

Применение теории катастроф для оценки развития агропромышленного комплекса Сибирского федерального округа

Н.С. Бондарев, к.э.н., ФГБОУ ВПО Кемеровский ГСХИ

Устойчивое развитие экономики и её отраслей является объектом первостепенной важности для государства, учёных и населения. Задача научных исследований состоит в определении устойчивости ситуации для того, чтобы она не вышла из-под контроля.

Основной вопрос, на который должны ответить методы теории катастроф, дать однозначную оценку текущего состояния АПК. Так как «с точки зрения тенденций развития агропромышленного комплекса одна группа экономистов пытается доказать, что в условиях самоуправления на базе создания различных форм частных предприятий происходит нормальный процесс адаптации сельскохозяйственных товаропроизводителей к рынку, сопровождающийся неизбежными трудностями и спадом производства» [1].

В последнее время всё большую актуальность в определении устойчивости приобретают исследования с помощью методов теории катастроф, основоположниками которой явились Р. Томм, Р. Гилмор и В. Арнольд.

Теория катастроф представляет собой исследовательскую программу (по аналогии с Эрлангенской программой Ф. Клейна) изучения и прогнозирования неустойчивости различных систем [2], так как потеря устойчивости может привести к катастрофе, результаты которой могут быть различны:

это и переход к новому витку развития (один из наилучших сценариев), разрушение системы или её гибель.

Согласно теории предполагается, что изучаемый процесс описывается при помощи некоторого числа управляющих и внутренних параметров [3] и выявить, а также спрогнозировать катастрофу системы можно на основе построения функций, учитывающих связи переменных, описывающих её поведение.

Эволюционный процесс системы описывается математически, и связь переменных представляется в виде уравнения регрессии, характер которой определяется величиной параметра a . Если этот параметр положителен, то функция носит монотонный характер, но если параметр уменьшается и достигает нулевого значения, то меняются тип функции, характер связей в системе и её поведение. Это изменение называется бифуркацией, что означает раздвоение или метаморфозу различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят.

Если параметр a положителен, но выявлена тенденция его уменьшения, то считается, что система приближается к катастрофе. Катастрофой называется скачкообразное изменение системы в виде внезапного ответа системы на плавные изменения внешних условий. При изучении системы с помощью данного подхода можно выявить условия и возможные сроки наступления катастрофы и

соответственно появляется возможность оценить её вероятные последствия.

Если установлено, что связи между переменными, характеризующими поведение системы, могут быть описаны уравнениями определённого вида, то можно утверждать о наличии неустойчивости и катастрофы системы. Приведём ниже уравнения, описывающие катастрофы и их формы согласно классификации Р. Тома и В.И. Арнольда [3].

1. Каспоидные катастрофы (связанные с неустойчивостью связи переменной x_1 со всеми другими переменными). В соответствии с данной классификацией выделяют следующие основные формы:

– тип складка: $F = x_1^3 + a_1x_1 + M$; (1)

– тип сборка: $F = \pm(x_1^4 + a_2x_1^2 + a_1x_1) + M$. (2)

2. Омбилические катастрофы (связанные с неустойчивостью связи двух переменных x_1 и x_2 со всеми другими переменными):

– тип эллиптическая омбилика:

$$F = x_1^2x_2 - x_2^3 + a_3x_1^2 + a_2x_2 + a_1x_1 + N; \quad (3)$$

– тип вторая эллиптическая омбилика:

$$F = x_1^2x_2 - x_2^5 + a_5x_1^5 + a_4x_2^2 + a_3x_1^2 + a_2x_2 + a_1x_1 + N, \quad (4)$$

где F – функция, которая может быть приравнена к ещё одной переменной или любой постоянной величине;

x – взаимосвязанные переменные, характеризующие систему;

a – параметры, значения которых определяют возможность наступления катастрофы;

M – функция вида $x_2^2 + \dots + x_i^2 - x_{i+1}^2 - \dots - x_n^2$, ($1 \leq i \leq n$);

N – функция вида $x_3^2 + \dots + x_i^2 - x_{i+1}^2 - \dots - x_n^2$, ($2 \leq i \leq n$).

Определение возможности наступления катастрофы возможно, если можно получить регрессионные уравнения связей в системах и сравнить их уравнениями устойчивых связей.

Уравнения устойчивых связей имеют вид:

для каспоидных связей

$$F = x_1 + x_1^2 + M; \quad (5)$$

для омбилических связей

$$F = x_1 + x_2 + x_1x_2 + x_2^2 + x_1^2 + N. \quad (6)$$

Дальнейшее действие сводится к сравнению уровней детерминации уравнений устойчивых связей и уравнений катастроф. Если уровень детерминации устойчивых связей значительно выше уровня детерминации уравнений катастроф, то система развивается устойчиво и наоборот – если уровень детерминации уравнений катастроф выше, чем уравнений устойчивых связей, то система находится в неустойчивом состоянии.

Однако показателей развития отрасли может быть достаточно большое количество, поэтому ограничимся параметрами, которые в наибольшей степени характеризуют изменения. С точки зрения многих исследователей, основной показатель развития отрасли – это национальный доход (НД) (при анализе систем в разрезе страны) [4] или валовой региональный продукт (ВРП) (при анализе отраслевых или региональных систем) [5]. При этом данные показатели тесно зависят от производства и капиталовложений (инвестиций) (теснота связи по коэффициенту корреляции достигает 0,99).

В приведённых трудах в первом случае на прирост НД оценено влияние темпов прироста предметов потребления и капиталовложений, во втором – на прирост ВРП оценено влияние среднедушевых доходов населения. Исследование отрасли требует уточнения параметров и модификации уравнения оценки устойчивости агропромышленного комплекса (АПК) региона или округа (в исследовании – Сибирский федеральный округ (СФО) в следующем виде:

$$GRP_a = f(p_a, i_a), \quad (7)$$

где GRP_a – годовой прирост валового регионального продукта (ВРП) отрасли АПК, %;

p_a – годовой прирост производства продукции отрасли, %;

i_a – годовой прирост инвестиций в отрасль, %.

На основании выбранных показателей необходимо построить регрессионные модели устойчивого развития и регрессионные модели катастроф.

Для сравнительной оценки определим коэффициент детерминации моделей (R^2), уровень значимости (F), а в случае наличия устойчивости определим один из флагов модели – дисперсию (V).

Для сокращения расчётов сначала произведём построение уравнений регрессии для каспоидных связей, в случае невозможности построения адекватных моделей рассчитаем регрессии омбилических связей.

Период исследований для оценки параметров ограничим с 1999 г., для того, чтобы исключить влияние кризисного 1998 г. (табл. 1) [6].

Рассчитав необходимые показатели, переходим к построению регрессионных моделей, используя метод наименьших квадратов. Для упрощения расчётов воспользуемся программным продуктом Statistica 12 и модулем «Анализ данных» программного средства Microsoft office Excel 2010, указываем отсутствие дополнительного параметра (отсутствие пересечения с осью y), так как в теории катастроф именно параметр 0 определяет катастрофу.

При выборе двух параметров (они необходимы для расчёта омбилических связей) оценим их влияние на функцию на основе регрессии и получаем следующие уравнения регрессии:

1. Исходные данные темпов прироста для построения регрессионных моделей, %

Год	Темп прироста ВРП отрасли АПК		Темп прироста производства продукции АПК		Темп прироста инвестиций в отрасль	
	СФО	Кемеровская область	СФО	Кемеровская область	СФО	Кемеровская область
2000	40,82	16,55	32,62	13,21	40,53	20,73
2001	22,86	10,90	22,98	11,40	53,20	21,94
2002	3,93	17,15	3,18	10,56	31,53	6,89
2003	12,69	16,36	13,09	28,24	11,96	44,88
2004	38,08	27,07	15,11	15,87	-33,79	32,00
2005	0,34	0,96	5,05	6,40	-1,46	22,94
2006	20,05	20,44	15,09	25,62	46,39	87,41
2007	20,67	8,71	21,20	10,45	47,56	25,47
2008	8,43	44,28	15,31	34,17	15,76	0,00
2009	12,16	-8,41	5,82	-2,32	-19,34	-48,68
2010	3,72	18,30	6,73	5,63	6,33	25,35
2011	16,08	12,76	11,80	11,21	54,11	63,75
2012	-11,41	-13,55	-2,93	-0,32	-2,26	-3,05

2. Параметры уравнений регрессии

Параметр	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%
Для Кемеровской области						
Переменная p_a	1,1101	0,2058	5,3951	0,0002	0,6572	1,5629
Переменная i_a	-0,0300	0,0875	-0,3425	0,7384	-0,2227	0,1627
Для Сибирского федерального округа						
Переменная p_a	1,4416	0,1709	8,4341	0	1,0654	1,8178
Переменная i_a	-0,1587	0,0792	-2,0049	0,0702	-0,3329	0,0155

для Кемеровской области:

$$GRP_a = 1,11p_a - 0,029i_a, \quad R^2 = 82,91\%, F = 9,78081e^{-5}; \quad (8)$$

для СФО по двум переменным:

$$GRP_a = 1,441p_a - 0,158i_a, \quad R^2 = 90,24\%, F = 5,76247e^{-6}. \quad (9)$$

Приведём некоторые параметры уравнения регрессии с точностью до четырёх знаков после запятой (табл. 2).

Полученные значения позволяют оценить модели: P – значение менее 15%, значит, коэффициенты в модели являются значимыми; уровень значимости F значительно меньше нуля, т.е. качество уравнения хорошее; коэффициент R^2 достаточно высок, т.е. уравнением можно пользоваться и переменные подобраны верно. Условия удовлетворительны, поэтому другие типы регрессии определять не будем.

Рассчитаем модели устойчивого развития для каспидных связей по каждому из параметров.

Для Кемеровской области:

по параметру p_a :

$$GRP_a = 1,274p_a - 0,008p_a^2, \quad R^2 = 83,14\%, F = 9,13e^{-5}; \quad (10)$$

по параметру i_a :

$$GRP_a = 0,338i_a - 0,00067i_a^2, \quad R^2 = 38,03\%, F = 0,075. \quad (11)$$

Для СФО:

по параметру p_a :

$$GRP_a = 1,276p_a - 0,003p_a^2, \quad R^2 = 86,71\%, F = 2,73e^{-5}; \quad (12)$$

по параметру i_a :

$$GRP_a = -0,307i_a + 0,016i_a^2, \quad R^2 = 71,17\%, F = 0,001. \quad (13)$$

В обоих случаях – и для Кемеровской области, и для Сибирского федерального округа – представленные модели не соответствуют модели устойчивого развития, т.е. катастрофа в сфере АПК уже случилась.

Выполним расчёт омбилических связей устойчивого развития.

Для Кемеровской области:

$$GRP_a = 1,43p_a + 0,12i_a - 0,018p_a i_a + 0,0018i_a^2 - 0,05p_a^2, \quad R^2 = 89,22\%, F = 0,0018. \quad (14)$$

Для СФО:

$$GRP_a = 0,6p_a - 0,095i_a - 0,018p_a i_a + 0,007i_a^2 - 0,034p_a^2, \quad R^2 = 96,73\%, F = 3,02e^{-5}. \quad (15)$$

Омбилические связи устойчивого развития также не соответствуют базовым моделям, при этом все их параметры гораздо точнее, чем для каспидных связей, поэтому упор в исследовании нужно сделать именно на анализе катастроф по

данному типу. В целом для исследований очень важно, какому типу неустойчивых связей соответствует катастрофа, для того чтобы управлять представленными параметрами и прогнозировать возможные траектории развития.

Все каспидные уравнения катастроф не соответствуют базовым, причём для Кемеровской области связи гораздо неустойчивей. Выполним расчёты по омбилическим катастрофам.

Рассмотрим вторые эллиптические и гиперболические омбилики.

Для Кемеровской области:

$$GRP_a = 0,001p_a^2i_a - 0,000000007i_a^5 + 0,000002p_a^5 + 0,001i_a^2 + 0,1p_a^2 + 0,09i_a + 0,32p_a, \\ R^2 = 90,93\%, F = 0,015. \quad (16)$$

Для СФО:

$$GRP_a = 0,0002p_a^2i_a - 0,00000002i_a^5 + 0,0000007p_a^5 + 0,01i_a^2 + 0,01p_a^2 + 0,24i_a + 1,05p_a, \\ R^2 = 97,37\%, F = 0,0007. \quad (17)$$

Полученные уравнения соответствуют кризисной модели – вторая эллиптическая омбилика.

Таким образом, в нашем случае сложившаяся ситуация в сфере АПК Кемеровской области и Сибирского федерального округа, описанная зависимостью темпов прироста ВРП отрасли от темпов прироста производства и инвестиций, с точки зрения теории катастроф подпадает под модель типа второй эллиптической омбилики. То есть математические методы теории катастроф однозначно трактуют сложившуюся ситуацию в экономике АПК как катастрофу, что уже не может быть проигнорировано со стороны государства, так как сложившаяся катастрофическая ситуация не может быть преодолена самостоятельно институциональными субъектами АПК без внешнего вмешательства.

Литература

1. Першукевич П.М. АПК Сибири: тактика и стратегия экономических реформ. Новосибирск: РАСХН; Сиб. отд-ние СибНИИЭСХ, 2003. 420 с.
2. Пилмор Р. Прикладная теория катастроф: в 2-х кн. Т. 1 / Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 350 с.
3. Арнольд В.И. Теория катастроф. М.: Наука, 1990. 128 с.
4. Басовский Л.Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 1999. 260 с.
5. Акбердин В.В., Гребенкин А.В. Синергетический подход к инвестиционному росту: современный ответ кейнсианской теории // Журнал экономической теории. 2009. № 2. С. 80–85.
6. Регионы России. Социально-экономические показатели (раздел 12). 2013: стат. сб. / Росстат. М., 2013. 990 с.