
СОДЕРЖАНИЕ ПОНЯТИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ В СФЕРЕ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Горелова Марина Владимировна¹, канд. экон. наук, доц.

Шишкина Лариса Александровна^{1,2}, канд. экон. наук, доц.

¹ Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, Россия, 394087

² Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, Россия, 394018; e-mail: shishkina_la@econ.vsu.ru

Цель: ретроспективный анализ понятия «устойчивость» и его места в исследовании агропромышленных систем. *Обсуждение:* учитывая сложные взаимосвязи факторов, определяющих устойчивость развития сельскохозяйственного производства, их влияние в будущем прогнозируется обычно на основе ретроспективного анализа статистических данных временных рядов или с использованием экспертных оценок. Этот подход находит свое отражение в такой категории, как риск. Учет рисков позволяет предвидеть воздействие негативных событий в будущем и дает возможность создать для компенсации последствий соответствующие механизмы. *Результаты:* установлено, что для систем, функционирующих в аграрной сфере экономики, устойчивое производство имеет огромное значение. Выявлен ряд особенностей, обуславливающих меньшую устойчивость сельского хозяйства по сравнению с другими отраслями.

Ключевые слова: устойчивость, детерминизм, динамический хаос, фазовая траектория.

DOI:

Введение

Вопросы устойчивости производства являются актуальными для любых общественно-экономических формаций.

Говоря о развитии сельскохозяйственной отрасли, нельзя не учитывать ее зависимость от климатических, социально-экономических и экологических факторов.

Понятие «устойчивости» важно и применимо для любой системы, но для сельскохозяйственного производства является более сложным, чем для других секторов экономики, так как выступает, во-первых, источником основных продуктов питания; во-вторых, предприятия в современных условиях функционируют с одной лишь целью получения максимальной прибыли

как фактора, необходимого для выживания на рынке. При этом может происходить некоторый дисбаланс в структуре производства в сторону более рентабельной продукции. Такая модель поведения хозяйствующих единиц способна привести к диспропорциям в производстве, что может угрожать продовольственной безопасности страны.

История изучения устойчивости на научной основе, то есть в соответствии с законами логики и без привнесения субъективных моментов, насчитывает уже более двухсот лет. Устойчивость как явление рассматривалась и до этого, однако настоящее исследование этого феномена стало возможным только после того, как появилась возможность представить математическое описание и дать строгие количественные оценки этому явлению.

Теория устойчивого развития в последние два десятилетия стала самой популярной. Сейчас в литературе насчитывается несколько десятков определений устойчивого развития. Это отражает как сложность самого понятия, включающего экономические, экологические и социальные аспекты развития человечества, так и несовпадение взглядов ученых, предпринимателей и политиков.

Для сравнения спектра значений интересующего нас понятия обратимся к Математической энциклопедии [7, с. 559-561], где приводятся следующие определения: «Устойчивость – термин, не имеющий четко определенного содержания» и «Устойчивости теория – совокупность взглядов, представлений, идей, понятий, рассуждений, методов (содержащих определения, леммы, теоремы и доказательства), возникших и возникающих с целью изучения устойчивости движения (понимаемого в самом общем виде). Таким образом, теория устойчивости является теорией в широком смысле этого слова».

Если обратиться к результатам научных исследований устойчивости, то основной вывод, который звучит почти тривиально, можно сформулировать так: «Это явление оказалось сложным и многомерным». Сложность связана с тем многообразием проявления этого феномена, которое не позволило представить его описание в виде одного-единственного утверждения, которое могло бы вместить в себя всю суть устойчивости и ограничить его от неустойчивости. И это становится очевидным при одном взгляде на совокупность имеющихся в наличии определений устойчивости, которые к настоящему времени так и не удалось объединить в одно-единственное, «верное» (или «самое верное») определение.

Общий случай

При исследовании содержания понятия устойчивости в общем случае принято рассматривать систему, представленную совокупностью дифференциальных уравнений, записанных в форме Лагранжа или эквивалентной ей форме Гамильтона

$$\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \quad \dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

причем последнее представление считается более предпочтительным для исследования данного вопроса.

Переменные p_i и q_i называются обобщенными переменными, изменение которых во времени соответствует положению системы в пространстве исходных координат $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$, H – функция Гамильтона, в упрощенном варианте выражающая энергию системы, n – число степеней свободы.

Как известно, для получения уравнений, описывающих движение системы, необходимо задать начальные условия, которые имеют следующий вид

$$p_i(0) = p_{i0}, \quad q_i(0) = q_{i0} \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

Совокупность $p_i = p_i(t)$ и $q_i = q_i(t)$ представляют так называемую траекторию системы в пространстве обобщенных координат. Под устойчивостью траектории системы на неформальном (нестрогом) уровне можно понимать условие, означающее, что малым отклонениям (изменениям) начальных условий соответствуют малые отклонения (разбегания) траекторий.

Категория устойчивости в исторической ретроспективе

Исторически основные усилия в изучении динамических систем такого вида были направлены на то, чтобы установить признаки нарушения устойчивости системы и постараться избежать этого. Потеря устойчивости, называемая неустойчивостью, рассматривалась как крайне нежелательное свойство системы, с которым следовало бороться. Наличие неустойчивости системы оценивалось как дефект, вызванный ошибкой в описании системы, и исследования таких систем не проводились.

При этом следует отметить, что доминирующей научной парадигмой того времени, когда были начаты исследования устойчивости, был лапласовский детерминизм, суть которого, как известно, сводилась к утверждению, что если в мире всё predetermined предыдущим состоянием мира и если известны все начальные состояния динамической системы, то можно однозначно знать положение системы в будущем, как, впрочем, и в прошлом.

В конце XIX в. начинает формироваться такое математическое направление, как теория вероятностей. Истоки математических подходов к изучению случайных явлений можно проследить, начиная с XVII в. в работах И. Бернулли, П. Ферма, Б. Паскаля и Х. Гюйгенса. Однако в эти времена природа случайных событий и вероятности как таковой сводилась к уровню знаний (информированности) субъекта и не являлась чем-то присущим самой природе явлений. Случайности как таковой в строгом представлении в научной картине мира того времени не существовало. Это положение очень хорошо вписывалось в парадигму отмеченного выше лапласовского детерминизма. Впрочем, более ранние корни можно найти еще в одном из высказываний Аристотеля: «О случайном [или привходящем] не может быть знания через доказательство» [1].

В начале XX века исследованиями движения динамических систем начинает заниматься А. Пуанкаре. Как отмечается в историко-математической литературе, в его работах впервые высказывается мысль о том, что неустойчивое поведение системы следует связать с вероятностным характером поведения её траектории. Фактически Пуанкаре в результате исследований приходит к выводу, что если система неустойчива и малые изменения в начальных условиях приводят к большим отклонениям траекторий (т.н. разбеганиям траекторий), которые практически нельзя контролировать, то такое свойство динамической системы вполне может порождать явления, которые мы будем воспринимать как случайные (хаотические). Более того, детерминированное описание теряет смысл, если система демонстрирует неустойчивость, и в этом случае необходимо использовать статистические методы [4, 13].

Примерно в это же время, в 1892 г., А.М. Ляпунов [6] публикует работы по исследованию устойчивости движения, в которых в качестве основных характеристик устойчивости системы вводит свои показатели, впоследствии получившие название показателей Ляпунова. Позже было установлено, что эти показатели являются и мерой необратимости, которая характеризует скорость изменения фазового объёма.

Отметим, особо подчеркнув, что в это время философское осмысление природы вероятности проводилось в рамках лапласовского детерминизма, который покоится на утверждении, что вероятностная природа явлений никак не может быть связана детерминистским описанием. Это утверждение являлось господствующим в философских теориях довольно продолжительное время, да и сейчас еще окончательно не утратило своей научной силы. В качестве примера приведем цитату философа В.И. Купцова [5, с. 207-208]: «Вероятностно-статистические закономерности не могут быть выведены только на основании законов, выражающих однозначную детерминированность. Вероятность всегда следует только из вероятности, и если постулативно не ввести в теорию вероятностных предположений, то в рамках динамической теории они сами собой не возникнут». Приводя эти высказывания, мы лишний раз хотим подчеркнуть, насколько неожиданными для того времени были выводы математиков, доказывавших, что даже в полностью детерминированных динамических системах могут возникать хаотические (случайные) движения.

От устойчивости к динамическому хаосу

Движение системы, где впервые было обнаружено хаотическое поведение, является модель Лоренца [14]. Эта модель представляла нелинейную (что весьма существенно!) систему трёх обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, которая получалась в результате линеаризации уравнений конвекции в подогреваемом снизу слое жидкости. Численное решение этой задачи на компьютере позволило выявить установление в системе хаотического режима, статистические характеристики которого прак-

тически оставались постоянными. Графические изображения этого решения (аттрактора Лоренца) можно сейчас найти почти в каждом учебнике, где излагаются основы теории динамического (или детерминированного) хаоса, являющейся одним из разделов нелинейной динамики.

Исследования модели Лоренца послужили мощным толчком к дальнейшему развитию теории динамического хаоса. Универсальность моделей динамического хаоса позволяет обнаружить их проявление в механических осцилляторах, нервных клетках, электрических цепях, работе лазера, химических реакциях, финансовых рынках.

И. Пригожин [8], нобелевский лауреат 1977 г., в ходе исследования динамических процессов ввел понятие «диссипативные структуры», которое тесно связано с открытыми системами, обменивающимися с внешней средой веществом и энергией (модель брусселятора). Такие системы могут долгое время находиться вдали от положения статического равновесия, оставаясь устойчивыми и сохраняя при этом значения своих характеристик. Множества, к которым стремятся траектории динамической системы, называются аттракторами (калька англ. *attract* – привлекать, притягивать), в противоположность отталкивающим множествам, называемым репеллерами.

В случае, когда диссипативная система, находящаяся в устойчивом положении, проявляет хаотические свойства, это, как правило, означает наличие в ее фазовом пространстве странного (иногда говорят хаотического) аттрактора. Топологическая структура хаотических аттракторов оказалась весьма неожиданной: это были компактные, плотные в себе множества, состоящие из отдельных точек. Позднее идею, получившую всеобщее признание, рассматривать аттрактор как фрактальное множество, высказал Б. Мандельброт [15].

Однако режимы функционирования странных аттракторов оказались неустойчивыми: малые отклонения в таких режимах проявляли экспоненциальное нарастание во времени. Это характерное свойство аттракторов и было выбрано в качестве одного из критериев хаотичного движения. Другие критерии связаны со свойством транзитивности отображения и плотностью точек аттрактора. Точного математического определения понятия «хаос» не существует, и поэтому хаос рассматривают как крайнюю непредсказуемость постоянного нелинейного и нерегулярного сложного движения, возникающего в динамической системе.

Дальнейшее развитие теории динамического хаоса средствами вычислительного эксперимента показало, что траектории динамической системы могут ветвиться или как-то иначе изменяться в каждой точке. В 70-х годах сформировалась новая научная дисциплина, получившая название теории катастроф. Основная цель этой дисциплины заключается в построении математических моделей, позволяющих объяснить возникновение очень больших отклонений в системе, вызванных малыми по сравнению с ними причинами.

Установить связь теории динамических систем с анализом временных рядов позволяет идея, впервые высказанная и математически обоснованная Ф. Такенсом [17]. Согласно основному положению теории Такенса, исследование странного аттрактора системы можно проводить, если вместо динамических переменных использовать так называемые векторы задержек, которые получаются определенным образом из наблюдений временного ряда.

При этом было показано, что если требуется провести исследование временного ряда, то восстанавливать аттрактор системы не обязательно. Задачи, связанные с теорией временных рядов, например, такие как декомпозиция, прогнозирование и др., успешно могут решаться и без выписывания уравнений динамической системы в явном виде.

Кроме этого следует добавить, что большая часть авторов исследований устойчивости, представленных в нашем обзоре проанализированной литературы, склонна рассматривать и объяснять природу неустойчивости как результат воздействия случайных факторов, используя при этом статистические оценки, полученные в предположении нормальности распределения случайных величин, хотя уже к середине XX века была практически установлена несостоятельность такого утверждения.

Придерживаясь традиционной терминологии, но при этом всегда будем помнить о природе этих случайных составляющих, являющихся по своей сути хаотическими.

Переходя к непосредственному рассмотрению временных рядов, отметим, что в настоящее время принято различать два подхода: статистический, основу которого составляют вероятностные модели, и динамический, базирующийся на представлениях теории динамического хаоса, и, в частности, теории Такенса.

При изучении сложных систем, когда представить математическое описание протекающего в исследуемой системе процесса практически невозможно, приходится использовать некоторые характеристики этой системы, которые имеются в нашем распоряжении. Обычно такую характеристику рассматривают как некий сигнал динамической системы, по которому пытаются составить представление о характере процессов, протекающих в самой системе. В этом случае совокупность последовательно полученных значений сигналов динамической системы рассматривается как временной ряд.

Понятно, что наличие лишь временного ряда не может заменить знания системы дифференциальных уравнений, описывающих объект, и налагает большие ограничения на возможности точного представления системы. Однако и в этих условиях можно сделать некоторые определенные выводы о характере исследуемой системы. Раздел теории дифференциальных уравнений, в котором свойства решений уравнений изучаются без непосредственного решения самого уравнения (правда, в предположении, что решение существует), называется качественной теорией дифференциальных уравнений.

Проблема прогноза при таком подходе будет сводиться к предсказанию будущих значений наблюдаемых характеристик ряда. В настоящее время в практике прогнозирования разработано и активно используется большое число различных методов. По характеру построения прогноза все методы в зависимости от того, используют они информацию всей совокупности данных или только некоторой части, непосредственно связанной с прогнозируемым моментом, принято делить на глобальные и локальные.

Локальные методы, как правило, предполагают «старение» информации и поэтому ограничивают в расчетах количество наблюдений и/или вводят весовые коэффициенты для удаленных во времени наблюдений. Наиболее ярко эта идея представлена в адаптивных методах прогнозирования. К глобальным методам следует отнести практически все эконометрические методы: регрессионные модели, авторегрессионные модели, модели скользящего среднего и др.

Рассмотрение временного ряда как некоторой наблюдаемой характеристики динамической системы основывается на предположении, что исследуемый процесс может быть представлен в виде динамической системы, а временной ряд как раз и представляет собой траекторию (фазовую траекторию) этой системы. При этом следует принять предположение, что картину аттрактора системы можно будет представить, если исследовать совокупность точек фазового пространства, которые можно получить из точек исходного временного ряда, построив так называемые векторы задержек. Другими словами, совокупность построенных временных задержек наблюдаемой величины представляет аналог фазового пространства. Эта идея, как уже отмечалось выше, впервые была предложена в работе Ф. Такенса.

Для многих рядов зачастую можно указать некоторые границы интервала, за пределы которых значения ряда редко выходят. Эти границы условно называют уровнями поддержки и сопротивления. Поведение ряда, не выходящее за эти границы, принято называть гомодинамическим. Другими словами, изменение наблюдаемой характеристики ряда в границах гомодинамичности происходит с практически постоянным законом движения. Однако временами значения ряда преодолевают эти уровни, так сказать, пробивают их. После этого ряд может или вернуться к прежнему режиму гомодинамичности, либо перейти на другой участок гомодинамичного поведения. Прекращение режима гомодинамичного движения, как показывают исследования, может происходить или в результате внешнего воздействия, неучтенного в системе, или в результате выхода системы из области, в которой справедлива математическая формализация динамической системы.

Заключение

Установленные границы прогнозов – это границы, за которыми система теряет устойчивость. Выходы за эти границы определяются внешними условиями и мало зависят от самой системы как таковой. За этими предела-

ми лежит важный класс явлений, связанных с редкими катастрофическими событиями.

Учитывая сложные взаимосвязи факторов, определяющих устойчивость развития сельскохозяйственного производства, их влияние в будущем прогнозируется на основе ретроспективного анализа статистических данных временных рядов или с использованием экспертных оценок. Этот подход находит свое отражение в такой категории, как риск.

Учет рисков позволяет предвидеть воздействие негативных событий в будущем и дает возможность создать для компенсации последствий соответствующие механизмы.

Для систем, функционирующих в аграрной сфере экономики, устойчивое производство имеет огромное значение, что определяется спецификой самого сельскохозяйственного производства, а именно:

- сельскохозяйственное производство ведется в неконтролируемых человеком условиях, в силу чего изначально является более неустойчивым по сравнению с другими отраслями;
- процесс воспроизводства в сельском хозяйстве тесно переплетается с биологическими процессами и живыми организмами;
- значительная масса товаров, производимых сельским хозяйством, не подлежит долгому хранению и не может накапливаться в запасах;
- сроки производственных процессов весьма ограничены и обусловлены сезонностью;
- социальная структура сельскохозяйственного производства характеризуется значительной сложностью;
- уровень производительных сил значительно ниже, чем в других отраслях и т.д.

Все вышеперечисленные особенности, взятые вместе, обуславливают меньшую устойчивость сельского хозяйства по сравнению с другими отраслями и, следовательно, требуют повышенного внимания.

Список источников

1. Асмус В.Ф. *Античная философия*. Москва, Высшая школа, 1999.
2. Буховец А.Г., Некрасов Ю.В., Горелова М.В., Кораблина Н.А. Прогнозирование устойчивого производства зерна методом сингулярно-спектрального анализа // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*, 2012, по. 1, с. 138-147.
3. Верхайм П. и др. (ред.) *Агропродовольственный сектор России: на пути к рынку*. Москва, Институт экономики переходного периода, 2001.
4. Давнис В.В., Коротких В.В. *Эконометрические методы в портфельном анализе*. Воронеж, Издательский дом ВГУ, 2018.
5. Купцов В.И. *Детерминизм и вероятность*. Москва, Политиздат, 1976.
6. Ляпунов А.М. *Общая задача об устойчивости движения*. Москва–Ленинград, Гостехиздат, 1950.
7. Математическая энциклопедия. Том 5. Слу – Я. Москва, Издательство «Советская энциклопедия». Редакция математики, 1985.
8. Николис Г., Пригожин И. *Самоорганизация в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации*. Москва, Мир, 1979.

9. Хайтун С.Д. *От эргодической гипотезы к фрактальной картине мира: Рождение и осмысление новой парадигмы*. Москва, Эдиториал УРСС, 2007.
10. Шишкина Л.А., Сумина Р.С., Алейникова Н.А. Математическая модель ранжирования объектов с использованием нечетких переменных // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2014, no. 11, с. 7-14.
11. Яновский Л.П., Буховец А.Г. *Введение в эконометрику*. Москва, КНОРУС, 2010.
12. Яновский Л.П., Горелова М.В. Исследование устойчивости сельскохозяйственного производства в ЦЧР // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*, 2011, no. 4, с. 231-236.
13. Endovitsky D.A., Davnis V.V., Korotkikh V.V. On Two Hypotheses in Economic Analysis of Stochastic Processes // *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2017, vol. 8, no. 30.
14. Lorenz E.N. Deterministic non-periodic flow // *J. Atmos. Sci.*, 1963, vol. 20, no. 2, pp. 130-148.
15. Mandelbrot B.B. *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco, W.H. Freeman, 1983.
16. Opsomer J., Jensen H., Pan S. *An Evaluation of the USDA Food Security Measure with Generalized Linear Mixed Models*. CARD Working Paper 02-WP 310 prepared for Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, 2002, September.
17. Ruelle D., Takens F. On the nature of turbulence // *Communications in Mathematical Physics*, 1971, vol. 20, no. 3, pp. 167-192.

THE CONCEPT OF SUSTAINABILITY AND ITS ECONOMIC NATURE IN THE SPHERE OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Gorelova Marina Vladimirovna¹, Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.
Shishkina Larisa Aleksandrovna², Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

¹ Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great, Mitchurina st., 1 Voronezh, 394087, Russia

² Voronezh State University, University sq., 1, Voronezh, Russia, 394018; e-mail: shishkina_la@econ.vsu.ru

Purpose: the article is devoted to retrospective analysis of the concept of «sustainability» and its place in the study of agro-industrial systems. *Discussion:* the authors analyze complex interaction of factors, which determine the sustainability of agricultural production, and their future influence, which is usually forecasted with the help of retrospective analysis of time series statistics or with the use of expert estimation. This approach reflects in risk category. The authors also deal with the risk accounting, which helps to foresee the influence of future negative phenomenon and gives an opportunity to create the mechanisms for the consequence compensation. *Results:* the authors determined that sustainable production is essential for the systems operating in the agricultural sector. The authors also revealed the number of features, which cause lower stability of agriculture in comparison with other sectors.

Keywords: sustainability, determinism, dynamic chaos, phase path.

References

1. Asmus V.F. *Antichnaia filosofia* [Ancient philosophy]. Moscow, Vysshaya Shkola, 1999. (In Russ.)
2. Bukhovets A.G., Nekrasov Iu.V., Gorelova M.V., Korablina N.A. Prognostirovanie ustoichivogo proizvodstva zerna metodom singuliarno-spektral'nogo analiza. [Forecasting of sustainable grain production with singular spectrum analysis]. *Vestnik of Voronezh state agrarian university*, 2012, no. 1, pp. 138-147. (In Russ.)
3. Wehrheim P. *Russia's agro-food sector: Towards truly functioning markets Boston [etc.]*. Kluwer, 2000.
4. Davnis V.V., Korotkikh V.V. *Ekonometricheskie metody v portfel'nom analize* [Econometric tools in portfolio analysis]. Voronezh, Voronezh St. Univ. Publ., 2018. (In Russ.)
5. Kuptsov V.I. *Determinizm i veroiatnost'* [Determinism and probability]. Moscow, Politizdat, 1976. (In Russ.)
6. Liapunov A.M. *Obshchaia zadacha ob ustoichivosti dvizheniia* [General tasks of motion stability]. Moscow-Leningrad, Gostekhizdat, 1950. (In Russ.)
7. *Matematicheskaiia entsiklopediia*. Tom 5 [Mathematic encyclopedia. vol. 5]. Moscow, publishing house «Sovetskaiia encyclopedia». Mathematics editorship, 1985. (In Russ.)
8. Nikolis G., Prigozhin I. *Samoorganizatsiia v neravnovesnykh sistemakh: ot dissipativnykh struktur k uporiadochennosti*

- cherez fluktuatsii* [Self-organization in nonequilibrium systems: from dissipative structures to order through fluctuations]. Moscow, Mir, 1979. (In Russ.)
9. Khaitun S.D. *Ot ergodicheskoi gipotezy k fraktal'noi kartine mira: Rozhdenie i osmyslenie novoi paradigmy* [From ergodic hypothesis to fractal picture of the world: the Birth and comprehension of a new paradigm]. Moscow, Editorial URSS, 2007. (In Russ.)
 10. Shishkina L.A., Sumina R.S., Aleinikova N.A. Matematicheskaia model' ranzhirovaniia ob'ektov s ispol'zovaniem nechetskikh peremennykh [Mathematic model of object ranking with the use of fuzzy variable]. *Sovremennaia ekonomika: problemy i resheniia*, 2014, no. 11, pp. 7-14. (In Russ.)
 11. Ianovskii L.P., Bukhovets A.G. *Vvedenie v ekonometriku* [Foundations of econometrics]. Moscow, KNORUS, 2010. (In Russ.)
 12. Ianovskii L.P., Gorelova M.V. *Issledovanie ustoichivosti sel'skokhoziaistvennogo proizvodstva v TsChR* [The study of agricultural production sustainability in Central Black Earth Region]. *Vestnik of Voronezh state agrarian university*, 2011, no. 4, pp. 231-236. (In Russ.)
 13. Endovitsky D.A., Davnis V.V., Korotkikh V.V. On Two Hypotheses in Economic Analysis of Stochastic Processes. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2017, vol. 8, no. 30.
 14. Lorenz E.N. Deterministic non-periodic flow. *J. Atmos. Sci.*, 1963, vol. 20, no. 2, pp. 130-148.
 15. Mandelbrot B.B. *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco, W.H. Freeman, 1983.
 16. Opsomer J., Jensen H., Pan S. *An Evaluation of the USDA Food Security Measure with Generalized Linear Mixed Models*. CARD Working Paper 02-WP 310 prepared for Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, 2002, September.
 17. Ruelle D., Takens F. On the nature of turbulence. *Communications in Mathematical Physics*, 1971, vol. 20, no. 3, pp. 167-192.