

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Козелков О.А., канд. техн. наук
ОАО «Научно-производственное предприятие «Кант», г. Москва

МОДЕЛИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ И ВЫБОРА ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

kozelkov@pochta.ru

Рассматривается задача выбора наиболее предпочтительного варианта технологического процесса с учетом его реализуемости в условиях конкретного производственного предприятия. Разработана системная модель, позволяющая выделить информационные, функциональные и структурные параметры технологического процесса с учетом влияния внешней среды. Указанные параметры используются как информация, необходимая для принятия решений по выбору наиболее предпочтительного варианта технологического процесса из множества альтернатив. Для решения этой задачи предлагается модель многокритериального оценивания с использованием функции полезности, что позволяет учитывать разнородные требования, предъявляемые к допустимому множеству вариантов. При формировании функции полезности учитывается неопределенность данных в вероятностной и нечеткой формах. Такие характеристики технологического процесса, как цель, структура и внутренние свойства, учитываются при формировании частных критериев оценки предпочтительности. Рассмотрены возможные способы задания экспертами значений весовых коэффициентов с учетом специфики исследуемого объекта и характера информации на прединвестиционном этапе производства продукции.

Ключевые слова: технологический процесс, многокритериальное оценивание, функция полезности.

Введение. На прединвестиционном этапе инновационного планирования необходимо производить оценку проекта по основным функциональным аспектам, в том числе технологическом [1]. Инвестиционные предложения должны содержать материалы оценки альтернативных вариантов, перечень критериев оценки вариантов для принятия рационального решения. Таким образом, одной из задач прединвестиционного этапа является определение альтернативных вариантов реализации технологического обеспечения проекта и выбор наиболее предпочтительного [2]. Для выполнения этих работ необходима разработка и внедрение инструментария средств моделирования и аппарата принятия решений по оценке и выбору предпочтительных альтернатив планов реализации проекта.

Эффективность решения задачи выбора и оценки реализуемости технологического процесса (ТП) в рамках общей стратегии развития предприятия во многом определяется уровнем совершенства технологической подсистемы предприятия в соответствии с требованиями планов его модернизации.

Методология. Применение системного подхода позволяет представить технологический процесс как систему взаимосвязанных параметров, характеризующих его цели и структуру. Это могут быть такие параметры:

- номенклатура и объем выпуска товарной продукции;
- средства технологического оснащения (оборудование, приспособления, инструмент);
- профессиональный состав и количество исполнителей работ;
- расход материалов и комплектующих изделий;
- ресурсоемкость;
- экологические характеристики и др.

Дальнейший анализ выделенных параметров позволит обеспечить ритмичность производственного процесса, контролировать и координировать деятельность подразделений предприятия [3].

Для выбранного множества вариантов технологических процессов необходимо провести оценку каждого из них и построить ранжированный ряд по значению показателя реализуемости. Учитывая многовариантность задачи и многокритериальность описания вариантов, наиболее приемлемым аппаратом решения этой задачи является теория многокритериального оценивания и оптимизации с использованием функции полезности альтернатив.

Основная часть. Представим совокупность информационных, функциональных и структурных параметров технологического процесса в виде обобщенной системной модели с учетом влияния внешней среды (рис. 1).

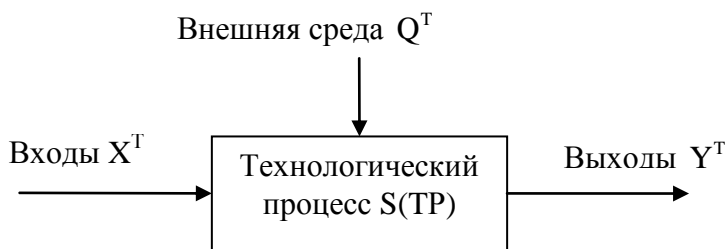


Рис. 1. Обобщенная системная модель технологического процесса

Согласно рис. 1 технологический процесс определяется следующим образом:

$S(TP) = \{Idn^T, Prp^T, Str^T, X^T, Y^T, Q^T, C^T\}$, (1)
 где Idn^T – идентификатор ТП, представляющий собой совокупность двух полей: <обозначение ТП> и <наименование>; Prp^T – цель ТП; $Str^T = \{F, T, R^T\}$ – структура ТП, здесь F – фаза производства; T – элементы процесса (операции); R^T – связи между элементами ТП; X^T – входные параметры ТП, к которым относятся технологическая документация, средства и предметы труда; $Y^T = \{y_1^T, y_2^T, \dots, y_m^T\}$ – выходные характеристики ТП (критерии реализуемости): номенклатура и объем выпускаемой продукции, ритмичность, рентабельность и др.; $Q^T = \{q_1^T, q_2^T, \dots, q_k^T\}$ – воздействия внешней среды, параметры которой часто носят случайный характер и проявляются в виде рисков, которые приводят к изменению материальных, энергетических и информационных параметров производственных процессов; $C^T = \{c_1^T, c_2^T, \dots, c_h^T\}$ – внутренние свойства ТП (ограничения реализуемости): состав средств технологического оснащения, ритмичность, гибкость, производительность, ресурсоемкость и др.

Обозначим решение о каждом из возможных вариантов технологического процесса x , а множество возможных решений – X^B . Учитывая экономические и технологические ограничения, из множества X^B выделяется множество допустимых решений X : $X \subset X^B$, которое может быть задано перечислением или с помощью характеристических функций в виде ограничивающих неравенств или равенств.

При этом каждое решение характеризуется набором частных (локальных) критериев, которые определяют некоторые частные аспекты, а их совокупность достаточно полно характеризует его реализуемость в целом [4]:

$$K(x) = \{k_i(x)\}, i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Нахождение оптимального решения x° в общем случае связано с решением задачи:

$$x^\circ = \arg \text{extr}_{x \in X} K(x) \equiv \arg \text{extr} \{k_i(x)\},$$

$$\forall i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Используя понятие функции полезности частных критериев, математическую модель формирования многофакторной оценки альтернативы $x \in X$ можно представить в виде:

$$\Phi(x) = P[Z(a_i)', m_i[K_i(x)]] , i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где $m[K_i(x)]$ – функция полезности частных критериев;

$Z(a_i)'$ – информация об относительной важности функции полезности частных критериев.

Каждая альтернатива $x \in X$ характеризуется набором частных критериев, которые имеют свой интервал измерения и разную размерность. Перечисленным выше требованием отвечает функция полезности вида:

$$m_i[K_i(x)] = \left(\frac{K_i(x) - K_{iHX}}{K_{iHL} - K_{iHX}} \right)^{\alpha_i}, \quad (5)$$

где $K_i(x)$ – значение частного критерия; K_{iHL}, K_{iHX} – соответственно наилучшее и наихудшее значение частного критерия, которое он принимает на области допустимых решений $x \in X$; α_i – параметр, определяющий вид зависимости: при $0 < \alpha_i < 1$ – выпуклая вверх; при $\alpha_i = 1$ – линейная; при $\alpha_i > 1$ – выпуклая вниз.

Значения коэффициентов важности частных критериев определяются экспертами и лицами, принимающими решение (ЛПР), на основе собственного опыта, конкретной задачи и различных ограничений. Чаще всего информация о значении коэффициентов важности частных критериев представляется в детерминированном или вероятностном виде. Задача принятия решений в условиях стохастической неопределенности является двухкритериальной, поэтому решение следует выбирать с учетом его предпочтительности и вероятности реализации. Тогда стохастическая оценка предпочтительности решений $x \in X$, т.е. функция полезности, имеет вид [5, 6]:

$$\bar{P}(x) = \sum_{j=1}^m a_j^H \bar{k}_j(x), \quad (6)$$

где a_j^H – детерминированные безразмерные значения весовых коэффициентов; $\bar{k}_j(x)$ – безразмерные случайные величины с одинаковым интервалом возможных значений $[0, 1]$, то есть нормализованные по формуле (5) разнородные частные критерии.

При решении задачи в условиях неопределенности следует учитывать следующие допущения:

1) предполагается, что известны объективные или субъективные функции распределения вероятностей случайных характеристик $\bar{k}_j(x)$ решений. При этом рассматриваются только два закона распределения вероятностей: нормальный (Гаусса) и равновероятный;

2) случайные величины $\bar{k}_j(x)$, $j = \overline{1, m}$ взаимно независимы, т.е. некоррелированы;

3) интервал возможных значений $[c_j, b_j]$ всех случайных величин $\bar{k}_j(x)$, $j = \overline{1, m}$ известен. Анализ модели (6) показывает, что для вычисления $\bar{P}(x)$ необходимо реализовать операции умножения случайной величины на детерминированный коэффициент и суммирования полученных результатов. Кроме этого, пространство переменных $\bar{k}_j(x)$ содержит переменные вида $\bar{k}_i^2(x)$ и $\bar{k}_i(x) \cdot \bar{k}_r(x)$, для вычисления которых необходима операция умножения случайных величин.

В соответствии с центральной предельной теоремой обобщенная полезность (6) является случайной величиной, распределенной по нормальному закону [5].

Для вычисления обобщенной стохастической полезности решений необходимо вычислить математическое ожидание:

$$M[\bar{P}(x)] = M\left[\sum_{j=1}^m a_j^H \bar{k}_j(x)\right] \quad (7)$$

и дисперсию

$$D[\bar{P}(x)] = D\left[\sum_{j=1}^m a_j^H \bar{k}_j(x)\right]. \quad (8)$$

Математическое ожидание суммы случайных линейных функций равно:

$$M\left[\sum_{j=1}^m a_j^H Y_j\right] = \sum_{j=1}^m a_j^H M[Y_j], \quad (9)$$

где Y_j – случайные величины значений частных критериев.

Статистические параметры обобщенной

стохастической оценки предпочтительности решений вычисляются следующим образом:

$$M[\bar{P}(x)] = \sum_{j=1}^m a_j^H M[\bar{k}_j(x)];$$

$$D[\bar{P}(x)] = \sum_{j=1}^m (a_j^H)^2 D[\bar{k}_j(x)]. \quad (10)$$

В большинстве задач многокритериальной оптимизации значения частных критериев задаются в интервальном виде и статистическая информация о характере распределения значений внутри интервала неизвестна. Эксперт в таком случае может назначить функцию принадлежности внутри интервала. Тогда значение частного критерия будет представлено в виде нечеткого числа с функцией принадлежности.

Нечетко-случайную величину определим следующим образом. Пусть задана функция принадлежности $\mu(X, \theta)$ нечеткого числа X , содержащая параметр θ , который является случайной величиной с плотностью распределения $\varphi(\theta)$ [7]. Тогда при фиксированном X функция принадлежности $\mu(X, \theta)$ интерпретируется как функция случайной величины θ . При этом возможно получить плотность распределения случайной величины $\mu(X, \theta)$. Таким образом, выбранному значению X соответствует случайное значение степени принадлежности X множеству возможных значений. С другой стороны, фиксированному значению θ функции принадлежности $\mu(X, \theta)$ можно сопоставить условную функцию $\mu(X/\theta)$ принадлежности X множеству возможных своих значений. Теперь совместное использование этой условной функции принадлежности $\mu(X/\theta)$ и плотности распределения $\varphi(\theta)$ случайной величины θ позволяет рассчитать статистические характеристики степени принадлежности нечеткого числа X .

Выводы. Принятие решения о выборе наиболее предпочтительного варианта технологического процесса производится с помощью модели многокритериального оценивания на основе заданного набора критериев. Полезности альтернатив для дальнейшего анализа представляются в виде ранжированного ряда с соответствующими направлениями доминирования, что облегчает ЛПР принятие решения по выбору альтернативы. Предложен метод выбора ТП, основанный на оценке вариантов относительно некоторого обобщенного «идеального» варианта, при этом определяется обобщенная многофакторная оценка расхождения характеристик базового и оцениваемого ТП по перечню идентичных нормализованных характеристик. При этом получили дальнейшее развитие многокритериальные модели теории полезности для оценки и выбора технологических процессов в

условиях неопределенности исходных данных на прединвестиционном этапе планирования инновационного проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ребрин Ю.И. Основы экономики и управления производством. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. 145 с.
2. Кузякова Т.В. Совершенствование методов оценки технического уровня производства на машиностроительных предприятиях // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2009. С.71 – 77.
3. Милаев В.А., Фаткин А.А., Рулаева Т.В. Автоматизация процесса управления в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта: мат-лы Междунар. конф. и выставки CAD/CAM/PDM-2001. М. 2001. С. 261 – 270.
4. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, расчет и приложения. М.: Радио и связь, 1992. 504 с.
5. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Юнити-Дана, 2001. 543 с.
6. Шопин А.Г. Построение функций принадлежности нечеткого множества и оценка его вероятностных характеристик // Электронный журнал «Исследовано в России». 2003. С.453 – 467.
7. Раскин Л.Г., Серая О.В. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения. Х.: Парус, 2008. 352 с.