



ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД

ПАХОМОВ А. П., Принстонский университет, США, ООО «Решение», Москва

СУДБИНА Н. Е., Министерство труда и занятости Израиля, Тель Авив, Израиль

Система принятия решения, включающая в себя эмоциональный компонент, который зачастую служит необходимым условием перевода системы из одного состояния в другое, является неравновесной и необратимой, а, следовательно, на нее распространяются законы термодинамики. В работе предложена математическая модель выбора решения, основанная на принципах нелинейной динамики и учитывающая неустойчивость движения и бифуркации. Термодинамический компонент развития процесса принятия решения рассматривается на основе векторного переноса энергии, индуцированного эмоцией в определенный момент времени. При воздействии энтропии, возникающей не в последней очереди по причине включения эмоции-стимула в замкнутую нейробиологическую систему – головной мозг – изначально возникает хаос, происходят флуктуации возможных альтернатив – либо в качестве реакций участков головного мозга в ответ на внешнее воздействие, либо в качестве реакций на эмоцию. Флуктуации затем упорядочиваются, и происходит выбор альтернативы в соответствии с изначальными входными условиями и состоянием замкнутой системы. Таким образом, в системе «внешняя среда – головной мозг человека» через флуктуации достигается состояние порядка. Расчеты энтропии вероятности выбора отрицательных и положительных эмоций позволяют выдвинуть гипотезу о работе «закона сохранения эмоции», которая подтверждается также многочисленными экспериментальными данными (Гимранов, Курдюкова, 2005; Baumgartner et al., 2011; Heller, 1993), указывающими на то, что при активации левого полушария не только увеличивается позитивный, а при активации правого – негативный знак эмоции, но и происходит снижение величины эмоционального заряда в противоположном полушарии головного мозга. Различия в реактивности отдельных областей головного мозга человека, а также столкновение возбуждений, возникающих в структурах лимбической системы при появлении полярных эмоций, приводят к дивергенции, расхождению реакций на тот или иной внешний стимул либо событие окружающей среды. Негативная эмоция может индуцировать полезное решение, а положительная выступить стимулом проигрышного выбора. Американскими нейробиологами Б. Кнатсоном и Дж. Лёвенштайном (Knutson et al., 2007) был проведен блистательный эксперимент, показавший, что в случае негативного всплеска в островке Рейля головного мозга, подавлявшего позитивные реакции прилежащего ядра (важного элемента схемы дофаминовой мотивации), испытуемый всегда избегал значительной денежной траты за привлекательный для него продукт. В случае проявления большей активности в прилежащем ядре, чем в островке Рейля и префронтальной коре головного мозга, товар казался испытуемому, несмотря на свою высокую стоимость, незаменимым. Весьма часто страх потери (а чувство страха – типичная отрицательная эмоция) защищает от бессмысленных потерь и неоправданных трат и приводит, в конечном счете, к полезному решению. Обратный феномен наблюдается в случае воздействия на индивида позитивных эмоций, эффектом которых может быть такой же разрушительный результат, как и полное отсутствие эмоций. В случаях, когда мозг человека насыщен дофамином, вызывающим приятные чувства, азартные игры, оплата покупок кредитными картами, приобретение акций на биржах становятся чрезвычайно привлекательными. Из-за слишком высокой и блокирующей активности дофаминовых нейронов мозг человека совершает имманентные ошибки, приводящие к игровому банкротству, чудовищным долговым обязательствам по кредитным картам и ошибочному выбору акций в финансовых портфелях. Данной тематике посвящен целый спектр интереснейших и достаточно подробных исследований (Breiter et al., 2001; Cohen, 2005; Cohen et al., 2002; Montague, 2006, 2007a; Montague et al., 2004, 2006; Post et al., 2008; Prelec, Simester, 2001; Schultz, 1998; Shiv et al., 2005). В настоящей работе авторы предлагают к рассмотрению разработанную ими в рамках термодинамического подхода подробную классификацию внешних условий, влияющих на процесс принятия решения, а также анализируют работу механизма инкорпорирования, эволюции эмоциональных решений в рациональную память и условия возникновения конфликта альтернатив.

Ключевые слова: термодинамика, нелинейная динамика, принятие решений, эмоции, энтропия, бифуркация, энергетический вектор.



Введение

В современной научной парадигме торжествует миф о рациональной природе человека и человеческого мышления. Несмотря на впечатляющий список получивших мировое признание научных открытий, опровергающих миф о рациональной природе мышления, и тем более, мышления экономического, несмотря на революционное изменение направления исследований, наивный обыватель уверенно скажет, что самым разумным действием при принятии решения является составление таблицы из 2 колонок с аргументами «за» в одной из них и с аргументами «против» в другой, а простой подсчет количества «за» и «против» позволит сделать верный выбор. В последние 20–30 лет произошел переворот научного мышления, проведены яркие исследования, убедительно доказавшие если не превалирование, то значительный вес нерационального компонента в выборе решения (Kahneman, Tversky, 1979). Тем не менее, мы продолжаем составлять списки «за» и «против», зачастую не обращая внимания на то, что решение купить дом объясняется красивым видом на сквер из окон гостиной или чувством, что именно в этом месте мы почувствовали себя «как дома». Позднее, когда решение уже принято, нам не составляет труда сформулировать впечатляющий список «за» и значительно более скромный список «против», да и стараясь как можно более объективно смотреть на обстоятельства и возникающие ситуации, мы часто довольствуемся именно такими интуитивными решениями.

«Принятие решений является, возможно, одним из основных видов деятельности, характерных для живых существ. Поэтому попытка понять, объяснить и предсказать поведение делающего выбор индивида стала главной задачей поведенческих и социальных наук» (Kahneman, Tversky, 1979).

В современном мире социально-экономическая наука испытывает парадоксальные сложности. Несмотря на динамичное и технологичное развитие рынка, все чаще возникают проблемные и кризисные ситуации, связанные с решением социально-экономических, политических, культурологических и религиозных проблем, которые становятся все более ощутимыми в современных условиях социальной неопределенности. Далеко не новостью является тот факт, что сегодняшняя реальность характеризуется состоянием нестабильности, стремительными политическими и социальными изменениями, и, как следствие, отсутствием экономической стабильности как на международном, государственном уровне, на уровне больших слоев социума, так и на уровне отдельно взятых людей.

Возрастание и проявление социальной напряженности – признак неустойчивости и высокого эмоционального напряжения людей, социальных групп, народов, снижения уровня определенности социальной и экономической среды как на уровне государств, так и на уровне индивидуума. Законы и теории развития субъектов жизнедеятельности человека, включая жизнеобеспечение и функционирование мирового сообщества, континентов, стран, регионов, субъекты хозяйствования и домохозяйства базируются в основном на обобщении предшествующего исторически накопленного опыта. На сегодняшний день недостаточно разработаны инструменты прогнозирования жизнедеятельности человеческих систем, особенно в периоды их бифуркационных изменений (периоды сильно неравновесных состояний или состояний неопределенности). Эволюционные процессы развития социально-экономических систем напрямую связаны с поведением «элементарной частицы», функции которой в данных системах выполняет отдельный индивид. При всех разли-



чиях в концептуальном осмыслении и понимании социальной деятельности человека общая тенденция движения экономической науки состоит в разработке более реалистической исходной аксиоматики, и, прежде всего в развитии современных парадигм и представлений о структуре психики человека и его поведении.

Работы Д. Канемана и А. Тверски (Kahneman, 2003; Kahneman et al., 1991; Kahneman, Tversky, 1984, 1979; Tversky, Kahneman, 1974, 1981), экспериментально показавшие, что решения, которые принимает человек, не являются рациональными по своей природе, подтвердили мысли и интуитивные предположения множества исследователей. Однако, если человек, который обладает интеллектуальным потенциалом, огромным арсеналом источников информации и средствами ее обработки, принимает отнюдь не рациональные решения, тогда какие именно феномены и механизмы лежат в основе процесса принятия решения, оказывая самое непосредственное влияние на его результаты?

Научная заслуга Д. Канемана заключается не только в том, что он частично обосновал гипотезу о доминировании иррациональных решений (быстрых, спонтанных, не прошедших рациональную проверку) над рациональными расчетами в поведении, но и объяснил ряд типичных ошибок иррациональных решений. Интуитивные решения – это решения, основанные не на рациональном анализе ситуации, а на эмоциональном отношении ко всей ситуации принятия решения в целом. Эмоциональное, интуитивное принятие решений описано множеством идиоматических выражений в разных языках: «внутреннее ощущение», «нутром чую», «понял, что это – мой путь», «сердце подсказало», «разум говорит одно, а душа не лежит» и так далее. Доминирование эмоций объясняется тем, что эмоциональные решения есть реакции на более доступные для восприятия аспекты реальности, которые, тем не менее, характеризуются определенным искажением, поскольку: а) сходные объекты воспринимаются легче, чем различия, б) изменения объектов заметнее их абсолютных значений, в) средние значения легче, чем суммы и г) более доступным значениям придается больший удельный вес, чем менее доступным («Эффект выделенности» и «привязки»: Tversky, Kahneman, 1981; Kahneman, Tversky, 1984; Kahneman et al., 1991).

В своей работе Рангел с соавторами (Rangel et al., 2008) представляет разработанную им на основании нейробиологических данных поэтапную схему процесса принятия решений: (1) на первом происходит формулирование задачи как таковой, формируется представление о цели и контексте решения, интегрируется информация о внутреннем состоянии организма и факторах окружающей среды; (2) на следующем этапе определяется ценность выбора той или иной поведенческой альтернативы; (3) на третьем этапе сравниваются альтернативные варианты решения и происходит выбор наилучшего из них; (4) после осуществления выбранного действия происходит обработка его прогнозируемых результатов и оценка эффективности; (5) на последнем этапе происходит обучение, т.е. обновление хранящейся в памяти информации, с тем, чтобы все последующие действия выполнялись с наибольшей эффективностью и автоматизмом. Одновременно происходит процесс сравнения желаемого результата и реальной ситуации, выбор действия, необходимого для достижения нужной цели. Данные психические процессы не достигают уровня сознания, поскольку сравнение осуществляется чрезвычайно быстро: мы «чувствуем» правильность решения, когда положительная эмоция подкрепляет наилучший выбор.



Нелинейная динамическая модель принятия решения

В каждый текущий момент в головном мозге происходит анализ впечатлений и эмоций, сопоставление наблюдений с эмоциональной и эволюционной памятью, сформировавшимися образами и моделями поведения, что позволяет человеку осмысливать происходящее, оценивать окружающую ситуацию, сравнивать, сличать, прогнозировать собственное поведение и ответную реакцию со стороны средового окружения и в конечном итоге приходит к некоторому предварительному заключению относительно дальнейшей планируемой деятельности. Эволюция таких систем определяется не только условиями организации поведения индивида в процессе и на основании его взаимодействий с внешней средой, но также внешним условием нового типа – различием между его желательным и действительным поведением.

Каким образом мы принимаем решения в ситуации неопределенности, когда мы не в состоянии оценить и предсказать ее развитие на основании предыдущего опыта? Достаточен ли опыт прошлого для предсказания будущего, или же высокая степень непредсказуемости будущего составляет саму суть ситуаций выбора? Очевидно, интуитивное ощущение ориентировано на вторую альтернативу. Для того, чтобы понять, может ли математический подход описать феномены интуитивных догадок и решений, необходимо оценить получаемый в таких ситуациях выигрыш. Кажется, что человеческие поступки предсказать невозможно, однако попытаемся описать привлекательность (или вероятность) принятия решения в ситуации неопределенности с помощью математического аппарата нелинейной динамики. Наш исходный тезис состоит в том, что желательность (χ) принятия конкретного i -го решения из K альтернатив, приходящаяся на единицу времени, пропорциональна относительной привлекательности (A) i -го варианта. В частном случае выбора из двух альтернатив (α и β) такое соотношение можно выразить следующим образом:

$$\chi\beta = \frac{A\alpha}{A\alpha + A\beta}; \quad \chi\alpha = \frac{A\beta}{A\alpha + A\beta};$$

По мере того, как происходит принятие решения относительно какого-либо из возможных вариантов, параметры выигрыша изменяются, что отражается на картине предпочтительных вариантов увеличением или уменьшением привлекательности соответствующих выборов. Подобная дилемма, именуемая И. Пригожиным (Nicolis, Prigogine, 1989) петлей обратной связи, показана на рис. 1 для двух альтернатив выбора: α и β .

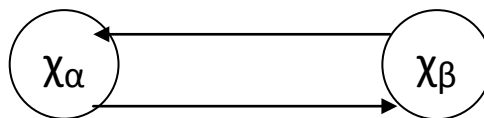


Рис. 1. Петля обратной связи, характеризующая реализацию выбора при условии двух одновременно существующих возможностей α и β , степень привлекательности которых характеризуют числа $A\alpha$ и $A\beta$. Число эмоций, индуцировавших выбор α и β , обозначены $\chi\alpha$ и $\chi\beta$ соответственно



Здесь A_α представляет собой привлекательность выбора α , а χ_α – число эмоций, индуцирующих выбор α к настоящему моменту времени. Относительное число эмоций, предполагающих смену выбора решения на выбор β , пропорционально числу тех эмоций, в пользу которых уже сделан иной выбор типа α , и относительной привлекательности выбора β , определенной как $A_\beta / (A_\alpha + A_\beta)$. Аналогичным образом число эмоций, предполагающих смену выбора β на выбор α , пропорционально χ_β , умноженному на относительную привлекательность α , равную $A_\alpha / (A_\alpha + A_\beta)$. Это приводит к системе уравнений для χ_α балансного типа:

$$\frac{d\chi_\alpha}{dt} = \alpha\chi_\alpha \left(\frac{\chi_\beta A_\alpha}{A_\alpha + A_\beta} - \frac{\chi_\alpha A_\beta}{A_\alpha + A_\beta} \right) \quad (1)$$

или, с учетом того, что $\chi_\beta = N - \chi_\alpha$, где N – полный спектр эмоций, который задается эмпирически, исходя из начальных условий ставящейся психологической задачи, либо определяется путем фиксирования изменений, происходящих в соответствующих участках головного мозга, на сканерах фМРТ или ПЭТ:

$$\frac{d\chi_\alpha}{dt} = \alpha\chi_\alpha \left(\frac{NA_\alpha}{A_\alpha + A_\beta} - \chi_\alpha \right) \quad (2)$$

Аналогичное уравнение получаем для χ_β :

$$\frac{d\chi_\beta}{dt} = \beta\chi_\beta \left(\frac{NA_\beta}{A_\alpha + A_\beta} - \chi_\beta \right) \quad (3)$$

Сопоставление этих уравнений позволяет сделать вывод о том, что существование различных альтернатив влияет на несущую способность системы (головного мозга человека), которая становится функцией мгновенного состояния системы за счет зависимости привлекательностей от переменных χ .

Изложенные соображения легко экстраполировать на случай произвольного числа множества S выборов K с учетом более реальной ситуации, когда привлекательность i -го варианта зависит от j -й эмоции, которая индуцирует выбор. Получаем, таким образом, систему уравнений:

$$\frac{d\chi_i}{dt} = C\chi_i \left(1 - \frac{\chi_i}{\sum_{i=1}^K \sum_j A_{ij}} \right), \quad (i = 1, \dots, K) \quad (4)$$

В данном случае предполагается, что ансамбль эмоций неоднороден, распадается на несколько различных категорий N_j вне зависимости от валентности, каждая из которых индуцирует представление об относительной привлекательности данной альтернативы решения. Поведение, описываемое последним уравнением динамической системы, решающим образом зависит от того, каков характер зависимости привлекательности A_{ij} и N_j от переменных χ_i , характеризующих мгновенное состояние эмоции. Также эта зависимость определяется параметрами внешней среды и возможностями воздействия эмоций либо их ассоциаций в каждый определенный момент времени на головной мозг человека.



Привлекательность выбора решения – субъективный и в тоже время адекватный ответ на эмоцию, вне зависимости от ее валентности. Кроме того, порой происходит диссонанс в процессе принятия решения – ответной реакции на тот или иной заряд/знак эмоции. Отрицательная эмоция может выступать катализатором выигрышного решения, а позитивная эмоция, наоборот, индуцировать бесполезный выбор. В частности, в ходе эксперимента, проведенного американским нейробиологом Б. Кнатсоном с коллегами (Knutson et al., 2007), было показано, что если негативная реакция, сопровождающаяся активностью островка Рейля в головном мозге, превосходила позитивные чувства, сопровождающиеся активностью прилежащего ядра (важная составляющая дофаминовой системы среднего мозга), испытуемый всегда решал воздержаться от значительной траты денег за интересующий его товар. Однако если прилежащее ядро было активнее островка Рейля или если префронтальная кора с уверенностью «вычисляла» выгодное предложение, то в этом случае товар казался неотразимым. Чувство или эмоция, отличающееся наибольшей силой, обычно координирует индивида в выборе товара и денежных тратах. Зачастую страх потери, характеризующийся отрицательным зарядом, приводит в итоге к полезному решению и защищает от неоправданных или бессмысленных трат.

Обратный феномен наблюдается также в случае воздействия на индивида позитивных эмоций, эффектом которых может быть такой же разрушительный результат, как и полное отсутствие эмоций. В случаях, когда мозг человека насыщен дофамином, вызывающим приятные чувства, азартные игры, оплата покупок кредитными картами, приобретение акций на биржах становятся интригующе захватывающими. Вследствие чрезвычайно высокой и блокирующей активности дофаминовых нейронов мозг человека может совершать имманентные ошибки, которые приводят к игровому банкротству, чудовищным долговым обязательствам по кредитным картам и ошибочному выбору акций при формировании финансовых портфелей. Проблемам принятия необдуманных, опрометчивых решений по приобретению недвижимости или совершению других крупных покупок, вложению значительных сумм денег в сомнительные предприятия, а также причинам возникновения доверия к мошенникам и аферистам, все чаще встречающихся попыток получить одномоментное обогащение путем выигрыша в казино или рискованной игры на бирже посвящены многочисленные исследовательские работы, выполненные в последние годы экономистами, психологами и нейробиологами (Breiter et al., 2001; Cohen, 2005; Cohen et al., 2002; Montague, 2006, 2007; Montague et al., 2004, 2006; Post et al., 2008; Prelec, Simester, 2001; Schultz, 1998; Shiv et al., 2005). С точки зрения Дж. Лёвенштайна, дальнейшие исследования могли бы быть ориентированы на изучение особенностей влияния эмоций на процессы принятия решений с точки зрения их оптимизации и компенсации ошибок.

Термодинамический подход к процессу принятия решения

Рассмотрим показательный пример влияния эмоции на поведение индивидуума при игнорировании факторов окружающей среды (уровни угрозы/полезности в контексте будущего действия/решения). Допустим, что эмоция есть функция векторного переноса энергии в замкнутую систему движения и анализа возможных альтернатив принятия решения, тогда с точки зрения последовательности событий наша модель может быть представлена следующим образом: воздействие эмоции (1) → анализ альтернатив (2) → принятие решения и адаптация к нему (3).



На первом этапе эмоция, которая сопоставима с энергией внешней системы, воздействует на замкнутую систему человека – участки головного мозга, вызывая дополнительные флуктуации активности и анализ возможных альтернатив в ответ на вектор эмоции. На втором этапе формируется решение, которое в дальнейшем будет управлять поведением индивидуума. Вместе с тем, в дальнейшем вероятен и анализ уже принятого в данный момент решения, которое возможно эволюционно седиментируется в ответ на эмоциональную память в зоне рационального выбора – дорсолатеральной префронтальной коре головного мозга (ДЛПФК) (Miller, Cohen, 2001).

Для наглядности приведем пример выбора университета учащимся старших классов. Возьмем «идеальную систему»: студент практически здоров, он – второй ребенок в семье со средним доходом, его родители имеют высшее образование, то есть ученик не изменяет социальный уровень, продолжает семейную традицию. Таким образом, в идеальной системе он принимает решение, опираясь только на факторы ситуации: собственные способности и склонности, результаты его выпускных экзаменов, наличие профильного факультета в интересующих его университетах и требования приема данных университетов: 1 – анализ ситуации, 2 – анализ альтернатив – сравнение альтернатив (таких параметров, как качество обучения, удаленность от дома, стоимость обучения), 3 – выбор оптимальной альтернативы. Данный выбор характеризуется рациональным подходом к анализу альтернатив.

Теперь представим ситуацию, в которой тот же самый молодой человек на этапе анализа альтернатив вступает в конфликт с отцом – т. е. в систему вторгается эмоциональный компонент. Под влиянием эмоций может быть принято решение, противоположное спокойному процессу рационального анализа альтернатив. Принимается решение о поступлении на другую специальность, причем ведущим аргументом будет не выбор оптимальной альтернативы с точки зрения будущей полезности для студента, а выбор оптимальной альтернативы ввиду конфликта с отцом. Следующие за принятием решения шаги переводят систему в необратимое состояние: молодой человек выбирает другую профессию, его жизнь складывается иначе, чем в случае, если бы он принимал решение, основываясь на выборе лучшей альтернативы – склонности, способности, доступности и качества обучения.

Экстраполируя данные Рангела и коллег (Rangel et al., 2008) на нашу модель, мы получаем обобщенную, интегрированную схему процесса принятия решения: под влиянием событий внешней среды (I) у индивида возникает эмоциональная реакция на них либо целый каскад эмоциональных всплесков; эмоция воздействует на соответствующие участки головного мозга, и в процесс вовлекается замкнутая система (II), в которой определяется ценность выбора того или иного поведенческого паттерна, сравниваются альтернативные варианты, и далее, на основе взаимодействия эмоционального и рационального компонентов системы, происходит выбор наиболее оптимальной альтернативы действия. Затем процесс переносится во внешнюю среду (I), в которой происходит адаптация к решению и обучение индивида, т. е. обновление хранящейся в памяти информации, с тем, чтобы все последующие действия выполнялись с наибольшей эффективностью. Очевидно, что данный процесс является необратимым, поскольку мы не можем даже с малой вероятностью говорить о том, что система из состояния II вернется в состояние I, не претерпев изменений.

В связи с вышеизложенным рассмотрим термодинамический параметр «энтропия», который является показателем эволюции, или по выражению Эддингтона, «стрелой времени» (Козенко, 1997; Eddington, 1928). Благодаря энтропии система, в которой возникает изначально хаос, стремится к равновесному состоянию и энергетически адекватному итоговому



вому ответу на внешнее воздействие. Величина S , которая зависит только от начального и конечного состояний и не зависит от перехода из одного состояния в другое, названная энтропией (от греческого «преобразование»), позволяет описать необратимый процесс следующим образом:

$$dS = dSI + dSII;$$

здесь dSI – изменение энтропии системы, обусловленное обменом энергией с внешней средой, $dSII$ – изменение энтропии, обусловленное необратимыми процессами внутри системы, в замкнутой системе.

В нашем случае эмоция как энергетический вектор воздействует на психику человека, соответствующие зоны головного мозга. Когда система начинает обмениваться энтропией с внешней средой, она в общем случае выходит из состояния равновесия, и энтропия начинает действовать, порождая необратимые процессы и вызывая целую цепь энергетических превращений системы.

Подтверждением существования такого механизма могут служить также данные биохимических исследований, и, в частности, данные о наличии сильных неоднородностей концентрации калия и натрия на клеточном уровне: так, концентрация катионов калия в нейронах намного выше, чем во внеклеточной среде, тогда как в отношении концентрации ионов натрия наблюдается обратная ситуация. Система поддержания концентрации натрия и калия в клетках и во внеклеточной жидкости, подразумевающая определенное неравновесное состояние элементов, находится в основе не только процесса обеспечения водно-солевого баланса организма, но и процессов иннервации: отмеченное неравновесие поддерживается за счет активного транспорта химических компонентов, электрических и биоэнергетических реакций типа гликолиза и дыхания (Волькенштейн, 1988).

Вследствие воздействия эмоций в замкнутой системе первоначально возникает состояние хаоса с резкими флуктуациями возможных альтернатив – ответных реакций, затем система стабилизируется и осуществляется выбор в соответствии с входными условиями и итоговым состоянием. Выбор осуществляется либо спонтанно, либо селективно благодаря седиментации накопленного индивидом эволюционного опыта. Влияние других факторов в нашем случае оказывается ничтожно малым, поскольку в принятой нами за образец идеальной системе такие факторы нивелируются.

В случае селективного выбора, вероятно, происходит моментальный всплеск энтропии, который в итоге приводит всю систему в сбалансированное, равновесное состояние в виде принятого решения. Энтропия, исходящая из замкнутой системы, превышает энтропию, поступающую в систему; разницу образует энтропия, производимая внутри системы. Наша система, которая обменивается энтропией с внешней средой, вероятно, претерпевает весьма сильные спонтанные преобразования, переходя в режим самоорганизации. Достижение порядка через флуктуации возможно лишь в открытой системе, поведение которой не может быть описано простой линейной функцией (от триггерных пороговых процессов передачи нервного импульса до эволюции, необратимого развития биологических систем). И если такие организованные состояния создаются производящими энтропию необратимыми процессами, следовательно, именно последние служат той движущей силой, которая создает порядок.

Ситуация в современном мире характеризуется активизацией протестного движения – демонстрации, волнения, большие и малые революции свидетельствуют о нарастающей несогласии граждан разных стран с существующим политическим и социальным по-



рядком. Движущей силой такого движения являются гнев, возмущение, недовольство. Подтверждением тому служат события, когда массы людей выходят на улицы, демонстрации сопровождаются беспорядками и попытками их подавления – наведения порядка в системе, приближения системы к равновесному состоянию. В результате массового выражения недовольства, противостояния властей и народа осуществляется смена политического режима, смещение и последующее тюремное заключение главы правительства, постепенное «наведение порядка» – фиксация необратимых изменений, которые произошли с системой.

Примером сохранения равновесного состояния системы могут служить массовые демонстрации, когда уровень эмоционального напряжения не преодолевает порогового значения, и смена правительства не происходит. И если в первом случае внутренняя напряженность и гнев, подавляемые в течение длительного периода времени, приводят к значительному выбросу энергии в систему и, в конечном итоге – к смене правительства и политической ориентации государства (нарастание энтропии → хаос → необратимое изменение системы → возвращение к порядку), то во втором случае уровень эмоционального напряжения не превышает порогового значения – с ростом энтропии система не переходит порог хаоса и возвращается в свое исходное состояние. Сравнивая ситуации, можно сделать вывод о том, что при достижении точки бифуркации эмоциональные факторы ориентируют систему к выбору разных путей сохранения внутреннего равновесия.

Что касается иных общественных отношений, то аналогом таких полей, провоцирующих всплеск эмоциональных воздействий, могут служить социально-психологическая атмосфера, культурные и деловые традиции, моральные устои, религиозные догмы и прочее, однако общей проблемой функционирования такого рода систем с сильными нелинейными внутренними и внешними связями является невозможность заранее предсказать реакцию системы на воздействие энергетически нагруженного эмоционального паттерна. Поэтому, прежде чем сделать вывод относительно эффективности/неэффективности функционирования всей системы в целом, следует детально оценить ее способность к самоорганизации и самостоятельному выбору пути развития в рамках комплексного набора внешних (автоматических) и собственных внутренних сознательных управленческих активных ресурсов как для поддержания оптимального баланса, с одной стороны, так и для нахождения потенциальных возможностей развития, с другой. Одновременно, это означает, что и концепция воздействия на систему должна основываться на системном комплексном эмоционально-рациональном базисе.

С точки зрения микроанализа, порядок в системе, состоящей из множества частиц, представляется в виде различных их коллективных состояний и их суперпозиций. В таких состояниях частицы ведут себя не независимо, а согласованно, в результате чего организм функционирует как единое целое. В образовании коллективных состояний заключен глубокий природный смысл. Базовый смысл жизни живых организмов состоит в собственно выживании. Как известно, живые системы являются принципиально неравновесными (находятся в возбужденном энергетическом состоянии). Основное (невозбужденное) состояние для них – это смерть. В соответствии с соотношением неопределенности Гейзенберга, чем меньше энергия возбуждения, тем дольше живет сама система. Низкоэнергетическим возбужденным состояниям системы как раз и отвечают коллективные состояния. Обычно спектр таких состояний является дискретным (или квазидискретным), поэтому переходы между состояниями совершаются скачками, с выделением или затратой энергии.



Устойчивые квазидискретные состояния свойственны всем живым и социальным организмам, в том числе и общественным предприятиям и хозяйствам. Поэтому осуществление плавного и постепенного изменения состояния предприятия как устойчивой общественной системы является достаточно трудной задачей – для этого потребуются маленькая революция или кризис. В целом, развитие систем приводит к их постоянному усложнению, однако, чрезмерно сложный порядок в предельном случае стремится к хаосу, только другого масштаба, и система вновь становится неуправляемой и беспорядочной.

Соотношение термодинамической и информационной энтропии в процессе выбора альтернативы

Для того, чтобы примирить обратимость механики с необратимостью термодинамики, Людвиг Больцман предложил следующее соотношение между микросостояниями системы (состояниями в коротких интервалах времени) и энтропией: $S = k \ln W$, где W – число микросостояний, соответствующих тому макросостоянию, энтропия которого равна S , k – постоянная Больцмана. В соответствии со вторым законом термодинамики и вероятностным подходом Больцмана, формула расчета выбора альтернативы при принятии решения приобретает следующий вид:

$$dS = dSI + dSII = k \ln W = -\sum (Pd) \ln P(d);$$

где $P(d)$ – вероятность того, что случайно выбранная альтернатива приведет к решению d .

Понятие термодинамической энтропии связано со сформулированным Шенноном определением понятия энтропии как неуверенности в реализации случайной переменной. Таким образом, энтропия является разницей между новой информацией, содержащейся в сообщении, и той частью информации, которая точно известна (или хорошо предсказуема) (Волькенштейн, 1986). В нашем случае статистическая энтропия Шеннона может характеризовать разницу в информации, получаемой головным мозгом человека через эмоцию, и той информацией, содержащейся в эмоции, которая известная (либо хорошо предсказуема) благодаря эмоциональной памяти человека. Этот же процесс сопровождается дофаминовым подкреплением правильного, с точки зрения эмоциональной памяти, решения. Происходит возбуждение дофаминовых нейронов, вызывающее позитивные эмоции и сдвигающее систему в сторону необратимых изменений (Damasio et al., 1994).

В случае, если все вероятности альтернатив одинаковы, в системе возникает хаос, и неопределенность системы (неравновесное состояние) возрастает до максимального уровня. В сильно неравновесных ситуациях могут сформироваться диссипативные структуры – переходные пространственно-временные образования (например, такие как неокончательные решения, которые в дальнейшем, возможно, будут подвергнуты изменению и корректировке). Диссипация показывает, что в отличие от динамических объектов, термодинамические объекты не являются полностью управляемыми или подконтрольными и могут претерпевать самопроизвольные изменения. Когда одна из вероятностей альтернатив решения равна единице ($P = 1$), в то время как другие вероятности альтернатив равны нулю, неопределенность, как и хаос, отсутствует. Таким образом, в ситуации, когда неопределенность равна нулю, энтропия S находится в диапазоне $0 \leq S \leq 1$, а, следовательно, в такой системе сначала происходят спонтанные флуктуации альтернатив выбора, затем запускается процесс отбора альтернатив, и далее начинается необратимая эволюция системы поведения в ответ на принятое решение.



Энтропийный подход к классификации эмоций

В последнее время для объяснения социального поведения человека и особенностей его мышления психологи все чаще обращаются к открытым термодинамикой закономерностям и сформулированным концептам, и, в том числе, к одному из наиболее существенных показателей неопределенности системы – энтропии (Hirsh et al., 2011; Izard, 1977). Предельными величинами энтропии для отдельного индивида являются такие условия, когда этот показатель минимален, и индивид не способен адаптироваться к меняющемуся миру, и когда этот показатель максимален, и индивид находится в состоянии душевного хаоса, вызванного нарушением границ между ним самим и окружающим его миром. С точки зрения направленного переноса энергии, эмоции можно подразделить на те, которые способствуют повышению психологической энтропии, и те, которые, снижая уровень энтропии, облегчают реализацию рационального поведения. Принимая в качестве основного критерия оценки эмоций их векторный энтропийный энергетический характер, а также учитывая особенности влияния эмоций того или иного заряда/знака на процессы принятия решения (вплоть до возникновения в них дисбаланса), представляется целесообразным разделить весь возможный спектр эмоций на три основные категории: условно-позитивные эмоции (радость, восхищение, восторг), условно-нейтральные эмоции (интерес, удивление) и условно-негативные эмоции (страдание, гнев, отвращение, презрение, страх, стыд, вина).

О «законе сохранения эмоции»

В исследованиях (Heller, 1993) было высказано предположение о том, что валентность эмоций зависит от следующих соотношений активности левой (лфк) и правой (пфк) фронтальной коры головного мозга:

лфк > пфк = положительные эмоции,

пфк > лфк = отрицательные эмоции.

В работе, выполненной российскими исследователями Гимрановым и Курдюковой (Гимранов, Курдюкова, 2005), было показано, что при активации левого полушария не только увеличивается позитивный, а при активации правого – негативный знак эмоции, но и происходит снижение величины эмоционального заряда в противоположном полушарии головного мозга, что выражается на языке обобщающих формул дополнением соответствующих неравенств уравнением «закона сохранения эмоции»:

$лфк (> 60\%) > пфк (< 40\%) =$ положительные эмоции,

$пфк (> 60\%) > лфк (< 40\%) =$ отрицательные эмоции,

$пфк (40 - 60\%) + лфк (40 - 60\%) =$ минимальные эмоции.

Результаты исследования, проведенного с применением методики транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС), не только подтверждают данные о том, что правое полушарие в большей степени связано с негативными, а левое полушарие – с позитивными эмоциями (Гимранов, Курдюкова, 2005; Heller, 1993), но также согласуются с результатами аналогичного исследования, проведенного с использованием сканеров фМРТ Т. Баумгартнером и коллегами (Baumgartner et al., 2012). Такие данные позволяют сделать достаточно уверенный вывод о том, что воздействие эмоционального стимула на замкнутую систему (головной мозг – в данном случае посредством ТМС) вызывает флуктуации альтернатив выбора, являющиеся следствием конкурентной активности правой и левой фронтальной коры го-



ловного мозга и в дальнейшем приводящие систему к равновесному состоянию и к установлению порядка.

Уравнение для энтропии выбора отрицательных эмоций будет выглядеть следующим образом:

$$dS = -\sum (Pd) \ln P(d) = -\sum (P_{1,2}) \ln (P_1 + P_2) = 0,6 + 0,4 = 1,0,$$

а для энтропии выбора положительных эмоций:

$$dS = -\sum (Pd) \ln P(d) = -\sum (P_{2,1}) \ln (P_2 + P_1) = 0,6 + 0,4 = 1,0,$$

где $P_1 = P_{\text{пфк}}$, $P_2 = P_{\text{лфк}}$.

Сопоставление этих уравнений со всей очевидностью указывает на эффект закона сохранения энергии, а в данном случае «закона сохранения эмоции».

Возможные эффекты воздействия эмоции (как функции векторного переноса энергии) на принятие решения

Эмоции не только оказывают существенное влияние на убеждения индивида и на процесс принятия им тех или иных решений, но также способствуют его адаптации к физической и социальной среде. Пока человек находится в ситуации крайней обеспокоенности, происходят значительные колебания эмоций даже в ситуациях выполнения обыденных задач и решения повседневных проблем (Cohen, 2005). Анализ различий в характере влияния эмоций на принятие решений указывает на то, что: а) позитивные эмоции напрямую связаны с большим числом воспринимаемых субъектом альтернатив, включая комплекс стратегических и тактических решений, увеличивают время обдумывания, а также приводят к переоценке возможных позитивных последствий и к недооценке вероятности возникновения негативных последствий (Paulus, 2005); б) негативные эмоции препятствуют активному поиску альтернатив и использованию множественных источников информации, но они также уменьшают время, необходимое для выбора альтернатив (Paulus, 2005). Используя стратегию индукции настроения и оценивая желание принимать рискованные решения, К. Йуен и Т. Ли (Yuen, Lee, 2003) установили, что индивидуумы в индуцируемом депрессивном настроении отличались значительно более выраженным консерватизмом в принятии решений по сравнению с теми, кто находился в нейтральном настроении, в то же время подход к принятию решений у тех, кто находился в радостном настроении, незначительно отличался от тех, кто находился в нейтральном настроении. Клиническая практика подтверждает полученные в исследовании данные: депрессивным пациентам терапевты обычно рекомендуют не принимать жизненно важных, критических решений, поскольку результаты таких решений могут привести к углублению чувства подавленности и к нарастанию напряженности депрессивного аффекта.

Поведенческая экономика и нейроэкономика, в отличие от традиционных экономических теорий, обращает особое внимание на моральное мышление при принятии экономических решений. На основные сигналы социально-этического свойства все люди реагируют приблизительно одинаково, причем такое положение вещей является нормой человеческого мышления. В рамках данной тематики интересные исследования осуществлены Полем Заком (Zak, 2004), обнаруживавшим, что окситоцин (пептидный гормон гипоталамуса) влияет на проявление доверительного поведения между незнакомыми людьми, а эмпатия как психологическое явление связана с высвобождением окситоцина. Результаты



проведенной им серии экспериментов также свидетельствуют о том, что мышление человека обладает «моральными чувствами», обеспечивающими баланс между эгоистическими и общественными интересами, и тем самым подтверждают высказанную Адамом Смитом в «Теории нравственных чувств» точку зрения о том, что сочувствие или чувство товарищества является основой морального поведения. И тогда правомерным является утверждение о том, что соображения экономической выгоды могут лишь умеренно или частично регулировать бизнес, поскольку коммерция, которая жульничает или преследует лишь эгоистические цели наживы за счет клиентов, саморазрушается, теряя клиентов, отдающих предпочтение компаниям с базовыми моральными установками по отношению к партнеру. В аналогичных по тематике исследованиях М. Дельгадо с соавторами (Delgado et al., 2005) было показано, что убежденность в морально положительных качествах бизнес-партнера позволяет рыночному игроку делать более рискованные коммерческие шаги.

Как было показано в работах Пола Экмана (Экман, 2012) и ряда других ученых, базовые эмоции, такие как печаль, гнев, удивление, страх, отвращение, презрение, радость, входят в семейство родственных эмоций. Эмоции могут варьировать по своей силе и по типу. Например, гнев варьирует как по силе (от раздражения до ярости), так и по оттенку качества (угрюмый гнев, обиженный гнев, возмущенный гнев, холодный гнев и т. п.). Изменения интенсивности каждой из эмоций того или иного семейства отражаются в отправке разных эмоциональных сигналов, проявляющихся в лицевой мимике. Таким образом, при систематизации эмоций представляется важным учитывать не только их полярность, но также и интенсивность их эффекта, что становится особенно важным фактором при оценке воздействия на индивида комплекса эмоций. В случае воздействия каскада одинаковых по знаку эмоций система будет флуктуировать за счет конкуренции равновероятных альтернатив ответа. Вероятно, равная по знаку, но более интенсивная¹ эмоция спровоцирует тот или иной вариант соответствующего ответного решения индивида, но при этом наличествующие в системе диссипативные структуры, оказывающие влияние на его поведение, будут действовать в направлении развития сомнения, неуверенности в выборе альтернативы и принятом решении.

Далее мы более подробно остановимся на анализе эмоций как функции векторного переноса энергии в замкнутую систему обработки и анализа возможных альтернатив принятия решения. Если мы допускаем, что эмоция является источником энергии в системе, то становится возможным объяснение ряда феноменов человеческого поведения, противоречащих не просто экономической целесообразности, но представляющего угрозу физическому выживанию индивида.

В ситуации преобладания устойчивого негативного эмоционального фона, например, депрессивных состояний, человек не в состоянии принимать решения, не говоря уже об оценке их полезности. Примером такого рода решений, не просто экономически необоснованных, но ведущих к гибели, является поведение миллионов людей в плену.

¹ Согласно представлениям А. Ребера и Е. Ребер (Reber, Reber, 2002), интенсивность эмоции – это степень напряженности или сила переживания той или иной эмоции (в интервале от наиболее слабой до критически сильной), которые оцениваются с помощью предложенной М. Брэдли и П. Лангом (Bradly, Lang, 2007) шкалой валентности и силы эмоций. В последнее десятилетие интенсивность эмоций все чаще анализируется путем исследования головного мозга с применением технологий ПЭТ и фМРТ-нейровизуализации (Baumgartner et al., 2011 и др.).



Угасание эмоциональной жизни заключенных в концентрационном лагере с хирургической точностью, лишенной сантиментов, описал великий психолог-гуманист 20 века Виктор Франкл (Frankl, 1990). Опираясь на свой личный опыт, Франкл описывает психологические стадии, которые проходили люди, оказавшиеся, как и он, в заключении. Первую фазу можно охарактеризовать как «шок прибытия», хотя, конечно, предварительное шокирующее знание об отправке в концлагерь может предшествовать фактическому попаданию в него. По прошествии нескольких дней психологические реакции начинают меняться. Во второй фазе, после переживания первоначального шока, заключенный понемногу погружается в состояние относительной апатии, когда в его душе что-то отмирает. Уход в себя означал для тех, кто был к этому способен, бегство из безрадостной пустыни, из духовной бедности и ужаса актуального существования назад, в собственное прошлое. Место навязчивых размышлений о пребывании в условиях страшной реальности занимали фантазия, воображение, воспоминания: лишь пройдя через шок и апатию и углубившись в собственный внутренний мир, можно было выжить. В данном случае вся система жизнедеятельности характеризуется очень низким уровнем энергии, как физической, так и эмоциональной. Однако, как отмечает В. Франкл, описывая в своих работах феномен формулирования смысла жизни у людей, миновавших стадию подросткового поиска смысла жизни, многие заключенные выжили именно благодаря преданности идее и нахождения смысла своего существования. Внутренняя цель и внутренний смысл на фоне «энергосберегающего» эмоционального и физиологического режима жизнедеятельности помогали выжить в нечеловеческих условиях.

Схожие ощущения описывает другой спасшийся из концлагеря заключенный – венгерский писатель Имре Кертис (Kertesz, 2004). В его рассказе сквозит та же апатия и отсутствие сильных чувств. Именно отсутствие эмоций потрясает в рассказе бывшего узника концентрационного лагеря: «Только в Цейце я осознал, что в заключении тоже есть будни; более того, настоящее заключение – это, собственно говоря, сплошные серые будни».

Анализ вышеописанных феноменов позволяют сделать вывод о том, что эмоции являются для человека принципиальным катализатором и индуктором энергии, побуждающей индивида принимать решения разной степени полезности и полярности.

Классификация внешних условий в процессе принятия решения

Поскольку в процессе принятия решения важную роль играют внешние условия личной ситуации, необходимо, с нашей точки зрения, также подвергнуть классификации эти условия в рамках термодинамического подхода:

1. принятие решений в условиях определенности, когда данные, задача и цель известны со всей определенностью – условия равновесного состояния;
2. принятие решений в условиях риска, когда данные можно описать с помощью вероятностных распределений – квазиустойчивое или слабо неравновесное состояние;
3. принятие решений в условиях неопределенности, когда исходным данным нельзя приписать относительные веса (весовые коэффициенты), определяющие степень их значимости в процессе принятия решений – бифуркации или периоды сильно неравновесных состояний.

Отличие между принятием решений в условиях слабо неравновесного состояния и сильно неравновесного состояния состоит в том, что в условиях неопределен-



ности характер вероятностного распределения либо не известен, либо не может быть определен. Такой недостаток информации обусловил в свое время разработку следующих критериев для анализа ситуации, связанной с принятием решения: критерий Лапласа, критерий Сэвиджа, критерий Гурвица и минимаксный критерий. Данные критерии способны выявить степень консерватизма, который проявляет индивидуум, принимающий решение, перед лицом неопределенности. В целом, конечно же, вышперечисленные условия более свойственны рациональным решениям, чем интуитивным. Вместе с тем, нельзя отрицать важность состояния окружающей среды, ее факторов в случае, когда в игру вступает та или иная эмоция, которая может в разной степени интенсивности проявиться в зависимости от условий среды. Вероятно, что в условиях равновесного состояния векторный вклад той или иной эмоции приведет к принятию решения более высокого и конструктивного порядка, нежели решение, принятое в условиях бифуркации или периода сильно неравновесного состояния. В условиях неопределенности внешней среды, возможно, эмоции, которые могут повлиять на анализ альтернатив и принятие решения, могут возникнуть с равной степенью вероятности, следствием чего является приведение всей системы к хаосу.

Термодинамика фрейминг-эффекта, интуитивных и рациональных решений

Процесс достижения равновесия может быть нарушен, а вероятность принятия неэффективного решения может возрасти под влиянием так называемого «фрейминг-эффекта» или в переводе на русский язык – «эффекта обрамления» либо «рамочного эффекта», описанного и введенного как термин в научный обиход Д. Канеманом и А. Тверски (Kahneman, Tversky, 1984). Фрейминг-эффект представляет собой семантическую манипуляцию над объектом выбора альтернатив с помощью различных подходов к описанию ситуации. Наглядным примером проявления фрейминг-эффекта может служить эксперимент, проведенный нейробиологом из Гарварда Джошуа Грином с коллегами (Greene et al., 2004). Грин предложил испытуемым два сценария, в которых трамвай потерял управление и на огромной скорости направляется в сторону пятерых дорожных рабочих, ремонтирующих трамвайные пути. В соответствии с первым сценарием испытуемый мог повернуть руль трамвая на путь, где находился один рабочий: в этом случае один рабочий мог бы погибнуть, однако пятеро рабочих могли быть спасены. 95% опрошенных соглашались повернуть руль в сторону одного рабочего. В соответствии со вторым сценарием испытуемый мог бы, подтолкнув дородного мужчину на рельсы и тем самым остановив трамвай, спасти пятерых рабочих. Практически никто из испытуемых не согласился исполнить условия второго сценария. С точки зрения рационального выбора, оба сценария одинаковы, различия проявляются в эмоциональном восприятии условий предложенных сценариев, и вторая ситуация уже задает фрейм нравственной дилеммы. Ситуацию, предусмотренную первым сценарием, Д. Грин называл безличным (или косвенным) нравственным решением, а вторым – требующим от человека непосредственного направленного физического воздействия на другого человека – личным нравственным выбором.

Очевидно, что фрейминг-эффект меняет вектор выбора альтернативы для принятия решения, также возрастает энтропия и возрастает разноразность выбора альтернатив. Кроме того, вероятная конечная полезность или потеря будет по-разному восприниматься в зависимости от условий фрейминга. В случае позитивного вектора фрейминга будет с большей вероятностью наблюдаться тенденция ухода от риска, а в условиях негативной



направленности фрейминга тенденция радикально изменится. Серией изящных экспериментов Канеман и Тверски показали, что направление решения зависит от формы постановки задачи. Предлагая испытуемым одну и ту же задачу, сформулированную либо в терминах возможного выигрыша, либо в терминах возможной потери, ученые обнаружили, что люди стремятся избегать потерь, даже если их решение нерационально и неоправданно; кроме того, было обнаружено, что человек, который должен выбрать «меньшее из зол», испытывает сильные отрицательные эмоции. Субъективная значимость проигрыша (или ошибки) перекрывает субъективную значимость аналогичного выигрыша. Таким образом, чтобы сохранить внутреннее спокойствие и эмоциональный комфорт, люди предпочитают лишний раз не рисковать, либо, если избежать риска невозможно, большинство испытуемых склоняются к неоправданному риску в надежде сорвать крупный выигрыш и, тем самым, компенсировать долгий эмоциональный дискомфорт. Ставшей классическим примером фрейминг-эффекта является задача об «Азиатской эпидемии».

Фрейминг-эффект, таким образом, привносит дополнительные флуктуативные факторы в систему выбора альтернатив, тем самым замедляя процесс, делая его более хаотичным и повышая уровень энтропии замкнутой системы. Осложнение процесса выбора альтернативы обусловлено, по всей видимости, барьерной функцией рамочного эффекта. Так называемая проспективная теория учитывает также моральные нормы и ценности при описании закономерностей процессов принятия решений и основывается на использовании таких экспериментальных моделей, как моральные дилеммы (*moral dilemma*), утверждая, что именно эмоции являются источником моральных поступков или суждений человека. Результаты исследований Грина и соавт. (Greene et al., 2004) свидетельствуют о том, что в случае трудного выбора активируется передняя часть поясной извилины (*anterior cingulate cortex*, АСС) – участок головного мозга, вовлеченный в обработку внутренних конфликтов. С другой стороны, наблюдается положительная корреляция активности области ДЛПФК (отвечающей за реакции, связанные с принятием рациональных решений) с принятием таких рациональных в моральном аспекте решений, как в предложенном ими к оценке следующем случае практической дилеммы: «представьте, что Вы являетесь членом некоего законодательного органа, которому путем голосования предстоит определить, работе какого из двух полицейских учреждений отдать предпочтение: первому – способному обеспечить 90 % вероятности отсутствия человеческой смертности при существовании 10 %-й вероятности гибели 1000 человек, или второму – способному обеспечить 88 % вероятности отсутствия человеческой смертности при существовании 12 %-й вероятности гибели 10 человек». Результаты исследований (Greene et al., 2004) и ряда других ученых (Blair et al., 2005; Haidt, 2006) подтверждают существование двух конкурентных систем: первой – основанной на моральном подходе (доминантой которого в данном случае является сохранение жизни) и второй – основанной на рациональном подходе.

Для принятия оптимального решения необходимо, чтобы активность системы целенаправленного поведения была сильнее активности системы привычек или автоматизмов. Таким образом, нерациональное поведение человека объясняется конфликтом между различными системами определения субъективной полезности и морали.

Далее необходимо также остановиться на выдвинутой и обоснованной в рамках термодинамического подхода Д. Канеманом гипотезе о доминировании интуитивных решений (Система 1) над рациональными (Система 2). Нейроэкономисты с некоторым прибли-



жением относят классический условный рефлекс и привыкание к единой автоматической Системе 1, тогда как целенаправленное поведение (реализуемое, в том числе, и через инструментальные рефлексy) в таком случае будет являться частью произвольной Системы 2.

Тезис о доминировании интуитивных решений можно наглядно представить на примере из практики консультирования: некий мужчина принимает решение о поступлении на тяжелую физическую работу, которая является быстрым решением экономической проблемы и призвана обеспечить необходимый уровень жизни его семье, но не соответствует его интеллектуальному потенциалу и квалификации, и в долгосрочной перспективе перестанет быть стабильным источником средств. Основание для принятия такого решения – стремление защитить семью, избегание риска (недостаточное количество соответствующих квалификации вакансий при ограниченном времени поиска работы), соответствие семейным ценностям («я – мужчина, кормилец семьи»). Приняв решение, человек начинает работать, однако спустя несколько месяцев утверждает во мнении, что продолжение такого рода деятельности не принесет ни материального благополучия семье, ни удовлетворения от работы. Тем не менее он продолжает оправдывать свой выбор настоятельной экономической необходимостью, сложностью «начать все с нуля», «утратой квалификации по предыдущей специальности». То есть решение о выборе работы имело не вполне рациональный характер, однако является вполне объяснимым поведением в рамках теории фрейминг-эффекта и отвечает человеческому стремлению сохранить имеющееся положение дел и избежать риска. Система, тем не менее, перетерпела определенные необратимые изменения и требует либо рационализации принятого решения и действия, либо поддержания актуального положения в рамках рационально осуществляемой деятельности. Дэн Ариели (Ariely, 2008) выдвинул несколько гипотез, объясняющих нерациональное поведение человека, согласно одной из которых, человек склонен придерживаться выбранной линии поведения, даже если этот способ проявляет себя как неоптимальный.

Значительным для психической экономики результатом исследований Канемана и Тверски стало осознание того, что человеческий мозг не создан для решения экономических проблем, так как превентивно опасается неизвестности. Как следствие, индивид в момент принятия недостаточно хорошо формализуемого решения интуитивно завышает вероятность потерь и старается минимизировать риск в большей степени, нежели того требует здравый смысл.

Система 1 отвечает за следование морально-социально-эмоционально направленным действиям, а *Система 2*, как было сказано ранее, за рациональное поведение. Преимущество эмоционального подхода состоит в том, что, поначалу позволяя эволюционным принципам выживания «думать за нас», мы выигрываем время, необходимое для анализа сложившейся ситуации и выбора наиболее разумного решения (LeDoux, 1996). Возможно, с точки зрения эволюционно-биологической и даже культурно-социальной полезности решения, которые комплексно и по аналогичной схеме принимаются Системой 1, являются на первом этапе наиболее оптимальными и лишь в дальнейшем, становясь рациональными, будут приостанавливаться в Системе 2. Однако возможный эволюционный конфликт этих двух систем будет существовать до тех пор, пока в Системе 1 моральные иррациональные решения сходных задач не достигнут порога рациональности.

Далее мы сформулируем функциональные характеристики эмоций:

1. Эмоции являются энергетическим зарядом системы: чем выше эмоциональное напряжение, или эмоциональный заряд системы, тем выше вероятность совершения в ней не-



обратимых изменени; иными словами, мы скорее примем решение, которое будет реализовано, в том случае, если это решение будет в значительной степени эмоциональным.

2. Спонтанное принятие решений и последующее совершение поступков – это эволюционно более древнее образование, которое оправдывало себя в ситуации физического выживания во враждебной среде. В современной реальности, когда множество решений требуют рациональной обработки большого количества разнородных факторов, такого рода спонтанные решения, как правило, наносят ущерб человеку, который совершает поступки, не продумав все их возможные последствия. Функциональная характеристика эмоций, вероятно, заключается в эволюционной аккумуляции иррационального опыта, который в дальнейшем может быть использован рациональным мозгом для анализа альтернатив и принятия эффективного решения.

Выводы

1. Сегодняшний этап развития психической экономики и психологии принятия решений характеризуется наличием методологического разрыва между принятыми практиками прогнозирования и практиками оценки принятия решений, будь то микросоциальный уровень индивидуальных отношений, решений и их последствий или макросоциальный уровень прогнозирования результатов выборов.

2. В работе предпринята попытка создания модели описания вероятности принятия решения в ситуации неопределенности с помощью математического аппарата нелинейной динамики, исходным тезисом которой является следующий: желательность принятия конкретного i -го решения из K альтернатив, приходящаяся на единицу времени, пропорциональна относительной привлекательности i -го варианта. Вероятность принятия того или иного решения в единицу времени прямо пропорциональна количеству и степени выраженности эмоций, сопровождающих данный выбор.

3. Объяснительным принципом закономерностей и процессов принятия решений является термодинамический подход, основные концептуальные постулаты которого позволяют описать энергетическую функцию эмоций в когнитивной нейробиологической системе, обеспечивающих не только возможность необратимых изменений системы, но также приводящих к повышению энтропии на выходе из нее. Достижение порядка через флуктуации, сопровождающееся повышением энтропии, можно наблюдать в нейробиологических системах на любом уровне – от клеточных процессов до социальных изменений на уровне больших социальных групп.

4. На основании результатов тематических исследований можно сделать вывод о том, что при активации левого полушария головного мозга возрастают показатели позитивных эмоций, а при активации правого – возрастают показатели негативных эмоций; кроме того, происходит снижение величины эмоционального заряда в противоположном полушарии головного мозга. Данный факт позволяет дополнить неравенства, устанавливающие соотношения между активностью полушарий и валентностью эмоций, уравнением «закона сохранения эмоции». Таким образом, человек не может одновременно испытывать одинаковые по силе разнонаправленные эмоции.

5. Эмоции являются принципиальным катализатором и индуктором энергии, побуждающей индивида принимать решения разной степени полезности и полярности. В ситуации подавленного эмоционального фона система не способна перейти в качественно иное состояние, поскольку отсутствует источник ее внутренней энергии.



6. Термодинамический подход также позволяет дать вполне логичное объяснение возникновению различного рода отклонений от рационального способа принятия решений применительно к процессу индивидуального принятия решения. Фрейминг-эффект, описанный Д. Канеманом и А. Тверски, привносит в работу нейробиологической системы в ситуации неопределенности дополнительные флуктуативные факторы, замедляя процесс выбора альтернатив, делая его более хаотичным и повышая уровень энтропии всей замкнутой системы в целом.

Литература

- Волькенштейн М. В.* Биофизика. М: Наука, 1988.
- Волькенштейн М. В.* Энтропия и информация. М.: Наука, 1986.
- Гимранов Р. Ф., Курдюкова Е. Н.* Транскраниальная магнитная стимуляция в исследовании эмоции у здоровых испытуемых и больных эпилепсией // Журнал Высшей Нервной Деятельности. 2005. Т. 55. № 2. С. 202–206.
- Козенко А. В.* Артур Эддингтон. М., 1997.
- Экман П.* Психология эмоций. М.: Питер, 2012.
- Ariely D.* Predictably irrational: the hidden forces that shape our decisions. NY: Harper Perennial, 2008.
- Baumgartner T., Knoch D., Hotz P., Eisenegger C., Fehr E.* Dorsolateral and ventromedial prefrontal cortex orchestrate normative choice // Nature Neuroscience. 2011. V. 14. № 11. P. 1468–1476.
- Blair J., Mitchell D., Blair K.* The psychopath: emotion and the brain. NY: Willey. 2005.
- Bradly M.M., Lang P.J.* The international affective picture system (IAPS) in the study of emotion and attention // Handbook of emotion elicitation and assessment / Eds. J.A. Coan and J.J.B. Allen. NY: Cambridge University Press, 2007. P. 29–46.
- Breiter H. C., Aharon I., Kahneman D.* Functional imaging of neural responses to expectancy and experience of monetary gains and losses // Neuron. 2001. № 30. P. 619–639.
- Camerer C.F., Loewenstein G., Prelec D.* Neuroeconomics: Why economics needs brains // Scand. L. of Economics. 2004. V. 106. № 3. P. 555–579.
- Cohen J.* The vulcanization of the human brain: A neural perspective on interactions between cognition and emotion // Journal of Economic Perspectives. 2005. № 19. P. 3–24.
- Cohen J., Braver T., Brown J.* Computational perspectives on dopamine function in prefrontal cortex // Current Opinion in Neurobiology. 2002. № 12. P. 223–229.
- Cohen M., Ranganath C.* Reinforcement learning signals predict future decisions // Journal of Neuroscience. 2007. № 27. P. 371–378.
- Damasio A. R.* Descartes' error: emotion, reason, and the human brain. NY: Putnam, 1994.
- Delgado M.R., Frank R.H., Phelps E.A.* Perceptions of moral character modulate the neural systems of reward during the trust game // Nature Neuroscience. 2005. V. 8. № 11. P. 1611–1618.
- Eddington A.* The nature of the physical world. MA: Cambridge University Press, 1928.
- Ekman P., Davidson R.J.* The nature of emotion. NY: Oxford University Press. 1994.
- Forgas J.P.* Mood and judgment: The affect infusion model (AIM) // Psychological Bulletin. 1995. № 117. P. 39–66.
- Frankl V.* Man's search for meaning. M.: Progress, 1990.
- Frijda N.H.* The emotions. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1986.
- Green J., Nystrom L.E., Engel A.D., Darley J.M., Cohen J.D.* The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment // Neuron. 2004. № 44. P. 389–400.
- Haidt J.* The happiness hypothesis. The Emotional Dog and Its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgment // Psychological Review. 2006. V. 108. № 2001. P. 814–834.
- Heller W.* Neuropsychological mechanisms of individual differences in emotion, personality and arousal // Neurophysiology. 1993. V. 7. P. 476–489.



- Higgins E.T. Beyond pleasure and pain // *American Psychologist*. 1997. № 52. P. 1280–1300.
- Hirsh J.B., Mar R.A., Peterson J.B. Psychological entropy: A framework for understanding uncertainty-related anxiety // *Psychological Review*. 2012. № 119. P. 304–320.
- Izard C.E. Human emotions. NY: Plenum Press, 1977.
- Kahneman D. A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality // *American Psychologist*. 2003. № 58. P. 697–720.
- Kahneman D., Knetsch J.L., Thaler R.H. Anomalies: The endowment effect, loss aversion and status quo bias // *The journal of economic perspectives*. 1991. № 5. P. 193–206.
- Kahneman D., Tversky A. Choices, values and frames // *American Psychologist*. 1984. № 39. P. 341–350.
- Kahneman D., Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk // *Econometrica*. 1979. № 47. P. 263–291.
- Kertesz I. Faithlessness. New York, NY: Knopf, 2004.
- Knutson B., Scott R., Wimmer E.G., Prelec D., Loewenstein G. Neural Predictors of Purchases // *Neuron*. 2007. V. 53. P. 147–156.
- LeDoux J.E. The Emotional Brain. NY: Simon & Schuster, 1996.
- Levenson R.W., Ekman P., Friesen W.V. Voluntary facial action generates emotion – specific automatic nervous system activity // *Psychophysiology*. 1990. V. 27 P. 363–384.
- Miller E.K., Cohen J.D. An integrating theory of prefrontal function // *Annual Reviews of Neuroscience*. 2001. V. 24. P. 167–202.
- Montague R. The first wave // *Trends in cognitive sciences*. 2007. V. 11. P. 407–409.
- Montague R. Neuroeconomics: A view from neuroscience // *Functional Neurology*. 2007. V. 22. P. 219–234.
- Montague R. Why choose this book? NY: Dutton, 2006
- Montague R., Hyman S., Cohen J. Computational roles for dopamine in behavioral control // *Nature*. 2004. V. 431. P. 760–767.
- Montague R., King-Cusas B., Cohen J. Imaging valuation models in human choice // *Annual Review of Neuroscience*. 2006. V. 29. P. 417–448.
- Nicolis G., Prigogine I. Exploring complexity: An introduction. New York, NY: W.H. Freeman, 1989.
- Pakhomov A., Sudjin N. Emotional aspects of decision-making process: thermodynamic approach // *Proceedings of NeuroPsychoEconomics Conference, Rotterdam, 14-15 June, 2012*. P. 55.
- Pakhomov A., Sudjin N. Thermodynamic view on decision making process: Emotions as a potential energy vector of realization of the choice // *Cognitive Neurodynamics*, 2013 (in press). DOI: 10.1007/s11571-013-9249-x.
- Paulus M.P., Tapert S.F., Schuckit M.A. Neural activation patterns of methamphetamine – dependent subjects during decision making predict relapse // *Arch. Gen. Psychiatry*, 2005. V. 62. P. 761–768.
- Paulus M.P., Feinstein J.S., Castello G., Simmons A.N., Stein M.B. Dose-dependent decrease of activation in bilateral amygdala and insula by lorazepam during emotion processing // *Arch. Gen. Psychiatry*. 2005. V. 62. P. 282–288.
- Plutchik R. Nature of emotions // *American Scientist*. 2002. V. 89. P. 349.
- Post T., van den Assem M.J., Baltussen G., Thaler R.H. Deal or no deal? Decision making under risk in a large-payoff game show // *American Economic Review*. 2008. V. 98. P. 38–71.
- Prelec D., Simester D. Always leave home without it // *Marketing Letters*. 2001. V. 12. P. 5–12.
- Prigogine I., Stengers I. The end of certainty: Time, chaos and the new laws of nature. New York, NY: Free Press, 1997.
- Rangel A., Camerer C., Montague P. A framework for studying the neurobiology of value-based decision making // *Nature Reviews Neuroscience*. 2008. № 9. P. 545–556.
- Reber A.S., Reber E. The Penguin dictionary of psychology, Oxford: Penguin Books, 2002.
- Schultz W. Predictive reward signal of dopamine neurons // *Journal of Neurophysiology*. 1998. V. 80. P. 1–27.



- Shiv B., Loewenstein G., Bechara A., Damasio H., Damasio A.* Investment behavior and negative side of emotion // *Psychological Science*. 2005. V. 16. P. 435–439.
- Tversky A., Kahneman D.* Judgment under uncertainty: Heuristics and biases // *Science*. 1974. № 185. P. 1124–1131.
- Tversky A., Kahneman D.* The framing of decisions and the psychology of choice // *Science*, 1981. № 211. P. 453–458.
- Yuen K.S.L., Lee T.M.C.* Could mood state affect risk-taking decisions? // *Journal of Affective Disorders*. 2003. V. 75. P. 1–18.
- Zak P.J.* Neuroeconomics // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2004. V. 359. P. 1737–1748.

EMOTIONAL ASPECTS OF DECISION-MAKING PROCESS: THERMODYNAMIC APPROACH

PAKHOMOV A.P., Princeton University, USA, Decision LLC, Russia

SUDJIN N.E., Ministry of Absorption, Tel Aviv, Israel

The decision-making system including emotional component which often is a necessary condition to transfer a system from one state to another, is generally nonequilibrium and irreversible, and, therefore, thermodynamic laws apply to it. In the work, the mathematical model of decision choice, based on the principles of nonlinear dynamics and taking into account the instability of the motion and bifurcation, is offered. The thermodynamic component of decision-making process on the basis of vector transfer of energy induced by emotion at the given time is surveyed. At entropy impact, due to effect of emotion, on the closed system – the human brain, – initially arises chaos, then after fluctuations of possible alternatives which were going on – reactions of brain zones in reply to external influence, an order is forming and there is a choice of alternative, according to primary entrance conditions and state of the closed system. Thus, in system of environment – the human brain, through fluctuations is reached an order condition. Entropy calculation of probability of a choice of negative and positive emotions shows judgment possibility of existence of «the law of emotion conservation», confirmed by experimental data (Gimranov, Kurdyukova, 2005; Heller, 1993; Baumgartner et al., 2011). The works performed by above-mentioned researchers, show that at activation of the left-hand hemisphere not only increases positive, and at activation of the right one – a negative sign of emotion, but also there is a decrease in a significance of an emotional sign in a counter cerebral hemisphere. As separate areas of a brain differently react to emotions and components of limbic system polemize with each other, sometimes is noted the divergence in the choice process – the answer to this or that valence of emotion. Negative emotion can induce the useful decision, and positive to act as incentive of a losing choice. American neurobiologists B. Knutson and G. Loewenstein (Knutson et al., 2007) where executed a brilliant experiment as a result of which it was noted that in case of negative splash in an insula Reili suppressing positive reactions generated by nucleus accumbens (an important element of dopamine motivation scheme), the examinee always avoided the considerable monetary expenditure in spite of irresistible product. In case of manifestation of larger activity in nucleus accumbens than in insula Reili and frontal cerebral cortex, the goods for the examinee were necessary and faultless. Quite often the fear of loss (understanding that sensation of fear is peculiar to the negative emotions) protects from senseless losses and unjustified expenditure and leads, eventually, to the useful decision. The inverse phenomenon is observed also in case of impact on the individual of the positive emotions, which effect can has the same destructive result as the total absence of emotions. In cases when the brain of individual is saturated with dopamine causing pleasant feelings, gamblings, payment of purchases by credit cards, getting shares at stock-exchange become extremely attractive. Due to highest and blocking activity of dopamine neurons, the brain of the person is capable to make immanent mistakes which result in game bankruptcy, terrible debts on credit cards



and wrong choice of shares. The broad list of researches is devoted to this subject. Here we will provide only some significant publications (e.g. Breiter et al., 2001; Cohen, 2005; Cohen et al., 2002; Montague, 2007; Montague, 2006; Montague et al., 2004; Montague et al., 2006; Post et al., 2008; Prelec, Simester, 2001; Schultz, 1998; Shiv et al., 2005). In current study the classification of external conditions from the standpoint of the thermodynamics, influencing decision-making process is also offered. It is considered the possible mechanism and the conflict of evolution of emotional decisions into rational memory.

Keywords: thermodynamics, nonlinear dynamics, decision-making, emotion, bifurcation, energy vector.

Transliteration of the Russian references

Vol'kenshtein M. V. Biofizika. M.: Nauka, 1988.

Vol'kenshtein M. V. Entropiya i informatsia. M.: Nauka, 1986.

Gimranov R.F., Kurdyukova E.N. Transkranial'naya magnitnaya stimulyatsia v issledovanii emocii u zdorovyh ispytuemyh i bol'nyh epilepsiei // Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatel'nosti. T. 55. № 2. P. 202–206.

Kozenko A. V. Artur Eddington. M., 1997.

Ekman P. Psihologiya emocii. M.: Piter, 2012.