

# АЛГОРИТМ ФОРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАД РЕЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРОЙ НА ПРИМЕРЕ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИВЕРСИФИЦИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА И РЫНКА, СОСТОЯЩЕГО ИЗ МНОЖЕСТВА СЕГМЕНТОВ

*А.С. Игнатович*

Постановка задачи моделирования. Компания хочет вложить средства в строительство нового предприятия, которое будет выпускать некоторый ассортимент продукции, пользующейся спросом на рынке. Аналогичную продукцию выпускают и некоторые другие фирмы, поэтому придется действовать в условиях конкуренции. Кроме того, предполагается, что ценовая диверсификация, являясь действенным методом работы с рынком, позволит получить большой доход и степень проникновения на рынок.

Пусть потребителей  $k$  товаров и услуг, реализуемых предприятием, можно разделить на  $m$  секторов. Для каждого получившегося сегмента, компания устанавливает свои цели (доля рынка, рентабельность, т.е. соотношение затрат и прибыли), сегменты различаются емкостью рынка и уровнем конкуренции.

Выходными характеристиками модели должны являться:  $Prof_i$  – выручка от продажи товара в  $i$ -м сегменте рынка, где  $1 \leq i \leq km$ . Общая выручка от продажи всех видов товаров во всех сегментах рынка:  $P = \sum_{i=1}^{km} Prof_i$ .

Сумма случайных величин прибыли для  $N_p$  случайных реализаций:

$S = \sum_{i=1}^{N_p} P_i$ , сумма квадратов случайных величин прибыли для  $N_p$  случайных

реализаций  $Q = \sum_{i=1}^{N_p} P_i^2$ .

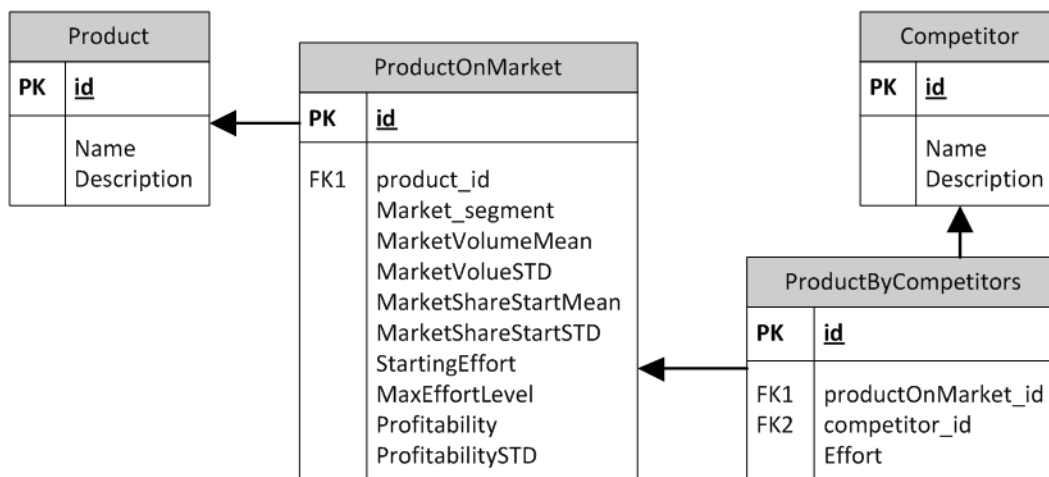
Показателем эффективности работы предприятия является минимальная гарантированная прибыль  $G$ , определяемая по следующим зависимостям:

$$M = \frac{1}{N_p} S, \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N_p - 1} (Q - N_p M^2)}, \quad G = M - K_\alpha \sigma,$$

где  $M$  – математическое ожидание (среднее значение) прибыли,  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение прибыли,  $K_\alpha$  – квантиль нормального распределения, соответствующий заданной надежности  $\alpha$  ( $K_\alpha = 1,28$  при  $\alpha = 0,9$ ). Аналогичным образом, требуется рассчитать  $G_i$  – минимальную гарантированную прибыль, которая должна быть неотрицательна в каждом  $i$ -м сегменте рынка.

На рисунке показана реляционная модель данных о сегментах рынка, товарах и услугах, конкурентах, которая может быть частью схемы базы данных корпоративной информационной системы (КИС) предприятия. Сущности, приведенные на рисунке, не обязательно должны представлять собой физически таблицы в БД, но могут также быть «видами», в т.ч. построенными путем объединения нескольких таблиц.

Одной записи в таблице «Продукт» (Product) сопоставляется несколько записей в таблице «Продукт на рынке» (ProductOnMarket). Также на схеме присутствует таблица «Конкуренты» (Competitors) и таблица «Продукты конкурентов». Одному «продукту на рынке», то есть товару или услуге, предлагаемой в  $i$ -м сегменте рынка, сопоставляется много продуктов, произведенных конкурентами, то есть товары одного вида и для одной и той же группы потребителей производятся несколькими предприятиями.



Реляционная структура данных модели

Используя теорему о покрытии [1], построим декомпозицию системы «диверсифицированное производство на сегментированном рынке» на  $km$  экземпляров шаблонов, при этом учитывая, что  $c=km$  – это общее количество записей в таблице ProductOnMarket. Каждая подсистема будет отражать производство и сбыт товара в  $i$ -м сегменте рынка. Данные подсистем в комплексной системно-динамической модели будут иметь сходную структуру (шаблон), то есть некоторую конструкцию, имеющая установившуюся во времени структуру и набор входных, выходных параметров и начальных значений. Шаблон строится в концепции системной динамики, язык системных диаграмм которой описан, например в [2].

Алгоритм формального синтеза динамической модели над реляционной структурой.

Шаг 1. Разработка SQL-запроса для построения шаблона взаимодействия производства и сбыта в *i*-м сегменте рынка (шаблон Main модели):

```

SELECT PrM.id
  , PrM.MarketVolumeMean /*Мат. ожидание емкости рынка товара*/
  , PrM.MarketVolveSTD /*Среднее квадратичное отклонение емкости рынка товара*/
  , PrM.MarketShareStartMean /*Начальное значение мат. ожидания доли рынка товара*/
  , PrM.MarketShareStartSTD /*Среднее квадратичное отклонение начальной доли рынка товара*/
  , 0 /*Начальное значение уровня дохода от продажи товара*/
  , PrM.StartingEffort /*Начальный уровень маркетинговых инвестиций*/
  , PrM.MaxEffortLevel /*максимальный уровень маркетинговых инвестиций во 2 и последующих периодах моделирования*/
  , ISNULL(GC.Effort, 0) As Effort /*усилия конкурентов по продвижению товара на рынке*/
  , ISNULL(GC.Effort, 0) / 10 As EffortSTD /*среднеквадратичное отклонение*/
  , (100 - PrM.Profitability) / 100 As AvgCostPercent /*доля себестоимости в цене товара*/
  , PrM.ProfitabilitySTD
  , ROW_NUMBER() OVER (ORDER BY P.Name) AS TemplateEntityID
FROM ProductOnMarket
LEFT JOIN
  (SELECT GCI.id, AVG(GCI.Efforts) AS Effort
   FROM ProductByCompetitors GCI
   GROUP BY GCI.id) AS GC
ON PrM.id = GC.ID
INNER JOIN Product AS P ON P.id = PrM.product_id

```

Пометим данный запрос меткой Main (приведены несколько основных переменных).

Шаг 2. Определим переменные шаблона Main. Для обращения к результатам, выдаваемым по запросу будем использовать следующую нотацию: {<имя\_запроса>:<индекс>}. Кратко опишем переменные шаблона:

– Уровень «Рынок», характеризующий емкость рынка определенного товара. Начальное значение (распределенное по нормальному закону с мат. ожиданием PrM.MarketVolumeMean ({Main:1}) и среднеквадратичным отклонением PrM.MarketVolveSTD ({Main:2}). INIT Market = NORMAL({Main:1}, {Main:2}).

– Уровень «Доля рынка» характеризует долю рынка товара, занятую предприятием. Начальное значение уровня так же, как и для уровня «рынок» случайно и подчиняется нормальному закону распределения: {Main:3} – PrM.MarketShareStartMean – мат.ожидание, {Main:4} – PrM.MarketShareStartSTD – среднеквадратичное отклонение INIT Market\_Share = NORMAL({Main:3}, {Main:4}).

–Уровень «Прибыль от продажи товара»: Начальное значение {Main:5} – 0, INIT Total\_Profit = {Main:5}.

– Темп Periodic\_Profit характеризует выручку от продажи продукции на рынке за период и определяется долей рынка, себестоимостью продукции и маркетинговыми затратами.  $Periodic\_Profit = Market * Market\_Share * (1 - NORMAL(Average\_Cost\_Percent, Cost\_Percent\_Sigma)) - Our\_Market\_Efforts$ .

Для оценки эффективности деятельности предприятия, производящего большой ассортимент продукции в условиях сегментированного рынка требуются оценки минимально гарантированной прибыли от продаж каждого товара в каждом сегменте рынка, суммарные продажи одного товара в пределах всех рыночных сегментов и общее количество всех проданных товаров во всех рыночных сегментах.

Минимально гарантированная прибыль от продажи товара в заданном сегменте рынка определяется значением уровня Total\_Profit в заданном экземпляре шаблона.

Шаг 3. Для оценки минимально гарантированной прибыли от продажи некоторого товара во всех сегментах рынка введем еще один шаблон с запросом Product: SELECT P.Id , P.Name , ROW\_NUMBER() OVER (ORDER BY P.Name) AS TemplateEntityID FROM Product AS P

Шаг 4. В данном шаблоне введем одну дополнительную переменную ProductTotalProfit.

Поскольку данная переменная состоит из изначально неизвестного неизвестного количества слагаемых (нужно собрать значения Total\_Profit из всех сегментов рынка по данному товару), то для данной переменной установим особый тип сумматора со сборкой формулы по запросу ProductByMarket:

```
SELECT P.id
      , PrM.TemplateEntityID
FROM Product As P INNER JOIN
(
  SELECT Pr.id
        , Pr.Name
        , PrOnM.id As prmID
        , ROW_NUMBER() OVER (ORDER BY Pr.Name) AS TemplateEntityID
FROM ProductOnMarket As PrOnM
  INNER JOIN Product Pr ON Pr.id = PrOnM.product_id
) As PrM ON PrM.id = P.id
```

Тогда переменная TotalProductProfit будет рассчитываться по формуле: TotalProductProfit = [+]Total\_Profit{ProductByMarket:1}. В данной формуле {ProductByMarket:1} будет заменяться значением PrM.TemplateEntityID – порядковым номером экземпляра шаблона и при обработке каждой сле-

дующей строки запроса «ProductByMarket» в формулу будет добавляться, например, +Total\_Profit3, +TotalProfit7 и так далее. Таким образом, например, в первом экземпляре шаблона результирующая формула может иметь вид: TotalProductProfit1 = Total\_Profit2 + Total\_Profit5 + Total\_Profit6, во втором TotalProductProfit2 = Total\_Profit1 + Total\_Profit3 и так далее.

Шаг 5. Для подсчета общей выручки от продажи всех видов товаров во всех сегментах рынка также введем новый шаблон с формулой отбора Totals (SELECT 1, 1). В данном шаблоне добавим одну переменную Profit = [+]Total\_Profit{Main:13}. Результатом построения данной формулы станет: Profit = Total\_Profit1 + Total\_Profit2 + ...

### Библиографический список

1. Быстров, В.В. Информационная технология синтеза динамических моделей сложных систем / В.В. Быстров, А.В. Горохов // Информационные ресурсы России, №2, 2007. – [http://www.aselibrary.ru/digital\\_resources/journal/ irr/2007/number\\_2/number\\_2\\_3/number\\_2\\_3551/](http://www.aselibrary.ru/digital_resources/journal/irr/2007/number_2/number_2_3/number_2_3551/)

2. Игнатович, А.С. Разработка среды имитационного моделирования с применением GNU Octave / А.С. Игнатович // Научный поиск: материалы первой научной конференции аспирантов и докторантов. Экономика. Управление. Право. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – С. 258–261.