

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ

*Кандаты техн. наук, доценты ЛАПТЕНОК С. А., ДОРОЖКО С. В.,  
докт. техн. наук, проф. БУБНОВ В. П., канд. техн. наук, доц. АРСЮТКИН Н. В.*

*Белорусский национальный технический университет*

Предельные (финальные) уровни развития технологических и социально-экономических систем, обусловленные неизменными техническими и организационно-правовыми базисами, характеризуются, в частности, темпами роста показателей, являющихся мерой их эффективности (КПД, рентабельность, энерго- и материалоемкость и т. д.). Данные общесистемные свойства должны, безусловно, учитываться в управлении и регулировании систем. Выход систем на финальные уровни переводит их в режим чистого функционирования, когда факторы развития оказываются исчерпанными. Любому объекту или процессу свойственны определенные соотношения и пропорции между финальными уровнями и скоростью их достижения. Признание финальности имеет значимую информационную ценность, так как является показателем свободного выбега системы на внешнее воздействие. С этой точки зрения одним из важнейших свойств систем и процессов, обладающих признаками системности, является свойство эквифинальности.

Эквифинальность представляет собой динамическое свойство системы, характеризующее возможность ее перехода из различных начальных состояний в единственное конечное (финальное) состояние через различные цепочки промежуточных состояний. В качестве примера эквифинальных процессов можно представить процессы достижения заданного уровня контрольного показателя функционирования системы при различных темпах прироста.

При решении задач экологического менеджмента такими контрольными показателями могут являться прирост рентабельности за счет

снижения ставок экологического налога, уменьшение материало- и энергоемкости продукции и т. п. Заданные уровни показателей могут быть достигнуты в установленные сроки путем проведения ряда природоохранных, энерго- и ресурсосберегающих мероприятий, мероприятий по совершенствованию обращения с отходами в различных комбинациях и последовательности, что обусловит различные темпы прироста показателей в промежуточные моменты времени. Однако финальный уровень каждого показателя по заданию является для любой схемы постоянной величиной.

Подобные процессы адекватно описываются так называемыми функциями с насыщением. Свойствами такой функции обладает, в частности, функция гиперболического тангенса  $\text{th}$  (1) в верхнем правом квадранте [1]. Очевидно, что в данной области значения  $\text{th}$  изменяются в пределах от 0 до 1 при изменении аргумента от 0 до  $\infty$

$$\text{th}x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}. \quad (1)$$

Обратной функцией гиперболического тангенса  $\text{th}$  является гиперболический арктангенс  $\text{arth}$ , который вычисляется по формуле

$$\text{arth}x = \ln \left( \frac{\sqrt{1-x^2}}{1-x} \right) = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1+x}{1-x} \right). \quad (2)$$

Использование в прогнозном планировании анализа гиперболических функций, т. е. преобразования исходных данных в плоскости гиперболического тангенса, позволяет в функ-

циональной зависимости оценить организационно взаимосвязанные показатели: намечаемые уровни развития, время достижения намеченных уровней и необходимые темпы для их достижения.

Так, при определении необходимых темпов прироста для достижения заданного уровня ежегодного увеличения показателя в процентах  $K\%$  за период  $t$  лет при исходном ежегодном увеличении  $K_0$  можно воспользоваться следующим алгоритмом.

Значение заданного темпа прироста показателя выражается в долях исходного темпа прироста  $K_0$

$$K = \frac{K_0 + K\%}{K_0}. \quad (3)$$

Значение, обратное  $K$  ( $1/K$ ), принимается в качестве значения гиперболического тангенса  $\text{th}$  аргумента  $\omega$ , представляющего собой величину угла в радианах.

Финалом процесса будет являться выход на заданный уровень прироста, т. е. значение  $K$  максимально приблизится «сверху» к предельному значению, равному 1. По произвольно задаваемому финальному уровню величины  $1/K_{\text{lim}}$  (например, 0,95; 0,975; 0,99–95; 97,5; 99 % соответственно) определяется предельное значение  $\omega$ , равное  $\omega_{\text{lim}}$ :

$$\omega_{\text{lim}} = \text{arth} \frac{1}{K_{\text{lim}}}. \quad (4)$$

Для значений прироста по заданию  $\omega$ , предельного уровня  $\omega_{\text{lim}}$  и времени, отведенному на выполнение задания  $t$ , можно записать

$$\omega_{\text{lim}} = \omega Y_{\omega}^t, \quad (5)$$

где  $Y_{\omega}^t$  – темп прироста  $\omega$ . Откуда

$$Y_{\omega} = \sqrt[t]{\frac{\omega_{\text{lim}}}{\omega}}. \quad (6)$$

В целях повышения качества исследования для дальнейшего анализа используется ряд значений  $Y_{\omega}$ , близких к расчетному.

Далее по годам рассчитываются значения  $\omega_t = \omega Y_{\omega}^t$  и соответствующие им значения  $\text{th}\omega_t$ . Графическое представление временной динамики значений  $\text{th}\omega_t$  позволяет визуальн

делить оптимальное значение  $Y_{\omega}$ , при котором возможно достижение установленного в задании уровня в заданные сроки. Затем для каждого года определяются темпы прироста показателя  $Y_{\text{пок}}$ , обеспечивающие выполнение задания.

Описанный метод использовался для планирования мероприятий по повышению темпов роста рентабельности предприятия за счет снижения затрат, связанных с различными видами экологических выплат (налоги, штрафы и др.).

Анализировались три варианта задания, в каждом из которых предусматривалось обеспечение прироста показателя за пять лет на 15, 20 и 25 % соответственно по отношению к исходному значению прироста. Для каждого из вариантов задания принимали различные предельные уровни относительно установленного заданием значения прироста – 99; 97,5 и 95 % ( $\omega_{\text{lim}1} = 2,65$ ;  $\omega_{\text{lim}2} = 2,18$ ;  $\omega_{\text{lim}3} = 1,83$ ). Полученные результаты представлены в табл. 1–3 и на рис. 1–3.

**Вариант 1:**  $K = 1,15$ ;  $t = 5,00$ ;  $1/K = 0,87$ ;  $\omega = 1,33$ ;  $Y_{\omega 1} = 1,15$ ;  $Y_{\omega 2} = 1,10$ ;  $Y_{\omega 3} = 1,07$ .

Таблица 1

Результаты расчета темпов прироста рентабельности до 15 % в течение пяти лет

| $t$ , лет                  | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $Y_{\text{пок } 1,15, \%}$ | 1,035<br>3,5 | 1,025<br>2,5 | 1,016<br>1,6 | 1,010<br>1,0 | 1,005<br>0,5 | 1,002<br>0,2 | 1,001<br>0,1 |
| $Y_{\text{пок } 1,10, \%}$ | 1,028<br>2,8 | 1,023<br>2,3 | 1,017<br>1,7 | 1,014<br>1,4 | 1,009<br>0,9 | 1,007<br>0,7 | 1,004<br>0,4 |
| $Y_{\text{пок } 1,07, \%}$ | 1,021<br>2,1 | 1,019<br>1,9 | 1,016<br>1,6 | 1,013<br>1,3 | 1,012<br>1,2 | 1,008<br>0,8 | 1,008<br>0,8 |

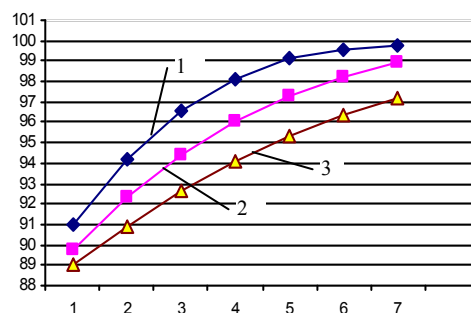


Рис. 1. Значения  $\text{th}\omega \cdot 100\%$  от предельного заданного уровня ( $t = 5$  лет;  $K = 1,15$ ): 1 –  $Y = 1,15$ ; 2 –  $1,10$ ; 3 –  $1,07$

**Вариант 2:**  $K = 1,20$ ;  $t = 5,00$ ;  $1/K = 0,83$ ;  $\omega = 1,20$ ;  $Y_{\omega 1} = 1,17$ ;  $Y_{\omega 2} = 1,13$ ;  $Y_{\omega 3} = 1,09$ .

Таблица 2

Результаты расчета темпов прироста рентабельности до 20 % в течение пяти лет

| $t$ , лет                  | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $Y_{\text{пок } 1,17}, \%$ | 1,047<br>4,7 | 1,032<br>3,2 | 1,021<br>2,1 | 1,012<br>1,2 | 1,006<br>0,6 | 1,003<br>0,3 | 1,001<br>0,1 |
| $Y_{\text{пок } 1,13}, \%$ | 1,041<br>4,1 | 1,031<br>3,1 | 1,023<br>2,3 | 1,016<br>1,6 | 1,011<br>1,1 | 1,006<br>0,6 | 1,004<br>0,4 |
| $Y_{\text{пок } 1,09}, \%$ | 1,031<br>3,1 | 1,026<br>2,6 | 1,023<br>2,3 | 1,017<br>1,7 | 1,015<br>1,5 | 1,010<br>1,0 | 1,008<br>0,8 |

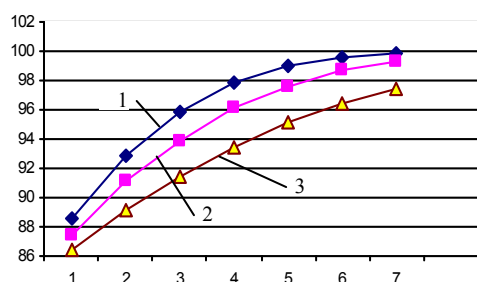


Рис. 2. Значения  $th\omega \cdot 100\%$  от предельного заданного уровня ( $t = 5$  лет;  $K = 1,20$ ): 1 –  $Y = 1,17$ ; 2 –  $1,13$ ; 3 –  $1,09$

**Вариант 3:**  $K = 1,25$ ;  $t = 5,00$ ;  $1/K = 0,80$ ;  $\omega = 1,10$ ;  $Y_{\omega 1} = 1,19$ ;  $Y_{\omega 2} = 1,15$ ;  $Y_{\omega 3} = 1,11$ .

Таблица 3

Результаты расчета темпов прироста рентабельности до 25 % в течение пяти лет

| $t$ , лет                  | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $Y_{\text{пок } 1,19}, \%$ | 1,059<br>5,9 | 1,040<br>4,0 | 1,025<br>2,5 | 1,014<br>1,4 | 1,006<br>0,6 | 1,003<br>0,3 | 1,001<br>0,1 |
| $Y_{\text{пок } 1,15}, \%$ | 1,053<br>5,3 | 1,039<br>3,9 | 1,028<br>2,8 | 1,019<br>1,9 | 1,012<br>1,2 | 1,006<br>0,6 | 1,004<br>0,4 |
| $Y_{\text{пок } 1,11}, \%$ | 1,042<br>4,2 | 1,035<br>3,5 | 1,029<br>2,9 | 1,021<br>2,1 | 1,017<br>1,7 | 1,011<br>1,1 | 1,009<br>0,9 |

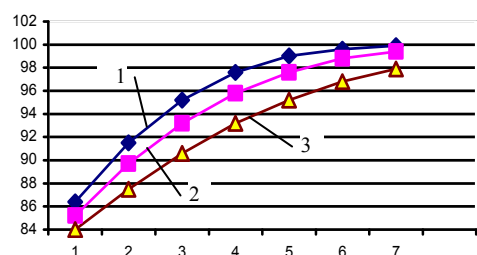


Рис. 3. Значения  $th\omega \cdot 100\%$  от предельного заданного уровня ( $t = 5$  лет;  $K = 1,25$ ): 1 –  $Y = 1,19$ ; 2 –  $1,15$ ; 3 –  $1,11$

Полученные результаты позволяют оценить принимаемое управленческое решение с точки зрения возможности достижения установленных заданием показателей в течение запланированного периода при различных приближениях с соответствующими темпами прироста.

На их основании специалисты могут соотнести имеющиеся и потенциальные ресурсы предприятия и темпы прироста, которые должны быть обеспечены. При несоответствии возможностей предприятия устанавливаемым заданиям и темпам должна быть произведена корректировка задания либо приняты меры, позволяющие расширить возможности предприятия (модернизация оборудования, совершенствование технологии, оптимизация штатной структуры и нормативной базы и др.).

## ВЫВОДЫ

Очевидно, что в концептуальном методологическом плане предлагаемый метод не отрицает, а дополняет другие методы и подходы, используемые в практике управления. Можно заключить, что данный подход позволяет в единстве и органичной целостности анализировать задания (планы) уровня развития, сроки реализации заданий и необходимые для этого темпы развития. Полученные оценки могут служить исходной базой при экспертном оценивании и прогнозировании конкретных показателей [2, 3]. Аналитическая группа, проводящая подготовительные мероприятия по экспертному прогнозированию, предоставляет экспертам результаты оценивания по изложенному методу для внесения корректив по срокам, темпам и уровням развития, внесения аргументированных предложений по осуществлению подготовительных мероприятий. Таким образом, специалисты-эксперты могут формировать свои суждения на более надежной, обоснованной платформе, что обеспечит повышение уровня конкордации экспертных оценок и эффективности экспертиз.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шерватов, В. Г. Гиперболические функции / В. Г. Шерватов // Популярные лекции по математике. – Вып. 16. – М.: Гостехиздат, 1954. – 58 с.
2. Арсюткин, Н. В. Материалоёмкость и ресурсосбережение в национальной экономике (Республика Беларусь) / Н. В. Арсюткин. – Минск: Право и экономика, 2006. – 105 с.
3. Арсюткин, Н. В. Экспертный подход к анализу динамических процессов / Н. В. Арсюткин, С. А. Лаптенко, И. В. Лазар // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. – 2007. – № 2. – С. 14–16.

Поступила 11.01.2010