

УДК 658.52.011

## ЭНТРОПИЙНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОЦЕНКЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ФАКТОРОВ В МОДЕЛЯХ АНАЛИЗА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

*О.В. Малеева, канд. техн. наук, О.В. Максименко  
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*

Предлагается схема анализа достоверности исходной информации. Изложена методика оценки информативности факторов в моделях анализа технико-экономических показателей инновационных проектов.

\* \* \*

Пропонується схема аналізу вірогідності вихідної інформації. Викладено методику оцінки інформативності факторів у моделях аналізу техніко-економічних показників інноваційних проєктів.

\* \* \*

In the article the schema of the analysis of veracity of an input information is offered. The technique of an estimation of self descriptiveness of the factors in models of the analysis of overall economics innovation projects is set up.

**Актуальность.** Для успешного развития экономики Украины на современном этапе необходимо создание новых технологий и разработок, что приводит к стимуляции внедрения инновационных проектов. В настоящее время существует большое количество методов оценки и прогнозирования технико-экономических показателей нововведений на различных этапах инновационного проектирования [1 - 3]. В научной литературе слабо освещён вопрос выбора методов в зависимости от этапа проектирования. В источниках [1 - 5] приведены рекомендации по выбору методов, однако они не исчерпывают проблему полностью. Обзор источников и рекомендации по допустимой точности результирующих показателей в зависимости от этапов управления проектом были опубликованы в статьях [2, 6]. Однако эффективность применения того или иного метода зависит от множества факторов. Один из наиболее важных – достоверность результатов. Процедура выбора метода является творческой и неформализуемой и представляет собой наиболее сложную проблему в общем комплексе проблем анализа и прогнозирования технико-экономических показателей нововведений. Для её решения необходимо провести анализ достоверности результатов, полученных в результате проектирования и оценки

нововведений. Методы анализа технико-экономических показателей инновационного проекта выбираются в зависимости от этапа разработки проекта и имеющейся информации. От правильного выбора метода существенно зависит достоверность полученных результатов.

**Постановка задачи.** Задача состоит в том, чтобы оценить информативность факторов в моделях анализа технико-экономических показателей инновационных проектов. Подходы к решению таких задач можно обнаружить в теории информации и теории анализа данных [1, 7].

Вероятностный характер образования погрешностей экономических показателей позволяет рассматривать их как случайные величины, характеристикой которых является распределение вероятности этих величин. Величина самой погрешности изменяется в зависимости от случайного изменения факторов, внешних условий, характера измерений, т. е. в этом случае погрешности будут носить характер случайных функций или случайных процессов. Таким образом, наиболее полной характеристикой погрешностей показателей является изучение их распределений в статике и динамике и статистические оценки в виде математического ожидания, дисперсий, корреляционной функции, спектра дис-

персий и др.

На ранних стадиях проектирования нового изделия необходимо иметь выражения таких выходных (результатирующих) показателей, как объём или себестоимость продукции через входные показатели: количество работников, тип сырья, количество и качество оборудования; эффективность производства через объём реализованной продукции, рентабельность, себестоимость продукции и т.п. [7].

Ранее для представления качественных данных использовался тот же язык, что и для количественных признаков, – язык многомерных распределений и плотностей. Сейчас успешно используются модели и методы анализа данных, основанные на адекватном количественном представлении качественной информации. Имеются три основные модели для качественных данных [7]:

- распределения признаков (многомерные таблицы сопряженности);
- таблицы объект-признак;
- матрицы связи между объектами.

Выбор шкалы измерения всех показателей необходимо осуществлять на этапе предварительного анализа (рисунок). При этом следует учитывать, что часть показателей имеет установившиеся шкалы измерений, для другой части приходится решать вопросы выбора шкалы. Необходимо устанавливать такие градации шкал измерения, которые обеспечивали бы минимальные потери информации для удовлетворения требований, обеспечивающих корректное применение метода. Проблема адекватности должна неизменно рассматриваться при выборе шкал переменных и определении допустимых действий и преобразований над ними. В противном случае полученные результаты и сделанные выводы могут быть ошибочными.

Наиболее часто встречающиеся в экономических исследованиях шкалы приведены в таблице.

Если показатель качественный, то возникает необходимость перевода его на численный язык.

Даже если показатель вполне конкретно и адекватно отображает реальное явление, «перевод» его на численный язык статистики или перекодирование с языка слов на язык цифр может оказаться неудовлетворительным. Совпадение качественного понятия и его численного значения может произойти в том случае, если измерительный аппарат (в частности, измерительные шкалы) будет в состоянии точно объяснить и описать соответствующие свойства изучаемого объекта. Измеряемое свойство, которым здесь непосредственно может выступать «количество и качество оборудования», «квалификация работников», всегда значительно богаче, чем возможности измерительного аппарата, поэтому практически неизбежно несовпадение или так называемое «смещение» в содержании количественного показателя по сравнению с содержанием соответствующего качественного показателя.

Тип признака	Тип шкалы	Допустимое преобразование	Пример
Качественный признак	Номинальная (классификационная)	$x: \mathcal{R} \rightarrow B_x$	“пол”, “профессия”
	Ранговая (порядковая). Шкалы доминирования (направленные) и похожести (ненаправленные)	$\varphi(x)$ монотонно возрастает либо монотонно убывает	“очень нравится”, “нравится”, “всё равно”, “не нравится”, “очень не нравится”
Количественный признак	Шкала наименований и классификаций (абсолютная)	$\varphi(x) = x$	“пол” (мужской – 0, женский – 1)
	Интервальная	$\varphi(x) = \alpha x + \beta$ , $\alpha > 0$ , $\beta$ – любое	Шкала измерения времени
	Шкалы подобий (пропорциональные, отношений)	$\varphi(x) = \alpha x$	Масса, длина и т.п.

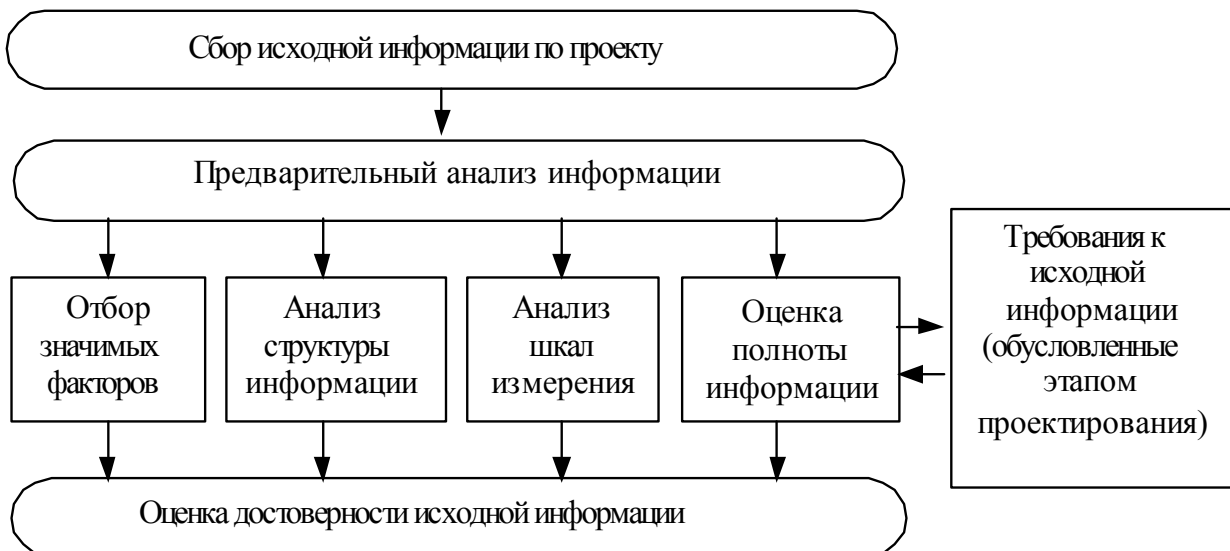


Схема предварительного анализа исходной информации для оценки технико-экономических показателей инновационных проектов.

Перевод количественного признака в качественную форму также сопряжен с потерей информации. Если рассматривать номинальные признаки как категоризованные, огуленные количественные, то при стремлении к нулю интервалов разбиения оси значений: количественного признака на качественные градации, параметры качественной модели.

Математические модели, используемые в методах оценки технико-экономических показателей, предъявляют определённые требования к исходным данным. Например, методы, использующие аппарат математической статистики, требуют от исходных данных, чтобы они были объективными, сопоставимыми, достаточно представительными для проявления закономерности, однородными и устойчивыми. Одной из важнейших проблем, возникающих при выборе методов оценки проектов, является оценка исходной информации. На рисунке показана схема предварительного анализа исходной информации, предшествующего выбору метода оценки технико-экономических параметров инновационного проекта. Предварительный анализ необходимо выполнять для определения соответствия имеющихся данных тем требованиям, которые предъявляют к ним методы. При этом проводится отбор значимых для данной задачи факторов, анализ структуры информа-

ции, шкал измерения, оценка полноты информации.

При отборе значимых факторов решается вопрос о выборе показателей, наиболее полно характеризующих проектируемое нововведение и оказывающих влияние на результирующие технико-экономические показатели.

Анализ структуры информации представляет собой анализ сопоставимости, однородности, точности исходных данных. Исследуется количество входных показателей и способы их описания.

Анализ шкал измерения подразумевает проверку соответствия видов входных показателей видам применяемых для их описания шкал, а также проверку адекватности числовых утверждений. Например, в исследовании перспективности новых образцов техники приводится числовое утверждение такого вида: отношение предельно допустимой температуры эксплуатации нового образца к лучшему из существующих зарубежных образцов составляет 1,1. В утверждении неизвестна шкала измерения показателя (в данном случае, температуры), что может привести к неадекватности числового утверждения. Для проверки адекватности числовых утверждений целесообразно сгруппировать все переменные по типам шкал, применяемых для их измерения, и определить допустимые преобразования и

действия для каждой группы. В случае выявления неадекватных выражений необходимо, если это возможно, заменить способ измерения и шкалу переменной.

Оценка полноты информации должна происходить в соответствии с требованиями, обусловленными этапом проектирования. Оценивается качество входных показателей с точки зрения их информативности для описания результирующих технико-экономических показателей.

Результат прогнозирования и оценки технико-экономических параметров инновационного проекта является величиной факторной. Он зависит от цели расчёта и от того, насколько полно учтены факторы данного процесса. При этом критерием точности расчёта не всегда является истинная фактическая величина параметра. Результат расчёта, основанный на учёте нескольких факторов, не может претендовать на согласие с фактическим результатом, сложившимся под влиянием всего многообразия реальных факторов и условий [9]. Показатель точности и надёжности должен свидетельствовать о степени соответствия (определённости, адекватности, изоморфности) нашего знания объекту проектирования или другому критерию достоверности. В общем виде такой показатель должен характеризовать соотношение меры имеющейся информации об объекте  $y$  по известным факторам  $x$ , т. е.  $I_x(y)$ , и той неопределённости, которая осталась после учёта факторов  $x$  и вызвана средним влиянием всех неучтённых факторов, т. е. условной энтропией  $y$  относительно  $x$ , а именно  $H(y/x)$ . Полная информация системы при этом равна:

$H(y) = I_x(y) + H(y/x)$ . Относительной мерой

определённости таких значений является  $\frac{I_x(y)}{H(y)}$ , а

мерой неопределённости –  $\frac{H(y/x)}{H(y)}$ . В количественных расчётах эта неопределённость обуслови-

вает погрешность расчёта.

Для определения понятия «информация», «информативность признака» будем использовать информационные статистики и «энтропии» Шеннона [1, 8, 10].

Пусть рассматриваются два показателя  $x_L$  и  $x_S$  ( $L, S = \overline{1, N}$ ), описывающих состояние объекта оценки, который может оказаться в одном из  $m$  диапазонов некоторого результирующего (выходного) показателя  $y$ . Априорные вероятности отнесения к каждому диапазону  $P(\Omega_j)$  заданы плотностями распределения значений показателей  $f(x_L)$  и  $f(x_S)$ ,  $j = \overline{1, m}$ . Априорная неопределённость  $y$ , т. е. его энтропия

$$H(y) = -\sum_{i=1}^m P(\Omega_j) \log P(\Omega_j).$$

Если показатель  $x_L$  принимает дискретные значения с вероятностями

$$P(x_{Lk}) = \sum_{j=1}^m P(\Omega_j) P(x_{Lk} / \Omega_j), \quad k = \overline{1, n_L},$$

то полная условная энтропия  $y$  при изменении всех возможных значений признака  $x_L$ :

$$H(y/x_L) = -\sum_{j=1}^m P(\Omega_j) \sum_{k=1}^{n_L} \sum_{i=1}^m P(x_{Lk} / \Omega_j) \times \\ \times P(\Omega_j / x_{Lk}) \log P(\Omega_j / x_{Lk}).$$

Количество информации, получаемое при использовании показателя  $x_L$  для описания объекта исследования

$$I(x_L) = H(y) - H(y/x_L) = -\sum_{i=1}^m P(\Omega_i) \log P(\Omega_i) + \\ + \sum_{j=1}^m P(\Omega_j) \sum_{k=1}^{n_L} \sum_{i=1}^m P(x_{Lk} / \Omega_j) P(\Omega_j / x_{Lk}) \times \\ \times \log P(\Omega_j / x_{Lk}).$$

Это соотношение называется энтропией признака, т. е., аналогично с дисперсией, мерой неопре-

делённости качественных и количественных показателей. По Шеннону, энтропия характеризует среднее количество информации, содержащееся в данном показателе, т. е. его информативность.

Определив для каждого из входных показателей величины  $I(x_i)$ , будем считать, что качество показателя для описания объекта тем выше, чем больше величина  $I(x_i)$ . При последовательном сравнении двух показателей  $x_L$  и  $x_S$  принимается, что качество показателя  $x_L$  больше, чем  $x_S$ , если выполняется условие  $I(x_L) > I(x_S)$ .

Оценка качества входных показателей с точки зрения их информативности для описания результирующих технико-экономических показателей является важной характеристикой, позволяющей дать обоснованные оценки таким понятиям как, точность, надёжность, достоверность результатов анализа инновационного проекта. Кроме того, эту характеристику можно использовать для оценки риска принятия решения на основании результирующего показателя.

### Заключение

Полнота имеющейся входной информации и требования к достоверности результатов являются критериями эффективности применения методов оценки проектов. Полноту информации характеризует среднее количество информации, содержащееся в признаках. Таким образом, разработанная схема предварительного анализа исходной информации позволяет обосновать выбор методов для оценки технико-экономических показателей инновационных проектов в соответствии с этапом проектирования, решаемыми задачами и структурой информации.

### Литература

1. Теория прогнозирования и принятия решений / Под ред. С.А. Саркисяна. -М.: Высш. шк. 1977. – 351 с.
2. Малеева О.В., Максименко О.В. Выбор и анализ достоверности методов технико-экономической оценки инновационных проектов // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. наук. праць. Вип. 29.* – Х: Нац. аерокосмічний ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2002. С. 62-66.
3. Терехин В.И. Повышение эффективности производства новой техники. – М: Экономика, 1987. – 222 с.
4. Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузьмин В.И. Прогнозирование количественных характеристик процессов. – М.: Сов. радио, 1975. – 400 с.
5. Захарченко В.И. Экономический механизм процесса нововведений/ Под ред. И.П. Проциуса. Всеукраинская академия экономической кибернетики. – Одесса: АОЗП «ИРЭНТ и Т», 1998. – 201 с.
6. Малеева О.В., Митрахович М.М., Максименко О.В. Системный подход при анализе инновационных проектов // *Технология приборостроения.* - 2001. – №1-2. С. 158 – 163
7. Миркин Б.Г. Анализ качественных признаков и структур. – М.: Статистика, 1980. – 319 с.
8. Управление, информация, интеллект / Под ред. А. И. Берга и др. -М.: Мысль, 1976. – 383 с.
9. Эдельгауз Г. Е. Достоверность статистических показателей. –М: Статистика, 1977. - 278 с.
10. Рабочая книга по прогнозированию/ Под ред. И.В. Бестужева-Лады – М.: Мысль, 1982. – 456с.

*Поступила в редакцию 7.04.03.*

**Рецензенты:** канд. техн. наук, доцент Попов В.А., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков; канд. техн. наук, директор управления надёжности и ресурса Полишук С.М., ООО «Энергоатом Харьков проект», г. Харьков.