

**Информационные
технологии
в экологии**

На основе формализации воздействия физического, человеческого, социального капиталов и глобальных изменений на общество предложен математический подход для оценки уязвимости общества, его устойчивого развития и деформации пространства безопасности. Отличительной особенностью предложенного подхода является возможность исследования неустойчивости сложных систем, условий возникновения резких скачкообразных режимов, являющихся результатом малых непрерывных изменений переменных, характеризующих экономические, экологические и социальные процессы в обществе.

© К.Л. Атоев, В.А. Пепеляев, 2009

УДК КП 658.012.011.56

К.Л. АТОЕВ, В.А. ПЕПЕЛЯЕВ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
СИСТЕМНЫХ РИСКОВ НА
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВА**

Введение. Концепция устойчивого развития, ставшая своеобразной доминантой представлений о путях трансформации постиндустриального общества в XXI веке, подразумевает согласованность изменений в различных измерениях его функционирования (экономическом, экологическом, социальном). Основной постулат устойчивого развития – обеспечение социального прогресса, направленного на обеспечение определенного качества и безопасности жизни людей при не ухудшающемся состоянии окружающей среды и оптимальном использовании ограниченных ресурсов, развития природо-, материало- и энергосберегающих технологий [1].

Однако, существенная деформация пространства безопасности, вызванная глобальными изменениями современного мира, стала основным вызовом устойчивому развитию. Возрастающая взаимозависимость разных измерений уязвимости общества, широкий спектр локальных, региональных, транснациональных угроз, распространение опасных технологий, возникновение дефицита водных ресурсов, возрастающая нагрузка на экологическую систему создают своеобразный синергетический эффект, приносящий дополнительные системные риски. Создание современного сетевого общества значительно усиливает поля техногенных, экономических, политических, природных и социальных рисков. Узлы этой сети являются своеобразными акупунктурными точками, в которых слабые воздействия ведут к сильным расхождениям траекторий развития системы

и увеличивают степень неопределенности будущего. Это приводит к непредсказуемым по своим масштабам последствиям. Функционирование таких сложных систем часто становится нестабильным и характеризуется внезапными скачкообразными изменениями. Примером такой нестабильности является глобальный финансово-экономический кризис, начавшийся в 2008 году.

Уязвимость общества все более оказывается зависимой от показателей, характеризующих человеческий и социальный капиталы. В глобальном мире происходит переход к рыночной, инновационной модели экономики. Мерой успеха является достижение наилучших социальных стандартов жизни, осуществление последовательной политики, направленной на гармонизацию основных факторов, которые влияют на социальное развитие. Снижение социальной неравномерности общества, расходов на оборону и увеличение затрат на здравоохранение, образование, развитие средств массовой информации и коммуникации, увеличение средней продолжительности жизни населения, политической стабильности и гражданских свобод, понижение уровня коррупции, снижение детской смертности – основные показатели, характеризующие успешность общества в информационную эпоху.

Однако современные системы управления продолжают в основном основываться на показателях, характеризующих физический капитал, традиционно измеряемый в тоннах, мегаваттах и кубических метрах, когда успех определялся преимущественно ростом валового внутреннего продукта. Это одна из причин кризиса современных систем управления, проявляющегося в сужении горизонта прогнозирования и эффективности принимаемых решений. Крайне неосмотрительно, вступая в информационную эпоху, измерять свою эффективность в ней характеристиками отмирающего индустриального общества, делавшего акцент на сырьевые и добывающие отрасли.

Все это требует разработки методов и механизмов эффективного предупреждения потенциальных и нейтрализации явных угроз национальным интересам. Важным элементом таких механизмов должны стать информационные системы, которые на базе математических моделей, позволяющих формализовать воздействие человеческого и социального капитала и глобальных изменений на общество, существенно повысят эффективность принятия решений в сфере национальной безопасности и оценки уязвимости общества к широкому спектру угроз.

1. Моделирование влияния физического, человеческого и социального капиталов на деформацию пространства безопасности. Согласно определению Международной комиссии ООН по окружающей среде и развитию устойчивое развитие «улучшает качество жизни людей в пределах возможностей окружающих экосистем». Для ранжирования различных аспектов устойчивого развития используются разнообразные индексы (человеческого развития, глобализации, устойчивости окружающей среды, качества и безопасности жизни, экономического развития, конкурентоспособности, экономической свободы и т. д.), позволяющие определить степень сбалансированности изменений в жизни общества [2–5]. Однако начавшийся финансово-экономический кризис

высветил ряд существенных недостатков существующих индексов. Оказалось, что ряд стран, благополучных с точки зрения проведенных индексных оценок, оказались в эпицентре кризиса, например, Исландия. Стало понятно, что существующие индексы не учитывают каких-то важных элементов, без которых невозможно устойчивое развитие общества, и требуется их дальнейшая модернизация.

При переходе от индустриального общества к информационному происходит трансформация социальных ценностей („Великий Разрыв” в терминологии Ф. Фукуямы [6]). Социологи ввели понятие „социального капитала” для обозначения ценности, разделяемых обществом, т.е. общей суммы всех правил, нормы ценности и принятых образцов поведения, которые позволяют индивидуумам сотрудничать в информационном обществе в пределах определенного „радиуса доверия”.

Ф. Фукуяма определил социальный капитал как „...набор неформальных ценностей или норм, которые разделяются членами группы и которые делают возможным сотрудничество внутри этой группы”. При этом доверие рассматривается как ключевой элемент, фундамент, на котором базируется весь дом социального капитала, подобное „...смазыванию, которое делает работу любой группы или организацию больше эффективной” ([6] с. 30).

Социальный капитал имеет вполне материальное измерение – уменьшение стоимости соглашений за счет снижения расходов на контроль, выводы контрактов, судебных исков, обеспечивая больше высокую степень инновации [6].

Социальный капитал, как физический (промышленность, сельское хозяйство), человеческий (знание, коммуникация, способность) производит богатство, и таким способом «...является экономической ценностью национальной экономики» ([6], с. 27).

Кроме того, социальный капитал позволяет разным группам внутри общества, являющегося неоднородным по культурным, ментальным, имущественным, религиозным и другим особенностям, самоорганизовываться как для гражданских, так и политических целей, совмещаться друг с другом, чтобы защищать свои интересы, становясь несущей конструкцией гражданского общества.

Та роль, которую социальный капитал в современном обществе, указывает на то, что оценка деформации пространства безопасности должна основываться не только на основании индекса устойчивого развития, но и на основании индекса социального капитала, позволяющего характеризовать кризис доверия в современном обществе, являющемся существенным фактором, характеризующим его безопасность.

При моделировании процессов, связанных с исследованием экономического, экологического и социального компонентов устойчивого развития возникает вопрос, каким образом может быть формализовано в моделях понятие социального капитала.

Для измерения тенденций в изменении социального капитала используются данные трех типов: 1) о традиционных нарушениях в функционировании общества (уровень преступности и наркомании, количество судебных разбирательств,

самоубийств, уклонений от уплаты налогов и др.); 2) о нагрузке на семейные отношения (рождаемость, браки, разводы и др.); 3) по доверию, по отношению к ценностям гражданского общества [6].

Оценка уровня социального капитала может быть осуществлена с помощью соответствующего индекса $I_{ск}$, который высчитывается как сумма индексов для трех измерений: нарушений в функционировании общества ($I_{нфо}$), нагрузки на семейные отношения ($I_{нсо}$) и порядка человеческой корпорации ($I_{нчк}$).

Индекс социального капитала будем рассчитывать таким образом:

$$I_{ск} = a I_{нфо} + b I_{нсо} + c I_{нчк},$$

где a, b, c – соответствующие весовые коэффициенты.

Для оценки индекса устойчивого развития ($I_{ур}$) воспользуемся результатами [7]. На рис. 1 расчет $I_{ур}$, при этом основывается на индикаторах, характеризующих следующие категории: личностное развитие (1), чистота окружающей среды (2), сбалансированность общества (3), устойчивость использования ресурсов (4) и устойчивость окружающей среды (5). Всего используется 21 индикатор, каждый из которых измеряется в интервале от 0 до 10. Как следует из этих результатов, наиболее узким звеном для Украины является категория 4, которая включает следующие индикаторы: переработка и вторичное использование отходов, использование возобновляемых водных ресурсов, потребление возобновляемой энергии.

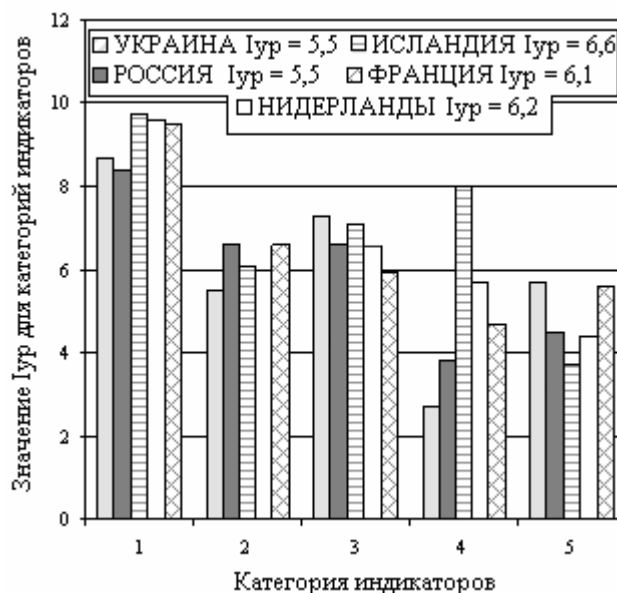


РИС. 1. Сравнительный анализ индексов устойчивости

В таблице представлен ряд индикаторов, измеряемых в интервале от 0 до 10, на основании которых с помощью данных [7] оценивается $I_{ск}$.

ТАБЛИЦА. Сравнительные данные по оценке $I_{ск}$

Индикатор	Франция	Россия	Украина	Исландия	Нидерланды
Здоровая жизнь	8.7	6.4	6.5	8.8	8.5
Уровень безработицы	3.6	4.4	7.0	7.3	5.5
Демографический рост	6.9	8.6	8.9	6.5	6.9
Распределение доходов	6.3	7.7	8.3	5.5	6.3

В работах [8–10] была предложена математическая модель для интегральной оценки системных рисков в техногенной сфере и исследования влияния флуктуаций разного генеза на трансформацию полей техногенных, социогенных, экономических и природных рисков. Расчет социальных и техногенных рисков базировался на использовании методов теории катастроф, теории хаоса и бифуркаций. Был предложен математический подход для прогнозирования поведения системы, которая находится вблизи неустойчивого состояния равновесия в зоне бифуркации, когда растет вероятность внезапных, непредсказуемых событий и малые флуктуации могут вести к непредвиденному будущему с катастрофическими последствиями, подобно эффекту домино.

Воспользуемся предложенным подходом для исследования влияния физического, человеческого и социального капиталов на трансформацию пространства безопасности на базе теории катастроф.

Рассмотрим бистабильную колебательную систему, описывающую движение материальной точки массы в потенциальном поле $U(x)$ при наличии трения γ , вида:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \gamma \frac{dx}{dt} = F(x) = k(x - x^3), \quad (1)$$

где $U(x) = - \int F(x) dx = k(1/2 x^2 - 1/4 x^4)$.

Первый член в левой части (1) – сила инерции, второй – сила трения, которая пропорциональна скорости. В отсутствие трения ($\gamma = 0$) уравнение (1) описывает незатухающие устойчивые колебания (числа Ляпунова при этом чисто мнимые). В этом случае имеем консервативную или гамильтонову систему в которой действует закон сохранения энергии. В общем случае ($\gamma \neq 0$), при наличии трения происходит частичная диссипация энергии. При очень сильной диссипации можно пренебречь силой инерции в (1). Тогда имеем

$$\frac{dx}{dt_1} = F(x) = - \partial U(x) / \partial x, \quad \text{где } t_1 = t/\gamma. \quad (2)$$

В механике, квантовой механике, в теории поля, преимущественно рассматриваются гамильтоновы системы, однако в «реальной жизни», особенно при описании биологических и социальных процессов, связанных с информационными полями, приходится иметь дело с диссипативными системами [11].

Чтобы изучить движение системы вблизи локальных экстремумов $U(x)$, функцию $F(x)$ разлагают в ряд около стационарных состояний и ограничиваются несколькими малыми членами разложения. Минимальное число членов n и параметров k , которые нужно учитывать, определяется степенью вырождения стационарного состояния. Они связаны простым соотношением: $k = n - 1$. В теории катастроф число k называется коразмерностью катастрофы.

Для исследования широкого круга явлений наиболее часто используется катастрофа «сборка» – слияние трех особых точек [11]. В этом случае имеем

$$F(x) = a_2 + a_1 x + x^3, \quad U(x) = -a_2 x - a_1 x^2/2 - x^4/4 \quad (n=3, k=2). \quad (3)$$

Форма $F(x)$ в (3) – общая, к ней приводится любой кубичный полином, который имеет согласно теореме Штурма, самое большее три и самое меньшее один вещественный корень. Природа корней зависит от дискриминанта $\Delta = 4a_1^3 + 27a_2^2$. При выполнении условия $\Delta < 0$ имеются три различных вещественных корня. Таким образом, имеются три состояния описываемой системы, два из которых устойчивы, а одно неустойчиво. При $\Delta > 0$ имеются один вещественный корень и два мнимых. При $\Delta = 0$, происходит слияние особых точек: если $\Delta = 0$, но $a_1 \neq 0$, или $a_2 \neq 0$, то совпадают две точки, если $\Delta = 0$ и $a_1 = a_2 = 0$, то сливаются все три точки. Таким образом, $\Delta(a_1, a_2) = 0$ – кривая бифуркационных значений.

Допустим, что система удовлетворяет всем требованиям потенциальной системы и может быть описана потенциальной функцией $U(X, A_1, A_2, \dots, A_N)$ поведенческой переменной X (уязвимость) и параметров управления A_i . Данная функция имеет несколько стационарных состояний, часть из которых устойчивы, а часть не устойчивы. Переходы системы из одного устойчивого состояния в другое, или изменение характера устойчивости стационарного состояния (например, из устойчивого к неустойчивому) является функциями параметров управления A_i .

Рассмотрим систему безопасности общества как комплекс сложных взаимодействий, осуществляемых в двух измерениях. Первое измерение связано с физическим капиталом, оценивается с помощью индекса устойчивого развития – $Iур$ и характеризует влияние экономических, экологических и социальных факторов. Второе – с социальным капиталом, оценивается с помощью индекса социального капитала – $Iск$ и характеризует степень человеческой корпорации в обществе, которая позволяет индивидуумам сотрудничать в информационном обществе в пределах определенного „радиуса доверия”.

Данному случаю в формализме теории катастроф соответствует катастрофа «сборка» ($n = 3, k = 2$), поскольку поведение системы рассматривается в пространстве двух параметров управления. Таким образом, потенциальная функция U будет описываться полиномом четвертой степени относительно переменной X , характеризующей уровень уязвимости. В этом случае имеем

$$dX/dt = -\partial U(X, A)/\partial X = X^3 + A_1X + A_2, \quad (4)$$

где $A_1 = A_1(Ick), A_2 = A_2(Iyp)$, причем $\partial A_1/\partial Ick < 0$, а $\partial A_2/\partial Iyp < 0$.

В этом случае система имеет три стационарных состояния, два из которых устойчивы. Первое устойчивое стационарное состояние характеризует норму (низкий уровень уязвимости), второе – катастрофу (высокий уровень уязвимости). Использование метода теории катастроф позволяет оценить риск скачкообразной деформации пространства безопасности, при которой происходит переход к повышенному уровню уязвимости общества, а также определить критические уровни параметров, по достижении которых система переходит из одного своего стационарного состояния в другое. Например, определить при каком уровне индекса социального капитала при заданном уровне индекса устойчивого развития произойдет скачкообразная деформация пространства безопасности (рис. 2).

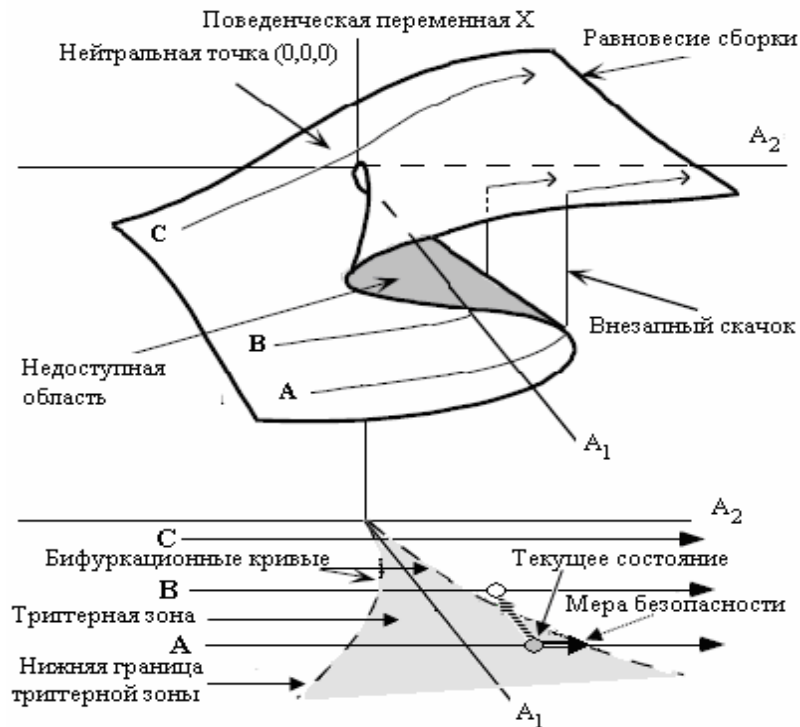


РИС. 2. Концептуальная модель оценки риска

Кривая бифуркационных значений описывается таким выражением:

$$4A_1^3 + 27A_2^2 = 0. \quad (5)$$

Зная текущее значение параметра A_2 , из уравнения (5) получаем бифуркационное значение параметра A_1 . Разница между бифуркационным и текущим значением параметра A_1 является мерой безопасности. Чем дальше стоит текущее значение параметра от его бифуркационного значения, тем меньше деформация пространства безопасности. При выполнении условия $A_1 < 0$ существует область скачкообразных переходов поведенческой переменной из одного стационарного состояния в другое (кривые A и B на рис. 2). При $A_1 > 0$ существуют только гладкие изменения поведенческой переменной (кривая C на рис. 1).

Сравнивая кривые A и B отметим, что чем выше уровень социального капитала и соответственно ниже значение A_1 , (при выполнении условия $A_1 < 0$), тем при более низком значении индекса устойчивого развития будет происходить деформация пространства безопасности (достижение бифуркационного значения параметра A_2). Амплитуда скачка при этом будет увеличиваться.

3. Учет влияния флуктуаций на динамику уязвимости (стохастическая версия теории катастроф). Система, находящаяся в зоне бифуркации чрезвычайно чувствительна к малым воздействиям, когда любая флуктуация, случайный шум может кардинально повлиять на переключение с одной траектории развития системы на другую.

Оценка риска принимаемых решений или опасности, т.е. информация о вероятностях возможных исходов и о возможных ущербах, требует высокого уровня знаний об изучаемых объектах, технологиях, решениях. Отсутствие таких знаний приводит нас в ситуацию неопределенности. Новые риски, которые возникли в последние годы, связанные во многом с продуктами генной инженерии, биотехнологии, химической индустрии, а также многих новых технологий, к сожалению, относятся к таким уникальным явлениям, для которых неизвестно распределение результатов в группе, получаемое путем априорных вычислений или изучения статистики предшествующего опыта.

Рассматривая социальные процессы, необходимо учитывать и фактор неопределенности, связанные с психологическими аспектами принятия решений. Традиционные экономические изыскания (фон Нейман) базировались на предположении, что человек руководствуется соображениями собственной выгоды и способен на разумные действия для достижения этой выгоды. Исследования Д. Канеманна, показали, что субъекты рынка часто принимают неразумные с экономической точки зрения и невыгодные им самим решения, опираясь при принятии решений не на объективные условия, а на свою интерпретацию этих условий [12]. «Ценовые суждения участников» всегда основаны на предпочтениях, а превалирующее предпочтение влияет на рыночные котировки. Но существуют случаи, когда предпочтения, влияют не только на рыночные котировки, но и на фундаментальные условия. Именно в этом случае рефлексивность приобретает важное значение» [13, с. 15]. Очевидно, что «рефлексивные механиз-

мы» необходимо учитывать не только биржевым игрокам, но и при решении достаточно широкого спектра проблем, связанных с оценкой социального риска в условиях далеких от равновесных, когда происходит существенное рассогласование восприятия и реальности.

Учитывая особую актуальность приобретает задача построения стохастической теории катастроф. Существует несколько подходов позволяющих решить эту задачу. В работе [14] рассмотрен случай приближения неравновесных стохастических систем к стационарному состоянию. Было показано, что для градиентных систем при детерминистическом и стохастическом описании совпадает множество переходов (катастроф), состоящее из всех точек пространства управления, в которых изменяется число и тип экстремальных точек. В случае, когда моделируемый процесс является стохастическим, подчиняющимся уравнению Ланжевена, уравнение (4) преобразуется к виду

$$dX/dt = -\partial U(X, A)/\partial X + D^{1/2} \xi(t) = X^3 + A_1 X + A_2 + D^{1/2} \xi(t), \quad (6)$$

где D – константа, а $\xi(t)$ – независимая гауссовская, δ – коррелированная флуктуирующая величина.

Согласно [14], система описывается с помощью единственного и глобально устойчивого стационарного распределения вероятностей $P^0(x, u)$, связанного с U следующим образом:

$$P^0(X, A) = 1/N \{ \exp[-2U(X, A)/D] \}. \quad (7)$$

Показано, что $P^0(X, A)$ и $U(X, A)$ имеет одно и то же множество катастроф. На рис. 3 показана трансформация функции плотности вероятности для стохастического описания катастрофы сборки при изменении параметра A_1 , исследованная в [15]. Данному случаю соответствует переход с траектории C на траекторию B (см. рис. 2) для детерминистического описания.

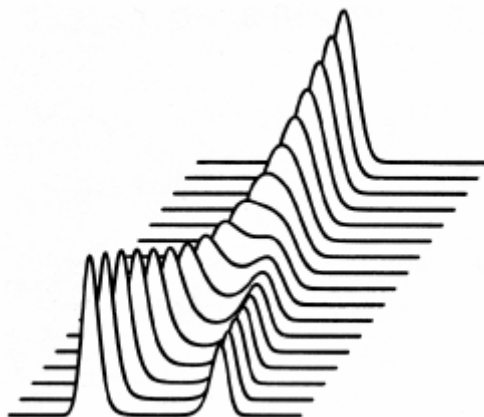


РИС. 3. Трансформация функции плотности вероятности

Таким образом, для градиентных систем существуют однозначные связи между качественным их поведением при детерминистическом и стохастическом описаниях. Результаты [14] позволяют использовать теорию катастроф для исследования влияния флуктуаций на переключение с одной траектории развития системы на другую.

Заключение. Построенная модель деформации пространства безопасности позволяет сделать четыре вывода, которые не были постулированы при ее разработке.

1. Скачкообразная деформация пространства безопасности происходит при снижении сбалансированности экономических, экологических и социальных изменений ниже некоторого критического (бифуркационного) уровня.

2. Чем выше уровень социального капитала в обществе, чем больше радиус доверия, тем большее снижение сбалансированности процессов, характеризующих динамику физического капитала, может выдержать общество, без существенного увеличения его уязвимости.

3. Снижение социального капитала, уменьшение доверия к различным институтам глобального общества, может сделать текущее значение параметра A_2 , превосходящим его бифуркационное значение, и вызвать скачкообразное изменение пространства безопасности (штрихованная стрелка, отражающая переход с кривой A на кривую B на рис. 2). Именно снижение социального капитала, уменьшение доверия к различным институтам глобального общества, привело мир к финансово-экономическому кризису 2008 года.

4. Для стран, имеющих высокие уровни A_2 , и соответственно низки уровни $I_{ур}$ т. е. стран, у которых есть проблемы со сбалансированностью экономических, экологических и социальных трансформаций, амплитуда падения уровня безопасности оказывается значительно большей, чем для стран с низкими уровнями $I_{ур}$. Нормализация ситуации потребует снижения A_2 до нижней границы триггерной зоны (см. рис. 2). Таким образом, восстановление окажется возможным при повышении $I_{ур}$ значительно выше того уровня, при котором произошел срыв. То есть имеет место своеобразная гистерезисная петля. При одновременном снижении уровня социального капитала (например, из-за неуправляемой миграции или роста безработицы) нижняя граница триггерной зоны будет достигаться при меньшем повышении $I_{ур}$.

Проведенная формализация влияния глобальных изменений, физического и социального капиталов на уязвимость общества позволяет наметить пути к количественной оценке устойчивого развития с учетом факторов, характеризующих «развернутый порядок человеческой корпорации» (Ф. Хайек, [16] с. 15), снижающих «трение» в такой диссипативной системе, каким является человеческое общество. Каждая страна, характеризуется своими текущими значениями индексов $I_{ск}$ и $I_{ур}$, соответственно своими бифуркационными значениями данных индексов и своей уязвимостью. Мерой безопасности выступает отдаленность текущих значений индексов от их бифуркационных значений. По мере того, как происходит рост социального капитала, происходит снижение уязвимости общества, которое становится способным выдерживать все более сильные колебания сбалансированности экономических, экологических и социальных процессов.

К.Л. Атоев, В.А. Пенеляев

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ СИСТЕМНИХ РИЗИКІВ
НА СТАЛИЙ РОЗВИТОК СУСПІЛЬСТВА

Розроблено математичний підхід для оцінки вразливості суспільства та деформування простору безпеки. Проведено формалізація впливу фізичного, людського та соціального капіталів і глобальних змін на сталий розвиток суспільства. Його відмінною рисою є можливість дослідження стрибкоподібних режимів, що виникають як наслідок малих флуктуацій змінних, які характеризують економічні, екологічні та соціальні процеси у суспільстві.

K.L. Atoyev, V.A. Pelyayev

THE MODELLING OF SYSTEMIC RISKS IMPACT ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SOCIETY

The mathematical approach for estimation of vulnerability and deformation of safety was elaborated. The impact of physical, human and social capitals and global changes on sustainable development of society was formalized. Its distinctive feature is the possibility to investigate regimes with sudden discontinuous changes or phase transitions as a result of small continuous changes in variables that characterize the economical, ecological and social processes in society.

1. *Вайцеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л.* Фактор четыре. Затрат – половина, отдача – двойная. Новый доклад Римскому клубу. – М.: Academia, 2000. – 400 с.
2. *Measuring globalization, the A.T. Kearney / Foreign Policy Magazine Globalization Index // Foreign Policy.* – 2006. – November/December. – P. 52–61.
3. *Esty D.C., Levy M., Srebotnjak T., de Sherbinin A.* Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship. – New Haven: Yale Center for Environmental Law & Policy, 2005. – 186 p.
4. *Climate Change 2001 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability. IPCC Third Assessment Report / J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, K.S. White (eds.)* – Cambridge: University Press, 2001. – 98 p.
5. *Згуровський М.* Україна у глобальних вимірах сталого розвитку // *Зеркало тижня.* 2006. – N 19. – С. 14.
6. *Фукуяма Ф.* Великий разрыв. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. – 474 с.
7. *Van de Kerk G., Manue A.R.* A comprehensive index for a sustainable society. The SSI – the Sustainable Society Index // *Ecological Economics.* – 2008. – 66. – № 2–3. – P. 228–242.
8. *Атоев К.Л., Пенеляев В.А., Томин А.А.* Нелинейная динамическая модель для интегральной оценки системных рисков в техногенной сфере // *Компьютерная математика.* – 2006. – № 1. – С. 29–40.
9. *Атоев К.Л., Пенеляев В.А.* Моделирование механизмов возникновения неустойчивости сложных систем // *Теорія оптимальних рішень.* – 2007. – № 6. – С. 51–58.
10. *Atoyev K., Tomlin A., Aksionova T.* Global changes, new risks, and novel methods and tools of their assessment. Modeling and management of environmental security in Ukraine // *Managing Critical Infrastructure Risks (Ed by I. Linkov et al.)* – 2007. – Springer Netherlands. – P. 339–351.

11. *Чернавский Д.С.* Синергетика и информация: динамическая теория информации. – М.: Наука, 2001. – 244 с.
12. *Kahneman D., Tversky A.* Subjective probability: a judgement of representativeness // *Cognitive Psychology*. – 1972. – **3**. – P. 430–454.
13. *Сорос Дж.* Алхимия финансов. – М.: Инфра-М, 1996. – 416 с.
14. *Эбелинг В., Энгель-Герберт Г.* Экстремальные принципы и теория катастроф для стохастических моделей нелинейных необратимых процессов // *Термодинамика и кинетика биологических процессов*. – М.: Наука, 1980. – С. 153–169.
15. *Cobb L., Koppstein P., Chen N.H.* Estimation and Moment recursion relations for multimodal distributions of the exponential family // *J. Am. Stat. Assoc.* – 1983. – **78**. – P. 124–130.
16. *Хайек Ф.А.* Пагубная самонадеянность: ошибки социализма. – М.: Новости, 1992. – 304 с.

Получено 01.12.2008

Об авторах:

Атоев Константин Леонович,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Института кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины,

Пепеляев Владимир Анатольевич,

доктор физико-математических наук, заведующий отделом
Института кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины.