

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

А.Г. Мадера

amadera@hse.ru

НИУ ВШЭ, г. Москва, РФ

Введение

Процессный подход к деятельности, совершаемой в сложных системах, состоящих из большого числа разнородных организационных единиц, преследующих общую конечную цель, в настоящее время активно развивается. Между тем работы по проектированию бизнес-процессов, равно как и работ, посвященных математическому моделированию и оптимизации бизнес-процессов, явно недостаточно. Это в частности проявляется отсутствием реальных примеров проектирования, математического моделирования и оптимизации процессов, конкретных компаний.

Моделирование бизнес-процессов на сегодняшний день является в основном дескриптивным [15] и осуществляется в виде вербального, текстового, табличного, графического и др. описаний (нотаций) потоков работ и информационных данных. При таком подходе под моделированием бизнес-процесса понимается регламентация процессов, их документирование и сопровождающий документооборот, а декларируемая в различных руководствах оптимизация бизнес-процессов заключается в выполнении неких мероприятий по их согласованию и частичному улучшению [7, 9]. Между тем, выполнение разнообразных организационных мероприятий на самом деле оптимизацией не является, поскольку не может гарантировать того, что проводимые мероприятия являются оптимальными в смысле экстремального значения некоторого критерия, а описательное моделирование не может служить основанием для осуществления математической оптимизации.

Для того чтобы иметь возможность осуществлять оптимизацию необходимо располагать математической моделью бизнес-процесса, количественно описывающей изучаемый процесс, а также критериями его оптимизации [3]. Между тем работ, посвященных математическому моделированию бизнес-процессов, как отмечается в [15] чрезвычайно мало [10, 12, 13, 14].

Оптимизация объемов ресурсов и производимой продукции в каждом процессном звене и во всем бизнес-процессе в целом, является первоочередной задачей при проектировании любого бизнес-процесса (производственного, обслуживающего, сервисного, распределительного и др.). Ввиду неопределенности будущего спроса на новый продукт (ради создания которого и организуется бизнес-процесс), неопределенности будущих цен продажи продукта и закупки

необходимых ресурсов для производства, неопределенности инвестиций и их последствий, адекватная оптимизация бизнес-процесса должна проводиться в условиях неопределенности будущего. Очевидно, что никакие сколь угодно подробные описания, регламентации, спецификации, нотации и пр. бизнес-процессов в какой бы то ни было описательной форме (словесной, текстовой, табличной, графической и пр.) не позволяют решить поставленные задачи. Для проведения указанной оптимизации в условиях неопределенности необходимо располагать соответствующей математической моделью бизнес-процесса [3]. Поэтому адекватная реальности математическая модель должна быть оптимизационной, содержать ограничения и условия неопределенности. Для осуществления требуемой оптимизации бизнес-процесса необходимо также располагать критерием, отражающим неопределенность будущего, возможные результаты работы бизнес-процесса, которые будут актуализированы только в будущем как с точки зрения финансовых результатов, так и с позиции результирующего продукта на выходе всего процесса. Как будет показано ниже, всем требованиям отвечает комплексный критерий максимизации *шансы – риски* [5, 6].

В настоящей работе предлагается математическая оптимизационная модель бизнес-процесса в условиях неопределенности. Разработанные математические методы и модели могут быть применены для проектирования бизнес-процессов, содержащих различные виды деятельности, относящиеся к сферам производства, распределения, оказания услуг, сервиса и иных видов деятельности, создающих прибавочные продукты и/или добавленные стоимости.

Математические модели производственных и сервисных звеньев бизнес-процесса

В структурной модели бизнес-процесса каждая отдельная операция (вид деятельности) моделируется соответствующим процессным звеном, на вход которого поступают потоки ресурсов $Z = \{X; Y\}$, разделенные на две части. Вектор потоков $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ на входе в i -е процессное звено включает потоки материальных ресурсов, или факторов производства, закупаемых во внешней среде; вектор потоков $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_k\}$ включает продукты, произведенные в предшествующих i -му звену, процессных звеньях, являющихся входными ресурсами для осуществления производства в данном i -ом звене. Ресурсы, принадлежащие вектору X будем называть *экзогенными*, ресурсы, входящие в вектор Y – *эндогенными*. В общем случае на вход каждого процессного звена подаются ресурсы обоого рода (эндогенные и экзогенные).

В структурной модели бизнес-процесса потоки экзогенных и эндогенных ресурсов обозначаются кружками, процессные производственные звенья – прямоугольниками, сервисные звенья – ромбами, поступление ресурсов и / или продуктов – стрелками (рис. 1). Так, например, структурная модель бизнес-процесса на рис. 1 содержит сервисное звено 1 и четыре производственных звена 2, 3, 4, 5. Из внешней среды поступают (закупаются) экзогенные ресурсы x_1 ,

x_2, x_3, x_4, x_5 . Потоки продуктов y_1, y_2, y_3 , произведенные в процессных звеньях 2, 3, 4 являются эндогенными, так как одновременно поступают в качестве ресурсов для следующих процессных звеньев, поток y_4 представляет собой произведенный конечный продукт, являющийся конечной целью всего бизнес-процесса. Материальные потоки ресурсов x_1, x_2 на входе и выходе сервисного звена 1 равны между собой, поскольку, как будет показано ниже, не претерпевают изменений в процессе осуществления над ними сервисных работ.

В зависимости от вида осуществляемой деятельности процессные звенья могут быть отнесены к производственным или обслуживающим (сервисным) звеньям. В производственном звене происходит преобразование материальных ресурсов (факторов производства), поступающих на вход звена, в продукт на его выходе (промежуточный, полуфабрикат, незавершенное производство, окончательный) и одновременно с этим – преобразование стоимости поступающих факторов в новую добавленную стоимость продукта на выходе звена. В отличие от производственных звеньев в сервисном, или обслуживающем,

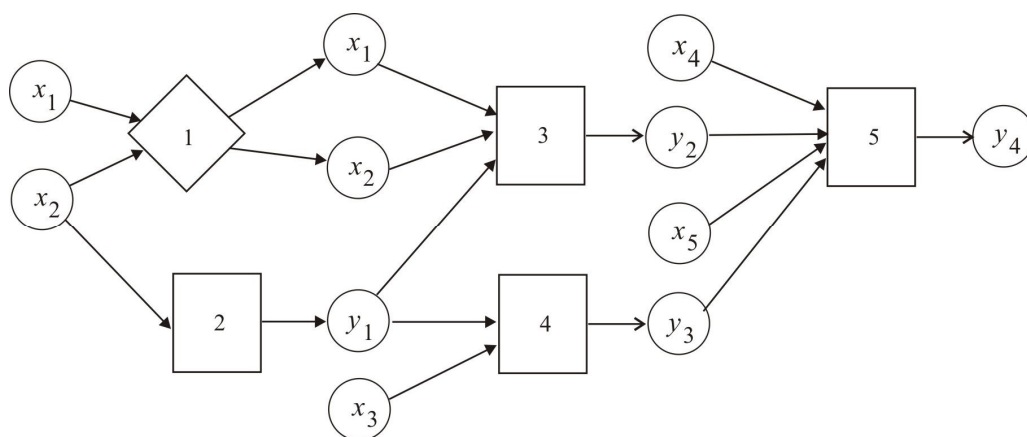


Рис. 1. Структурная модель бизнес процесса (пример)

звене продукт не производится, материальные факторы производства не затрачиваются, но при выполнении сервисных (обслуживающих) работ происходит добавление стоимости, пропорциональной затратам на их выполнение и переносимой на конечный продукт производства. К сервисным работам относится, например, переработка грузов, транспортировка, складирование, хранение и пр.

Математической моделью производственной операции по переработке ресурсов совершаемой в производственном звене на входе звена в продукт на выходе, может служить производственная функция (ПФ) [2]. Для процессного звена i с экзогенными и эндогенными ресурсами на входе и одним произведенным в звене i продуктом на выходе (рис. 2) математическая модель представляет собой многофакторную ПФ $y_i = f_i(x_1, \dots, x_n; y_1, \dots, y_k)$.

Одновременно с физическим преобразованием материальных факторов производства в производственном звене происходит преобразование стоимости

входного потока в стоимость выходного потока (под стоимостью далее будет пониматься так называемая средняя стоимость, то есть стоимость на единицу объема потока [8]). В результате на выходе звена получается поток со стоимостью, превышающей стоимость потока ресурсов на его входе на величину равную произведенной в звене добавленной стоимости, которая является функцией от объема потока y_i на выходе звена и имеет вид U -образной кривой с выраженным минимумом [8].

Наряду с производственными звеньями в бизнес-процессе присутствуют также сервисные звенья (рис. 3), в которых совершается деятельность по обслуживанию материального потока. В отличие от производства в деятельности по оказанию услуг переработка факторов в качественно новую продукцию не производится и, как следствие, специальная закупка ресурсов, предназначен-

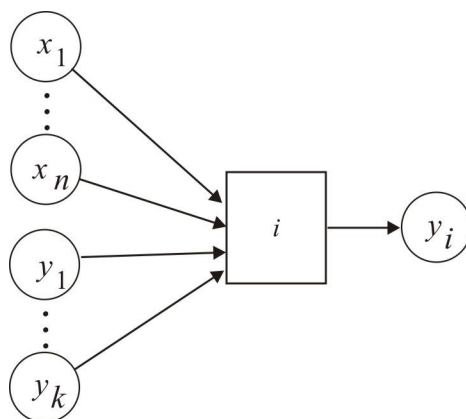


Рис. 2. Структурная модель процессного производственного звена

ных для переработки в продукцию, отсутствует. Сервисная деятельность имеет дело с уже произведенной продукцией (конечным продуктом, полуфабрикатами, незавершенным производством, факторами производства) и осуществляется в форме добавленной стоимости при выполнении над ней сервисных работ, в отличие от добавленной стоимости, обусловленной производственной переработкой факторов в новый продукт. К сервисным видам работ относятся, например, транспортировка, упаковка, складирование, хранение, погрузка / разгрузка, консолидация, оформление сопроводительной документации и пр.

Математическая модель сервисного звена характеризуется следующими особенностями:

a) объемы входного и выходного материальных экзогенных и эндогенных потоков в сервисном звене равны между собой и не изменяются при выполнении сервисных операций;

b) при проведении сервисных работ над продуктами, к стоимостям каждого элемента входного потока прибавляются добавленные стоимости на единицу объема выходного продукта, являющиеся, в общем случае, функциями объемов материальных потоков на выходе сервисного звена (рис. 3).

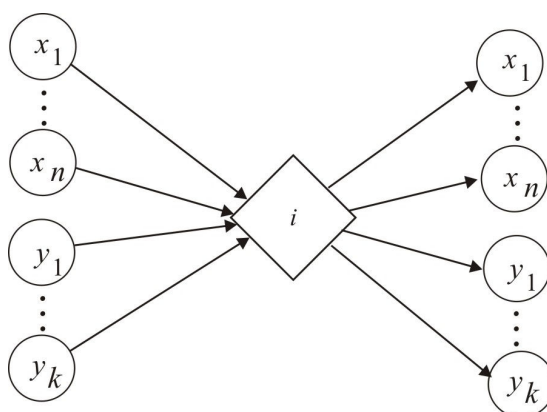


Рис. 3. Структурная модель сервисного звена

Математическая модель бизнес-процесса

Каждое процессное звено выполняет некоторую операцию (работу), являющуюся частью полного цикла по производству и / или сервису конечного продукта. Между производственными и сервисными процессными звеньями, как уже отмечалось, имеется принципиальное различие, состоящее в том, что производственные процессы ориентируются на будущий объем спроса и предложения производимого конечного продукта, а сервисные – на обслуживание уже произведенных продуктов (завершенных или незавершенных), объемы обслуживания которых определяются договором между *владельцами* производственного и сервисного процесса. Поэтому подходы к проектированию производственных и сервисных бизнес-процессов существенно отличаются друг от друга. В то время как при проектировании производственных процессов главным принципом является удовлетворение прогнозируемого спроса и предложения на будущую продукцию, то при проектировании сервисных процессов необходимо руководствоваться качеством обслуживания потребителей, причем в объемах готовой продукции, которые поступают от заказчика сервисных работ, то есть владельца бизнес-процесса.

Проектирование, моделирование и оптимизация бизнес-процесса осуществляются от выхода бизнес-процесса к его входу и носят оптимизационный характер. Это обуславливается тем, что для принятия решения относительно того, в каких оптимальных объемах следует закупать факторы производства, производить промежуточные и конечный продукты в процессных звеньях, необходимо располагать прогнозом объема будущего *спроса* и будущей *цены* на планируемый к выпуску продукт. Спрос и цены на факторы производства и будущую продукцию носят неопределенный характер и априори неизвестны, что обуславливается неопределенностью актуализации в будущем состояния экономики, финансов, в которых осуществляется бизнес процесс, объемы предложения с учетом конкурентоспособности будущего продукта, состояния организаций, участвующих в бизнес-процессе (организационное, финансовое, менеджмент, и пр.).

Все существенные прогнозные характеристики, на которые ориентируется владелец бизнес-процесса, принимая решение о его инициации, связаны с актуализацией в будущем различного рода событий, которые в случае благоприятного характера для бизнес-процесса являются *шансами*, в противном случае – *рисками* [5, 6]. Поэтому при оптимизационном процессном проектировании наиболее релевантный критерий должен отражать возможную актуализацию в будущем как шансов, так и рисков, равно как и соотношение между ними. Таким релевантным (максимизируемым) критерием является комплексный критерий шансов и рисков ($R \& Ch$) [5, 6], равный:

$$R \& C = \beta_{Ch} Ch - \beta_R |R|, \quad (1)$$

где Ch и R – полные прогнозируемые шансы и риски, релевантные рассматриваемому бизнес-процессу; $\beta_{Ch} \geq 0, \beta_R \geq 0$ – коэффициенты относительной важности шансов и рисков с точки зрения владельца бизнес-процесса.

Согласно критерию шансов и рисков $R \& Ch$ (1) выбор наилучшего решения осуществляется исходя из максимизации шансов при одновременной минимизации рисков, что отражает психологию принятия решений субъектом. Действительно, субъект, принимая решение о начале нового проекта руководствуется прежде всего теми новыми возможностями и «радужными» перспективами, которые ему сулят результаты проекта в будущем, то есть шансами, и только во вторую очередь он принимает во внимание возможные затруднения и препятствия, то есть риски, с которыми он может столкнуться на своем пути. Иными словами, шансы – это мотивация к действию, риски – проявление предосторожности при выборе конкретного пути реализации своего плана. «Именно наша врожденная жажда деятельности есть та сила, которая движет миром» [1]. Принятие решений исходя лишь из анализа одних только рисков (как это имеет место в существующей литературе), является выбором наименьшего зла из множества наибольших, что ничего не говорит о том насколько вообще целесообразно начинать ту или иную деятельность и какие выгоды она может принести по сравнению с иными вариантами приложения усилий и инвестирования. Причем ответ на последний вопрос может быть получен только в процессе анализа шансов.

Величины шансов Ch и рисков R любой деятельности, в том числе и процессной, определяются как сумма произведений *материальных мер шансов* (доходы, прибыли) $M_{Ch,k}$ ($k = 1, 2, \dots, L$) и *рисков* (потери, убытки) $M_{R,k}$ ($k = 1, 2, \dots, K$) – на *меры их возможной актуализации* $P_{Ch,k}$ и $P_{R,k}$. В будущем может актуализироваться лишь одно событие из множества возможных L шансов и K рисков, поэтому они образуют полную группу событий. Полные *шансы* Ch и *риски* R вычисляются согласно выражениям [5, 6]:

$$Ch = \sum_{k=1}^L M_{Ch,k} P_{Ch,k}, \quad R = \sum_{k=1}^K M_{R,k} P_{R,k}. \quad (2)$$

Оптимизационная математическая модель производственного бизнес-процесса имеет следующий вид:

найти объемы факторов производства x_1, x_2, \dots, x_m ($x_i \geq 0, i = 1 \dots m$), закупаемых во внешней среде для обеспечения производства во всем бизнес-процессе, по ценам c_1, c_2, \dots, c_m , доставляющие максимальное значение комплексному критерию *шансы-риски* ($R\&Ch$) (1), (2)

$$R\&Ch = \beta_{Ch} \sum_{k=1}^L M_{Ch,k} P_{Ch,k} - \beta_R \left| \sum_{k=1}^K M_{R,k} P_{R,k} \right| \rightarrow \max, \quad (3)$$

и удовлетворяющие вероятностному финансовому условию – вероятность того, что будущие общие затраты на закупку факторов производства не превысят финансовых средств I , будет не меньше величины p :

$$P\{c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_m x_m \leq I\} \geq p. \quad (4)$$

Вероятностное бюджетное ограничение (4) обусловлено тем, что будущие цены на факторы производства c_1, c_2, \dots, c_m и будущий платежеспособный уровень финансовых средств, или инвестиций I , являются неопределенными и в будущем могут претерпеть существенные изменения в ту или иную сторону. Поэтому бюджетное ограничение может пониматься только в вероятностном смысле. Отметим, что вероятность выполнения условия $P\{\cdot\} \geq p$ представляет собой *субъективную вероятность*, отражающую степень убежденности владельца (эксперта) бизнес-процесса в своем прогнозе, так как любой экономический и социальный фактор, будущая актуализация которого подвергается прогнозированию, не является объективно-вероятностным объектом [4, 5, 11].

Методика оптимизации бизнес-процесса в условиях неопределенности основывается на предварительном прогнозе неопределенных факторов, которые могут актуализироваться в будущем: состояния экономики; спроса на конечный продукт; объема возможного предложения; продажной цены произведенного продукта; цен на используемые факторы производства; состояния организационных единиц, участвующих в бизнес-процессе (финансовое, организационное, менеджмент и пр.).

Математическое моделирование и оптимизация бизнес-процесса по производству и обслуживанию намеченного к выпуску нового продукта включает в себя следующие этапы:

Этап 1. Оптимизация объема выпуска конечного продукта и объемов факторов производства для рыночной конъюнктуры, сложившейся на сегодняшний день.

Этап 2. Прогноз будущих состояний экономики, финансов, шансов и рисков и их оценка.

Этап 3. Оптимизационная математическая модель бизнес-процесса при прогнозируемых будущих условиях. Оптимизационная математическая модель бизнес-процесса (3), (4) описывает оптимальные объемы конечного продукта и затрат факторов производства при одновременном взвешивании (с коэффициентами $\beta_{Ch} \geq 1, \beta_R \leq 1$) благоприятного прогноза развития событий с вероятно-

стью шанса $P_{Ch,k}$ и неблагоприятном прогнозе с вероятностью риска $P_{R,k}$ относительно конъюнктуры рынка в настоящий момент времени. По найденным данным находятся также оптимальные продукты на выходе каждого промежуточного процессного звена в отдельности.

Этап 4. Определение средних стоимостей и добавленных стоимостей на единицу объема в каждом звене.

Заключение

Проектирование бизнес-процессов, понимаемое как численный оптимизационный синтез структуры, факторов и параметров бизнес-процесса, при всей своей актуальности до сих пор не получило должного развития. Приводимые в литературе подходы к моделированию и так называемой оптимизации бизнес-процессов носят дескриптивный характер на самом деле таковыми не являются, поскольку не позволяют осуществлять их количественную оптимизацию.

В данной работе предлагаются методы математического моделирования и оптимизации бизнес-процессов в условиях будущей неопределенности состояния экономики и финансов (будущий спрос, цена на конечный продукт, объем инвестиций, цены на факторы производства, возможные шансы (благоприятные будущие события) и риски (неблагоприятные будущие события)). Структурная модель бизнес-процесса, рассматриваемая в работе, включает в себя как производственные, так и сервисные. Принятый оптимизационный критерий, максимизирующий шансы и минимизирующий риски процесса наиболее адекватно отражает будущую неопределенность при принятии решений. Предлагаемые модели и методы позволяют осуществлять математическое моделирование и оптимизацию бизнес-процесса без ограничения сложности в условиях будущей неопределенности экономики и финансов, а также создавать на их основе программные комплексы для численного проектирования бизнес-процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кейнс Дж.М. 2012. *Общая теория занятости, процента и денег*. М.: Гелиос АРВ.
2. Клейнер Г.Б. 1986. *Производственные функции: Теория, методы, применение*. М.: Финансы и статистика.
3. Мадера А.Г. 2009. *Моделирование и принятие решений в менеджменте*. М.: Изд-во ЛКИ / URSS.
4. Мадера А.Г. 2014а. Интервально стохастическая неопределенность оценок в многокритериальных задачах принятия решений. *Искусственный интеллект и принятие решений* (3): 105 – 115.
5. Мадера А.Г. 2014б. *Риски и шансы: неопределенность, прогнозирование и оценка*. М.: Изд-во КРАСАНД / URSS.
6. Мадера А.Г. 2014в. *Риски и шансы: принятие решений в условиях неопределенного будущего. Менеджмент в России и за рубежом* (2): 12 – 22.
7. Робсон М., Уллах Ф. 2003. *Реинжиниринг бизнес-процессов*. Пер. с англ. М.: Изд-во Юнити.

8. Сломан Дж. 2006. *Основы экономики*. Пер. с англ. М.: Изд-во Проспект
9. Харрингтон Д., Эсселинг К.С., Нимвеген Х. ван. Оптимизация бизнес процессов. Документирование, анализ, Управление, оптимизация. 2002. С.-Пб.: Азбука
10. Hofacker I., Vetschera R. 2001. Algorithmical approaches to business process design. *Computer & Operations Research* **28**: 1253–1275
11. Keynes J.M. 1921. *Treatise on Probability*. MacMillan & Co: London.
12. Koubarakis M., Plexousakis D. 2002. A formal framework for business process modelling and design. *Int Syst.* **27**: 299–319
13. Powell S.G., Schwaninger M., Trimble C. 2001. Measurement and control of business processes. *Syst. Dyn. Rev.* **17** no. 1: 63–91
14. Valiris G., Glykas M. 2004. Business analysis metrics for business process redesign. *Bus. Process Management. J.* **10** no. 4: 445–480
15. Vergidis K., Tiwari A. 2008. Business process analysis and optimization: beyond reengineering. *IEEE Transactions on Systems, Man, Cybernetics – Part C: Application and Reviews*: 1–14