

ЦИФРОВОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПОТОКА СОЗДАНИЯ СТОИМОСТИ

Ю.Н.Смирнов

Рассматривается поток создания стоимости как основа построения имитационной информационно-математической модели цифрового предприятия. Представлены математические основы потока создания стоимости, построенного методом процессно-продуктового реинжиниринга бизнес-процессов, приведены формулы расчета характеристик этого потока.

Поток создания стоимости, цифровой двойник предприятия, имитационная информационно-математическая модель, реинжиниринг, бизнес-процессы.

Введение

Цифровой двойник предприятия – это вершина цифровизации деятельности предприятия[1-4]. Цифровое предприятие представляет собой программное обеспечение цифрового двойника предприятия с поддержкой цифровых моделей объектов инфраструктуры, продуктов, технологий, процессов и их связей. Поэтому, цифровой двойник представляет собой систему поддержки всей архитектуры предприятия, включая производственную инфраструктуру, систему управления потоком создания стоимости[5,6], построенного на реинжиниринге бизнес-процессов предприятия[7-9] и имитационную систему сценариев развития предприятия, основанную на информационно-математической модели[10-12].

Математические основы потока создания стоимости

Поток создания стоимости является целевым элементом системы управления предприятием[13]. В общем случае, предприятие представляет собой последовательно-параллельно взаимосвязанных бизнес-процессов, а каждый бизнес-процесс – также последовательно-параллельно взаимосвязанных бизнес-задач. Решение бизнес-задач дает бизнес-продукт, поддающийся технико-экономической оценке. Поэтому, поток создания стоимости представляет собой поток решений бизнес-задач, поток бизнес-продуктов. Такой поток создания стоимости можно построить для каждого бизнес-процесса, как это схематично представлено на Рисунке 1.

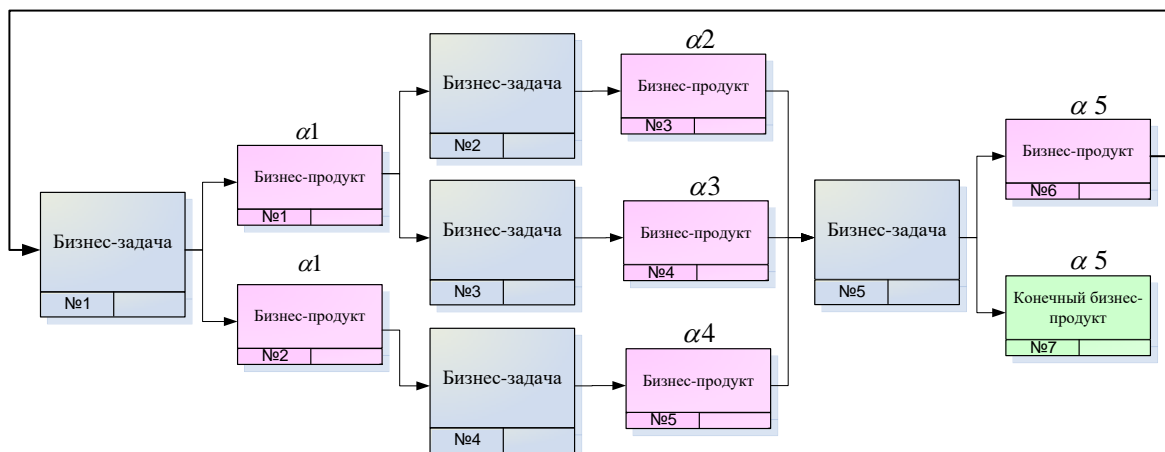


Рисунок 1. Схема потока создания стоимости бизнес-процесса

Его можно построить на основе реинжиниринга бизнес-процессов в виде модели управления бизнес-продуктами предприятия[5,9]. Реализация этапов реинжиниринга бизнес-процессов и создания имитационной информационно-математической модели потока создания стоимости можно схематично представить в следующем виде (Рисунок 2):

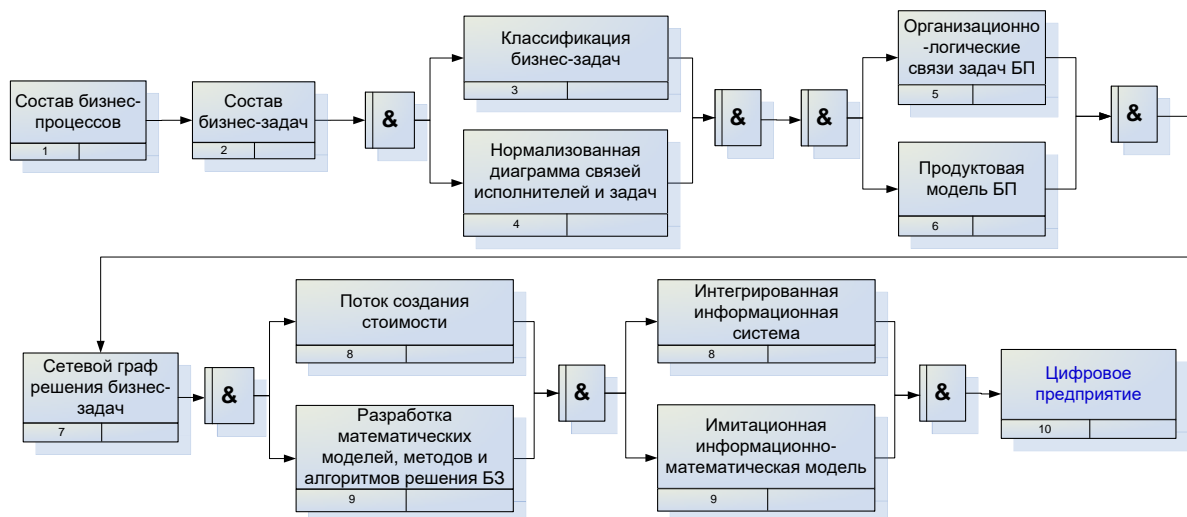


Рисунок 2. Схема создания цифрового предприятия на основе имитационной модели потока создания стоимости

Носителями стоимости в деятельности предприятия и в бизнес-процессах являются бизнес-продукты и поток создания стоимости можно представить в виде ориентированного графа (Рисунок 3), где вершинами графа являются бизнес-задачи, дугами продукты их решения[5].

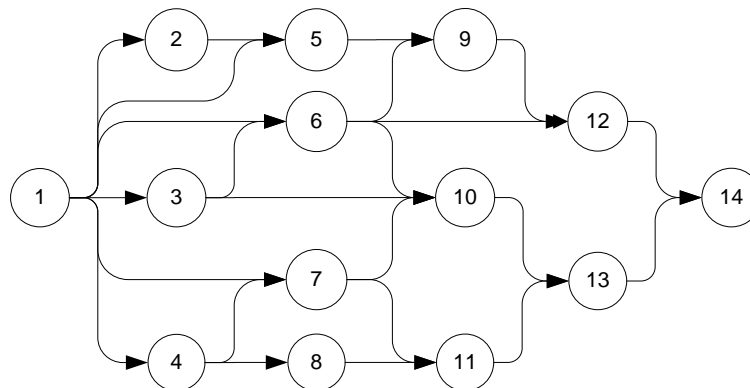


Рисунок 3. Пример графа потока создания стоимости

Поток на графе – это совокупность однородных объектов, пересылаемых из одной вершины в другую по его дугам. Этот поток можно определить как некоторую функцию $C(t, w)$, заданную на дугах графа (t, w) . Эта функция может представлять функцию стоимости или каких-либо других характеристик бизнес-продуктов.

Дивергенция потока C в вершине t вычисляется как разность выходящих и входящих потоков.

$$div_c(t) = \sum_{(t,j) \in A(t)} C(t,j) - \sum_{(i,t) \in B(t)} C(i,t),$$

где $A(t)$ – множество дуг, выходящих из вершины t , а $B(t)$ – множество дуг, входящих в вершину t . Вершины, в которых $div_c(t) > 0$, называются источниками потока C , а вершины, в которых $div_c(t) < 0$, – его стоками.

Во всех вершинах графа потока создания стоимости $div_c(t) > 0$, так как существуют прямые затраты (материальные, трудовые, амортизационные и прочие) для решения бизнес-задач. Величина прямых затрат на решение бизнес-задачи t равна величине $S^{qt} = div_c(t)$, а бюджет реализации бизнес-процесса q равна $S^q = \sum_{t \in q} div_c(t)$. Вершины графа потока создания стоимости в бизнес-процессах являются источниками (затрат), оптимизированный поток соответствует минимальному значению S^q .

Доходы бизнес-процесса или предприятия в целом представляют собой сумму дивергенций потока создания стоимости, вычисленных по вершинам, создающим поток конечных бизнес-продуктов, реализуемым внешним потребителям.

Таким образом, управление потоком создания стоимости и расчет характеристик этого потока может осуществляться с использованием теории графов, а характеристики этих потоков имеют реальный экономический смысл.

Основы расчетов характеристик потока создания стоимости

A. Себестоимость бизнес-продукта имеет две составляющие: прямые затраты в виде бюджета единичного решения бизнес-задачи, который включает в себя прямые материальные, трудовые затраты, амортизацию основных средств и прочие затраты (элементы затрат); «косвенные затраты» в виде себестоимости входящих бизнес-продуктов.

B. Бюджеты центров финансовой ответственности (подразделений) определяется на основе нормализованной диаграммы связей исполнителей и бизнес-задач.

C. Количество решений бизнес-задач (создаваемых продуктов) за плановый период определяется цикличностью для аналитических, организационных и учетных задач и планом производства для технологических задач.

D. Стоимость единицы ресурса c_{ij} , где i -номер статьи затрат, а j - номер элемента затрат (материальные затраты $j=1$, трудовые затраты $j=2$, амортизация основных средств $j=3$, прочие затраты $j=4$).

E. Стоимость решения бизнес-задач определяется на основе расчетных или устанавливаемых нормативов расходования ресурсов.

F. Для элемента затрат «Амортизация основных фондов» норматив может устанавливаться например, как норматив продолжительности использования данного основного фонда на решение бизнес-задачи. Так как один и тот же основной фонд может использоваться в решении различных задач и с различной интенсивностью (различная нормативная продолжительность использования основного фонда), то необходимо определить долю распределения амортизационных отчислений на бизнес-задачи. Следовательно, возникает необходимость определения стоимости единичного времени нормативной продолжительности использования основного фонда - доли от суммы амортизационных отчислений по данному основному фонду за плановый период, которая приходится на единицу времени нормативной продолжительности его использования. Эта стоимость рассчитывается как отношение размера амортизационных отчислений за плановый период к суммарной нормативной продолжительности использования основного фонда по формуле:

$$c_{ij} = \frac{Na_{ij}}{\sum_{q=1}^Q \sum_{r=1}^{R_q} \sum_{t=1}^{T_{qr}} N_{ij}^{qrt}}, \quad j = 3,$$

где Q – количество бизнес-процессов предприятия;

R_q – количество подпроцессов q – го бизнес-процесса;

T_{qr} – количество бизнес-задач r -го подпроцесса q – го бизнес-процесса;

Na_{ij} - размер амортизационных отчислений i – го основного фонда за плановый период;

N_{ij}^{qrt} –нормативная продолжительность использования i – го основного фонда для решения бизнес-задачи qrt ;

$\sum_{q=1}^Q \sum_{r=1}^{R_q} \sum_{t=1}^{T_{qr}} N_{ij}^{qrt}$ - суммарная нормативная продолжительность использования всеми бизнес-задачами i – го основного фонда за плановый период.

В случае сетевого использования основного средства, суммарная нормативная продолжительность его использования может оказаться больше, чем рабочая продолжительность планового периода (по причине неполной загрузки в период нормативной продолжительности решения бизнес-задач или недостаточности ресурсов времени данного основного фонда). В этом случае принимаются соответствующие управленческие решения по основным средствам и по нормам их использования. Согласно соотношения (1) недозагруженность основных средств в конечном счете приведет к повышению стоимости бизнес-продуктов.

G. Затраты на единичное решение бизнес-задачи рассчитываются как произведение нормы расхода ресурса на стоимость единицы ресурса. Таким образом, затраты по i -ой статье j -ого элемента затрат на единичное решение t -ой задачи r -го подпроцесса q -го бизнес-процесса вычисляются по формуле:

$$z_{ij}^{qrt} = N_{ij}^{qrt} * c_{ij}$$

где N_{ij}^{qrt} – норма расхода ресурса по i -ой статье j -ого элемента затрат на единичное решение t -ой задачи r -го подпроцесса q -го бизнес-процесса;
 c_{ij} - стоимость единицы ресурса i -ой статьи j -ого элемента затрат;
 z_{ij}^{qrt} - затраты по i -ой статье j -ого элемента затрат на единичное решение t -ой задачи r -го подпроцесса q -го бизнес-процесса.

Н. Бюджет единичного решения бизнес-задачи представляет собой совокупные прямые затраты на единичное решение бизнес-задачи:

$$S_1^{qrt} = \sum_i \sum_j N_{ij}^{qrt} * c_{ij}$$

И. Бюджет решения бизнес-задачи за плановый период представляет собой произведение совокупных прямых затрат на единичное решение бизнес-задачи на цикличность решения бизнес-задачи:

$$S^{qrt} = p^{qrt} \sum_i \sum_j N_{ij}^{qrt} * c_{ij}$$

где p^{qrt} – цикличность решения задачи t -ой задачи r -го подпроцесса q -го бизнес-процесса за плановый период; S^{qrt} - бюджет решения бизнес-задачи qrt .

Ж. Бюджет реализации бизнес-процесса представляет собой совокупные прямые затраты на единичное решение всех входящих в него бизнес-задач:

$$S^q = \sum_{r=1}^{R_q} \sum_{t=1}^{T_{qr}} S^{qrt} = \sum_{r=1}^{R_q} \sum_{t=1}^{T_{qr}} p^{qrt} * \sum_i \sum_j N_{ij}^{qrt} * c_{ij}$$

К. Совокупная стоимость продуктов решения бизнес-задачи за плановый период представляет собой сумму бюджета решения бизнес-задачи и совокупной стоимости входящих бизнес-продуктов:

$$Z^{qrt} = S^{qrt} + \sum_n \bar{q}^{rtn} C$$

где $\bar{q}^{rtn} C$ – это себестоимость n -го входящего бизнес-продукта;

Л. Совокупная стоимость выходных продуктов бизнес-процесса за плановый период представляет собой сумму затрат на решение всех бизнес-задач и совокупной себестоимости входящих в бизнес-процесс бизнес-продуктов:

$$Z^q = \sum_{r=1}^{R_q} \sum_{t=1}^{T_{qr}} S^{qrt} + \sum_{r=1}^{R_q} \sum_{t=1}^{T_{qr}} \sum_{n=1}^N \bar{q}^{rtn} C$$

где $\bar{q}^{rtn} C$ - себестоимость n -го входящего в бизнес-процесс бизнес-продукта.

М. Бюджет на плановый период может быть составлен по отдельным бизнес-задачам, по бизнес-процессам, по предприятию, по центрам финансовой ответственности (подразделениям), по отдельным статьям и элементам затрат.

Совокупная стоимость продуктов решения бизнес-задачи может быть распределена на себестоимость бизнес-продуктов в зависимости от их типа, драйвера распределения и кратностей использования бизнес-продуктов.

Драйвер распределения затрат на себестоимость бизнес-продукта можно рассматривать как показатель его ценности или спроса в деятельности предприятия.

Материальный продукт не может быть использован многократно, поэтому кратность использования материального бизнес-продукта тождественна единице

$$K^{qrtn} = 1$$

Кратность же использования информационного бизнес-продукта зависит от того, для какого количества бизнес-задач данный информационный продукт является входным и от цикличности их решения, т.е.

$$K^{qrtn} = \sum_{q=1}^Q \sum_{r=1}^{R_q} \sum_{t=1}^{T_{qr}} q^{rtn} p$$

где ${}^{qrtn}p$ – это цикличность тех бизнес-задач, для которых данный продукт является входящим;

K^{qrtn} - кратность использования информационного бизнес-продукта $qrtn$.

Таким образом, себестоимость n -ого бизнес-продукта задачи qrt вычисляется по формуле

$$C^{qrtn} = \frac{Z^{qrt}}{p^{qrt}} * \frac{d^{qrtn}}{K^{qrtn}}$$

где ${}^{qrtn}p$ – драйвер распределения затрат на себестоимость n -го бизнес-продукта, для однопродуктовой бизнес-задачи $d^{qrtn} = 1$;

p^{qrt} – цикличность решения бизнес-задачи qrt за плановый период;

C^{qrtn} – себестоимость n -го выходного бизнес-продукта бизнес-задачи qrt .

Существует особенность расчета себестоимости информационного бизнес-продукта, который образуется в результате решения технологической бизнес-задачи. Для технологической бизнес-задачи цикличность решения и объем производства тождественны, объем или цикличность в данном случае – это количество выходных материальных бизнес-продуктов. Количество выходных информационных бизнес-продуктов технологических бизнес-задач будет определяться количеством выходных продуктов решения организационных задач ${}^{qrt}V$. Таким образом, себестоимость информационного бизнес-продукта технологической задачи вычисляется по формуле.

$$C^{qrtn} = \frac{Z^{qrt}}{{}^{qrt}V} * \frac{d^{qrtn}}{K^{qrtn}}$$

Для экономической эффективности деятельности предприятия, рентабельности всех создаваемых продуктов (материальных и информационных, промежуточных и конечных) необходимо условие не превышения их себестоимости рыночной цены аналогичных продуктов.

Таким образом, цифровое предприятие может быть построена как система управления потоком создания стоимости. На основе такой системы можно проводить анализ, планирование деятельности предприятия, управлять сценариями развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xu X. From cloud computing to cloud manufacturing // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2012. Vol. 28(1). P. 75–86.
2. Basl J., Buchalceková A., Gála L. Conceptual model of the impact of enterprise information systems innovation on sustainability / In: Moller, Ch., Chaudhry, S.: Advances in Enterprise Information Systems II. Leiden : CRC Press, 2012. 447 p.
3. Зиганин Э.Ш., Смирнов Ю.Н. Об интеграции автоматизированных систем управления технологическими процессами с информационной системой управления предприятием // Интеграл. 2009. № 5. С.91-92.
4. Зиганин Э.Ш., Смирнов Ю.Н. Основы интеграции информационной системы управления предприятием и АСУ технологическими процессами // Автомобильная промышленность. 2011. №10. С. 1-3.
5. Смирнов Д.Ю., Смирнов Ю.Н. О характеристиках потоков создания стоимости на предприятиях // Интеграл. 2010. № 6. С. 72-73.
6. Смирнов Ю.Н., Сидорова Е.А. Методология процессно-продуктового бюджетирования и расчета себестоимости продукции // Научно-практический журнал «Интеграл» – 2009. - №6. - С.47-49.
7. Смирнов Ю.Н. Процессно-задачный инжиниринг бизнес-процессов и стандарт управления предприятием // Интеграл. 2007. № 5. С. 54-55.
8. Смирнов Ю.Н. Основные бизнес-задачи предприятия // Интеграл. 2008. № 3. С. 96-98.
9. Смирнов Ю.Н. Процессно-продуктовый подход к экономике и управлению на предприятиях // Интеграл. 2009. № 6. С. 88-89.
10. Смирнов Ю.Н. Общая и имитационная информационно-математические модели деятельности предприятия // Интеграл. 2007. № 6. С. 46-47.
11. Смирнов Ю.Н. Календарное планирование и анализ развития предприятия на основе информационно-математической модели // Интеграл. 2009. № 2. С. 24-25.
12. Смирнов Д.Ю., Гимазетдинов Р.Ф., Смирнов Ю.Н. Информационно-математическая система анализа и планирования закупочной, складской, транспортной и сбытовой логистики нефтепродуктов для предприятий нефтяной отрасли // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2015. № 1. С. 99-110.

13. *Уреев Н.Н., Судников В.В.* Классификация результатов внедрения системы LEAN-менеджмента бизнес-процессов на предприятии в цепи создания ценности для потребителя // Вестник КНИТУ им. А.Н. Туполева, № 1, 2017.

12.10.2018 г.

DIGITAL ENTERPRISE ON THE BASIS OF A SIMULATION MODEL OF THE FLOW OF VALUE CREATION

Yu.N.Smirnov

We consider the flow of value creation as the basis for building a simulation information and mathematical model of a digital enterprise. The mathematical foundations of the value stream constructed by the method of process and product reengineering of business processes are presented, the formulas for calculating the characteristics of this flow are given.

The flow of value creation, a digital double of the enterprise, simulation of information-mathematical model, re-engineering, business processes.

Смирнов Юрий Николаевич, доцент, заведующий кафедрой «Инженерная кибернетика», проректор по информатизации, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», mmite@inbox.ru .