных состояний (по неизвестным причинам) – в 3 раза.
 - За эти годы в стране несколько миллионов детей стали беспризорниками, многократно увеличилось количество больных СПИДом и туберкулезом.
 - Сотни тысяч молодых женщин были вывезены в зарубежные бордели. Миллионы людей потеряли жилье.
- Эти данные показывают, что государство стало значительно хуже выполнять функции по сохранению населения. Никто не несет ответственности за организацию рискованных работ, за завоз в широком масштабе некачественных пищевых продуктов, алкоголя. Неэффективно работали правоохранительные органы и система здравоохранения.

- В то же время происходил массовый вывоз капитала из страны. Только с 2004 года, когда развернулся обратный процесс захвата государства бизнесом, демографическая ситуация стала медленно улучшаться. При этом, однако, стала падать экономическая эффективность.
- В условиях открытой экономики многие отрасли, в которых в настоящее время занята большая часть населения, являются неконкурентоспособными, не обеспечивают оптимального темпа роста капитала. Добыча ресурсов с последующим вывозом их за рубеж имеет достаточно высокую рентабельность, но масштабы ее ограничены. Поэтому с точки зрения роста капитала население России является избыточным, нужно оставить несколько отраслей, включая ресурсодобывающие предприятия, инфраструктуру и сферу услуг для занятых на них (см. на эту тему Глазьев С.Ю., 1997, Паршев А.П., 2001).
- Характеризуя взаимоотношения национальных популяций с государственными и коммерческими структурами в более общем плане, надо отметить, что **воспроизводство госструктур в значительно большей степени зависит от воспроизводства населения.**
- Необходимое для роста капитала увеличение затрат труда и объемов потребления вполне может происходить при сокращении национальной популяции. В отсутствие внешних ограничений стремление к максимальной норме прибыли, соответствующее процессу экономического отбора, имеет разнообразные негативные социальные последствия, о которых много писали критики капитализма.
- С точки зрения нормы прибыли, весьма эффективным является производство “наркотикоподобных товаров”. Такой товар не столько служит удовлетворению исходной потребности покупателя, сколько в процессе потребления пробуждает желание потреблять как можно больше данного и сопутствующих товаров.

В настоящее время на большей части земного шара нет иных, помимо государственных, структур, которые могли бы противостоять экономическим супериндивидам, то есть ограничить власть денег и предотвратить вырождение населения.

Важнейшей задачей для России и многих других стран является **формирование экономически эффективного и берегающего население государства**. Пример Китая дает надежду, что эта задача может быть успешно решена.

Литература

1. Васин А.А. “Эволюционная теория игр и экономика. Часть 1. Принципы оптимальности и модели динамики поведения”. Журнал Новой экономической ассоциации, 3-4, М.:2009
2. Васин А.А. (2005) “Некооперативные игры в природе и обществе”. М.: Макс Пресс.
3. Maynard Smith, J. (1982). Evolution and the theory of games. Cambridge: Cambridge University Press.