

## **МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ ВАРИАНТОВ ПЛАНОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В ПРЕЦЕДЕНТНОЙ СИСТЕМЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

---

Предлагаются модели формирования и многокритериального оценивания вариантов планов развития предприятия с использованием опыта прошлых разработок. Обосновывается использование прецедентного подхода при формировании вариантов планов развития предприятия. Разрабатываются модели многокритериальной оптимизации для выбора предпочтительного решения на основе скалярной оценки функции полезности. Предлагается модифицированная структура прецедентной системы принятия решений и соответствующая иерархическая модель функционирования.

### **Введение**

Жесткие условия конкуренции, в которых функционирует промышленное предприятие, и высокая динамичность внешней среды требуют разработки и использования различного рода стратегий и средств адаптации к возмущающим воздействиям внешней среды, совершенствования структуры и целевой стратегии функционирования предприятия. Основные трудности, с которыми приходится сталкиваться на этапе формулировки и отбора возможных вариантов решения, заключаются в определении количества альтернатив и критериев их оценки. Особенностью процесса принятия решения при выборе варианта развития предприятия является необходимость анализа больших объемов информации при наличии ограничений во времени на оценку вариантов и значительном уровне неопределенности, присущей предпроектному этапу планирования.

В настоящее время отсутствует приемлемая методическая база для решения вопросов анализа и прогноза развития производственного предприятия на предпроектной стадии принятия стратегических решений. Поэтому задача разработки методических и инструментальных средств принятия решения по выбору планов развития предприятия на предпроектном этапе планирования является актуальной.

### **Постановка задачи**

*Целью проводимых исследований* является повышение обоснованности и достоверности решений, принимаемых на предпроектном этапе планирования, путем разработки моделей формирования оценивания вариантов развития предприятия и применения их в прецедентной системе принятия решений.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

1. Обосновать применение прецедентного подхода в задаче формирования вариантов планов развития предприятия.
2. Разработать модель формирования вариантов стратегий развития предприятия.
3. Разработать модель многокритериального оценивания вариантов стратегий развития.
4. Модифицировать структуру прецедентной системы принятия решений на основе модели ее функционирования.

Целевой подход с системных позиций позволяет наиболее полно решать задачу принятия решений для выработки стратегии развития предприятия [1]. Переход от концептуального этапа управления развитием к разработке вариантов его практической реализации происходит на основе предпроектной проработки различных вариантов и оценки реализуемости достижения целей отдельными подсистемами и глобальной цели системы в соответствии со стратегической концепцией развития [2].

При формировании перечня возможных вариантов используются различные методы поиска информации, в том числе и метод аналогий (прецедентов), основанный на использовании опыта прошлых разработок.

Реализация этапа оценки вариантов связана с необходимостью перехода от качественных лингвистических переменных к некоторой метрике заданного набора частных критериев вариантов [3]. Сложность решения задачи многофакторного оценивания обусловлена многомерностью факторного пространства и разнородностью ее размерности, интервалом возможных значений и др. [4]. Таким образом, возникает задача построения модели многофакторного оценивания, отвечающей определенной ситуации принятия решения.

Существующие системы поддержки принятия решений (СППР) в основном рассчитаны на использование в ситуациях, когда прецедент является четко заданным и определенным через множество достоверных свойств ситуации. Концепция четырехфазного цикла основана на предположениях о некоинцидентности источников информации о проблемной ситуации, статичности описания прецедента и независимости прецедентов и, соответственно, проблемных ситуаций друг от друга. Перед лицом, принимающим решение (ЛПР) относительно стратегии развития предприятия, встает проблема анализа ситуации и оценки способа реализации выбранной стратегии. Вначале решается задача поиска поля удовлетворяющих действий, а затем выбора лучшей стратегии в этом поле.

### **Решение задачи**

Предлагается использовать для формирования вариантов планов развития предприятия прецедентный подход [5], позволяющий решать задачи поддержки принятия решений в сложных слабоструктурированных системах. Выбор данного подхода обусловлен тем, что зачастую на производственном предприятии к моменту возникновения проблемы выпуска новой продукции или ее модернизации уже накоплен значительный опыт решения похожих проблем, возникавших ранее. Представление этого опыта в виде прецедентов и его автоматизированная обработка при помощи специализированных систем принятия решений позволяют значительно повысить эффективность его повторного применения.

Формирование вариантов планов развития предприятия предполагает использование информации, которая является результатом анализа документации прошлых разработок. Поиск и отбор вариантов решений производится в системе прецедентного типа с учетом степени сходства для получения необходимой информации о параметрах производства.

Процесс формирования вариантов как основы выбора является нетривиальной задачей принятия решения, особенно на предпроектной стадии. Возможность упустить из рассмотрения приемлемый (продуктивный) вариант усиливает важность и ответственность данного этапа.

Прецедент представляет собой информационный блок, включающий в себя базовую ситуацию и соответствующее ей решение. В процессе производственной деятельности в предметной области формируются проблемно-ориентированные прецеденты, накапливающиеся в хранилище, в качестве которого могут выступать традиционные базы данных, специализированные серверы знаний, многомерные БД, архивы и т.д.

Решение проблемы по аналогии основано на распознавании текущей проблемной ситуации, информация о которой представлена в виде некоего образа (аналога), и поиске похожих образов, содержащихся в хранилище образов (базе прецедентов), с последующей их адаптацией и повторным использованием для решения задач исследования.

Принятие решения на основе прецедентного подхода предполагает решение следующих задач:

- выбор способа представления знаний о ситуации и возможных решениях;
- определение способа поиска и выбора технологических решений в хранилище прецедентов;
- разработка метода идентификации и адаптации решений.

Одной из главных задач прецедентной системы принятия решений является накопление и упорядочение достаточно большого и уместного для принятия решений множества прецедентов, для хранения которых используются их архивы, в каждом из них имеется вся необходимая информация для формирования технологического и соответствующего планового решения.

Алгоритм формирования базы прецедентов включает следующие фазы:

- 1) определение весовых коэффициентов признаков для оценки уровня значимости прецедента в рассматриваемой базе;

- 2) кластеризация прецедентов по выявленным признакам;
- 3) поиск требуемого множества прецедентов на основе критерия подобия ситуаций.

Для реализации данного алгоритма разработаны модели формирования и отбора вариантов из базы прецедентов, основанные на прецедентном подходе и вычислении меры сходства предполагаемых аналогичных технологических решений к заданным требованиям.

Определяется оценочная функция признаков – чем меньшее (или большее) значение имеет эта функция, тем более важен соответствующий признак. Оценочная функция позволяет в дальнейшем производить отбор уместных прецедентов, используя отношение подобия, построенное на множестве наиболее важных признаков [6].

Для заданного набора весов признаков  $w_j$  ( $w_j \in [0, 1], j = 1, \dots, n$ ) и пары прецедентов  $e_p$  и  $e_q$ , определим взвешенную меру близости как

$$d_{pq}^{(w)} = \left( \sum_{j=1}^n w_j^2 (x_{pj} - x_{qj})^2 \right)^{\frac{1}{2}},$$

а меру подобия прецедентов

$$SM_{pq}^{(w)} = \frac{1}{1 + d_{pq}^{(w)}},$$

где  $x$  – значения признаков.

Оценочная функция признаков определяется следующим образом:

$$E(w) = \frac{2 \left[ \sum_p \sum_{q(q < p)} \left( SM_{pq}^{(w)} (1 - SM_{pq}) + SM_{pq} (1 - SM_{pq}^{(w)}) \right) \right]}{N(N-1)},$$

здесь  $N$  – число прецедентов в базе.

Кластеризация базы прецедентов используется для ускорения операций выборки сходных прецедентов и предварительного разбиения их базы на компактные множества покрытия. Алгоритм кластеризации основывается на категории сходства и предполагает следующие этапы:

- 1) задается уровень значимости (пороговый уровень)  $\beta \in [0, 1]$ ;
- 2) определяется модифицированная матрица подобия

$$SM1 = \max_k \left[ \min \left( SM_{pq}^{(w)}, SM_{kq}^{(w)} \right) \right];$$

3) если  $SM1 \subset SM$ , то определяются отдельные кластеры на основе правила: прецедент  $p$  и прецедент  $q$  принадлежат одному и тому кластеру тогда и только тогда, когда  $s_{pq} \geq \beta$ , в противном случае матрица  $SM$  заменяется на  $SM1$  и выполняется возврат к шагу 2.

После того как исходная база данных разделена на отдельные кластеры, можно реализовать процедуру поиска подобных прецедентов (на основе отношения подобия).

В системе поддержки прецедентных решений, построенной на основе представленных моделей формирования базы прецедентов, временные затраты на поиск решения существенно снижаются, в результате чего быстродействие системы увеличивается.

Для задачи попарного сравнения иницирующего прецедента с отобранными из хранилища вычисляются отклонения характеристик планируемого варианта от найденных эталонных, которое обозначим  $\Delta x_i$ . Характеристики  $x_i$  необходимо нормализовать и привести к изоморфному виду, для этого можно использовать функцию полезности.

Задача ранжирования и отбора прецедентов на основе оценки подобия осуществляется на основе модели многофакторной обобщенной оценки в виде «расстояния» характеристик планируемого варианта от найденных эталонных, которая имеет вид:

$$L = \sum_{i=1}^n a_i \Delta x_i,$$

где  $a_i$  – весовые коэффициенты, определяющие значимость отдельных характеристик по отношению к другим,  $\sum_{i=1}^n a_i = 1$ ,  $0 < a_i \leq 1$ . Принцип оптимальности:  $x^\circ = \arg \min_{x \in X} \sum_{i=1}^n a_i \Delta x_i$ .

По такому принципу происходит ранжирование найденных эталонных ТП по степени подобия планируемому.

Для оценки найденных вариантов и выбора предпочтительного разработаны модели многокритериального оценивания. Они необходимы при реализации следующих задач процедуры принятия решения [7]:

- задание метрики, т.е. критериев оценки качества  $K(x)$  допустимых решений  $x \in X$ ;
- определение наилучшего (экстремального по  $K(x)$ ) решения  $x^\circ \in X$ .

Каждое решение характеризуется набором критериев, которые определяют некоторые частные аспекты эффективности решения, а их совокупность достаточно полно характеризует «качество» решения в целом. Таким образом, решение  $x$  в общем случае определяет множество частных критериев  $K(x) = \{k_i(x)\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

Нахождение оптимального решения  $x^\circ$  связано с решением задачи

$$x^\circ = \arg \min_{x \in X} K(x) \equiv \arg \min_{x \in X} \{k_i(x)\}, i = \overline{1, n}.$$

Разрешимость задачи обусловлена структурой множества допустимых решений  $X$ . Это множество состоит из двух подмножеств: согласованных  $X^S$  и противоречивых (компромиссных)  $X^C$  решений  $X = X^S \cup X^C$ ;  $X^S \cap X^C = \emptyset$ .

Оценивание вариантов производится на основе обобщенного скалярного критерия и использует сформированную на множестве частных критериев количественную многофакторную оценку вида:

$$P(x) = F[k_i(x), A],$$

где  $A$  – кортеж параметров модели, для которой выполняется следующее условие:

$$x_1, x_2 \in X \text{ и } x_1 \succ x_2, \text{ то } P(x_1) > P(x_2).$$

Знак « $\succ$ » означает отношение порядка.

Таким образом, функция полезности является количественной мерой относительной предпочтительности решений.

Реализация приведенной выше модели задачи многокритериальной оптимизации предполагает, что для решения  $x_j \in X$  известен кортеж значений частных критериев:

$$K(x_j) = \langle k_i(x_j) \rangle, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}.$$

Это означает, что известны зависимости, определяющие связь между управляемыми переменными (решениями  $x$ ) и значениями частных критериев, т.е.

$$k_{ij}(x) = f_i(x_j), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}.$$

Рассматриваемая задача может быть представлена математической моделью в терминах теории полезности в виде:

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

где  $K_i(x)$ ,  $i = \overline{1, n}$  – частные критерии;  $Z(a_i)$  – субъективная информация о предпочтительности частных критериев у ЛПР.

Главным в построении модели такого типа является определение вида оператора  $P$  (структуры модели), для чего необходимо иметь информацию о значимости и форме представления частных критериев. Эти вопросы решаются при построении модели для каждого конкретного случая.

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

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

где  $m[K_i(x)]$  – функция полезности частных критериев;  $Z(a_i)'$  – информация об относительной важности этой функции.

Каждая альтернатива  $x \in X$  характеризуется набором частных критериев, которые имеют свой интервал и разную размерность. Исходя из этого, конкретная альтернатива может описываться нелинейностями различного типа. Этот факт необходимо учитывать при выборе функции полезности частных критериев.

Перечисленным выше требованиям отвечает функция полезности вида:

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

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  $x \in X$ ;  $\alpha_i$  – параметр, определяющий вид зависимости: при  $0 < \alpha_i < 1$  – выпуклая вверх; при  $\alpha_i = 1$  – линейная; при  $\alpha_i > 1$  – выпуклая вниз.

Для реализации разработанных моделей в системе принятия решений возникла необходимость модификации структуры прецедентной системы. Вследствие этого была предложена модель прецедентной системы принятия решений в виде иерархии функций и задач поиска, выбора прецедентов с последующей многокритериальной оценкой отобранных вариантов.

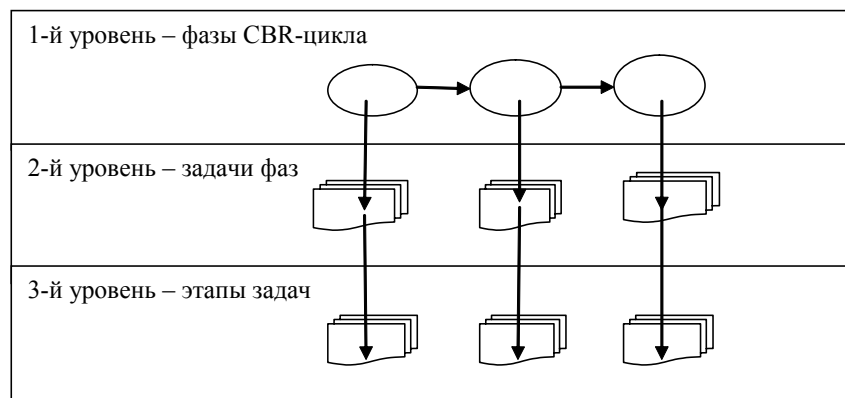
Цикл принятия решения (CBR-цикл) формально представим как совокупность последовательно выполняемых фаз [8]:

$$CBR = \langle F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6 \rangle,$$

где  $F_1$  – фаза выбора прецедентов, подобных иницирующему объекту, на основе оценки подобия;  $F_2$  – фаза принятия решения в проблемной ситуации путем использования извлеченного прецедента;  $F_3$  – фаза верификации и адаптации извлеченного прецедента;  $F_4$  – фаза сохранения вновь принятого решения в хранилище прецедентов;  $F_5$  – фаза пересмотра хранилища прецедентов на основе оценки качества прецедента с помощью синтаксических либо семантических мер;  $F_6$  – фаза восстановления (реконструкции) хранилища прецедентов.

После определения фаз CBR-цикла была произведена их декомпозиция на составляющие задачи, при этом определены входные параметры для каждой фазы. В результате была сформирована иерархическая структурно-параметрическая модель функционирования прецедентной системы принятия решений (ПСПР), которая представляет собой последовательность и взаимосвязь фаз CBR-цикла, направленных на реализацию основной цели системы – выбора наилучшего решения из структурированной базы прецедентов.

При этом предполагается последовательное решение определенного набора задач с выделением этапов их решения. Таким образом, обобщенная иерархическая структура модели функционирования ПСПР содержит три уровня (рисунок).



Обобщенная иерархическая структура модели функционирования ПСПР

## Заключение

Впервые разработаны модели формирования и оценивания вариантов стратегий развития предприятия, которые основаны на использовании опыта прошлых разработок и вычислении меры сходства для сравнения многокритериальных вариантов, что повышает обоснованность и достоверность управленческих решений, принимаемых на предпроектном этапе планирования развития. В модели формирования вариантов стратегий развития накопленный опыт представляется в виде прецедентов решений в архиве предприятия и позволяет производить его автоматизированную обработку при помощи специализированной системы принятия решений. Степень сходства определяется путем попарного сопоставления проблемной ситуации с ситуацией прецедента, в результате определяются расстояние между проблемной ситуацией и ситуацией прецедента. Принятие решения о выборе предпочтительного производится с помощью модели оценивания, которая предполагает построение скалярных оценок на основе многокритериального оценивания вариантов и оптимизации многокритериальной функции.

Модифицирована структура прецедентной системы принятия решений по выбору варианта развития предприятия. В результате получила дальнейшее развитие модель прецедентной системы принятия решений по выбору вариантов планов развития предприятия, которая в отличие от существующих позволяет сократить количество анализируемых вариантов. Модель предполагает построение структуры СВР-цикла в виде набора шести последовательных фаз с последующей структурной декомпозицией задач системы принятия решений на соответствующих фазах функционирования.

Предложенные модели имеют практическое значение, так как реализованы в инженерных методиках, которые использованы в прецедентной системе информационной поддержки и принятия управленческих решений для оценивания и оптимизации многофакторных альтернатив. Возникает возможность формирования множества вариантов для оптимизации процесса производства на основе использования опыта прошлых разработок из архива аналогов в структуре прецедентной системы.

Дальнейшие исследования предполагается проводить в направлении использования предложенного подхода и разработанных моделей для формирования системы критериев принятия решений в задачах логистического управления предприятием.

**Список литературы:** 1. *Петров Э.Г.* Управление устойчивым развитием предприятий / Петров Э.Г., Подмогильный Н.В., Соколова Н.А., Ходаков В.Е. Херсон: 2009. 558с. 2. *Гриша С.М.* Прийняття рішень на базі досвіду як підхід до подолання фактора суб'єктивності / Гриша С.М., Гнатенко Н.С. // Наукові вісті НТУУ "КПІ". 2008. № 4. С. 62-75. 3. *Блинов С.А.* Методика обстеження і многокритеріальна оцінка типових варіантів ГПС [текст] / Блинов С.А., Васильєв В.Н. // Проблеми створення ГАП. М.: Наука, 1987. С. 22-26. 4. *Дехтяренко, В.А.* Алгоритмічна модель многокритеріальної оцінки рішень на множині векторів обмежень / Дехтяренко В.А. // Методи і системи прийняття рішень. Проблеми створення експертних систем. Рига: Риж. політех. ін-т, 1988. С. 52-58. 5. *Шерстюк В.Г.* Формальна модель гібридної сценарно-прецедентної СППР / В.Г. Шерстюк / Шерстюк В.Г. // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси і системи. 2004. Вип. 1. С. 114-122. 6. *Артюх, Р.В.* Моделі формування варіантів стратегії розвитку / Р.В. Артюх, А.А. Белоцкий // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. ХУПС. Вип. 8 (98). Харків, 2011. С. 263-265. 7. *Артюх, Р.В.* Критеріальний аналіз при неповній інформації / Р.В. Артюх, А.А. Белоцкий, О.Н. Замирець // Проблеми інформаційних технологій. 2011. Вип. 9. С. 95-99. 8. *Замирець О.Н.* Модель оцінки варіантів стратегії розвитку [текст] / О.Н. Замирець, Р.В. Артюх, А.А. Белоцкий // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Вип. 3(29). Х., 2011. С. 107-109.

*Поступила в редколлегию 11.03.2012*

**Артюх Роман Владимирович**, мл. науч. сотр. НДІ СТ ХНУРЕ. Научные интересы: стратегии развития предприятий, технологические процессы производства, теория принятия решений, многокритериальные модели. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, roman\_artuuh@mail.ru, тел.: моб. 0675720625, раб. 702-14-32.

**Божинский Иван Андреевич**, канд. техн. наук, зам. начальника НИЧ ХНУРЕ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-378.