

11.5. ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ ДИАГРАММ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Воронин Н.П., аспирант кафедры прикладной математики и моделирования систем

Московский государственный университет печати им. Ивана Федорова

В настоящей работе представлен универсальный способ получения бизнес-маршрутов диаграммы бизнес-процесса, позволяющий рассчитывать ресурсы бизнес-процесса, включая элементарные бизнес-операции, риски, а так же функционально-стоимостной анализ исходной диаграммы бизнес-процесса. Представленная информация, может быть использована при проектировании новых, более высокоуровневых бизнес-процессов или при анализе и оптимизации уже существующих у исследуемого предприятия, а также при проверке соответствия бизнес-процесса корпоративным, отраслевым и другим стандартам.

ВВЕДЕНИЕ

Функционально-стоимостной анализ (далее, ABC-анализ от английского Activity Based Costing) это совокупность процедур, направленных на решение следующих задач:

- определение и проведение общего анализа себестоимости бизнес-процессов (БП) на предприятии;
- проведение сравнительного анализа и обоснование выбора рационального варианта реализации того или иного БП;
- выделение и анализ типов затрат (основных, дополнительных и неоправданных);
- сравнительный анализ вариантов снижения затрат в производстве, сбыте и управлении за счет упорядочения функций структурных подразделений предприятия [3].

Функционально-стоимостной анализ основан на предположении, что каждый БП в компании (например, производство внутреннего или внешнего продукта, услуги) можно представить как последовательность действий, называемых «этапами процесса», причем каждый этап потребляет определенные ресурсы.

Сумма расходов на выполнение всех этапов БП пропорциональна себестоимости продукта (услуги), полученного в результате реализации этого бизнес-процесса.

Как правило, выделяют два типа ресурсов, потребляемых бизнес-процессами: материальные и временные. Стоимость временных ресурсов определяется временем выполнения того или иного процесса. Стоимость материальных ресурсов определяется количеством повторов рассматриваемого процесса. Например, если одно выполнение процесса требует фиксированного количества расходных материалов w , то общее количество требуемых расходных материалов будет пропорционально R_w , где R – максимальное число повторений рассматриваемого процесса при выполнении всего законченного БП.

Таким образом, рассматривая БП как последовательность некоторых действий с определенными потребляемыми ресурсами, можно, в конечном счете, судить о качестве управления бизнес-процессами. Однако непосредственная реализация такого подхода затруднена, в связи с особенностями стандартного представления бизнес-процессов в виде графа с циклами, ряд вершин которого могут содержать логические условия, а остальным вершинам невозможно приписать значения временных и материальных ресурсов без дополнительного анализа. Поэтому необходимым первоначальным этапом функционально-стоимостного анализа становится задача преобразования диаграмм бизнес-процессов в некоторый формальный объект, для которого известны (или относительно легко могут быть получены) оценки затрат ресурсов.

Постановка задачи

Предварительные замечания. Любой бизнес-процесс обычно представляют в виде некоторого ориентированного, циклического графа, в котором вершины соответствуют конкретным этапам выполнения бизнес-процесса, а дуги – возможным способом передачи информации между этими этапами [4]. Такой граф обычно принято называть диаграммой бизнес-процесса.

Хотя диаграммы БП удобно использовать в качестве программных моделей бизнес-процесса, для целей ABC-анализа такое представление мало пригодно по следующим причинам:

- вершина диаграммы, как правило, это описание некоторого сложного этапа, который в свою очередь может быть представлен в виде поддиаграммы; степень вложенности (последовательного уточнения процессов, происходящих в вершинах диаграммы) может достигать четырех;
- вершинам диаграммы могут быть приписаны некие логические условия, которые определяют правила передачи информации по выходным дугам этой вершины, что делает невозможным непосредственное применение стандартных алгоритмов анализа топологии графа;
- ABC-анализ требует приписывания весов вершинам графа, но осуществление такого взвешивания в диаграмме затруднено как наличием вложенности вершин диаграммы, так и логическими условиями, приписанными различным вершинам.

Содержательная постановка задачи. Необходимо найти алгоритм, который по любой диаграмме бизнес-процесса будет строить ациклический граф вершины которого будут представлять собой элементарные бизнес-операции, ни одна из вершин не будет содержать логических условий, и каждой вершине которого будет приписан вес (в некотором естественном соответствии с параметрами исходной диаграммы БП) для адекватной оценки величин ресурсов потребляемых этой вершиной.

Только после решения этой задачи можно приступить к разработке алгоритма анализа всех возможных бизнес-маршрутов, и, в конечном итоге, функционально-стоимостному анализу исходной диаграммы бизнес-процесса.

Алгоритм преобразования (трансформации) исходной диаграммы БП

Как правило, описания реальных БП содержат разного рода ветвления и циклы. Так, к примеру, мы не можем определить процесс работы практически любого офисного отдела как строгую последовательность действий – в зависимости от ситуации, время выполнения некоторых действий, которые должен совершить сотрудник, будет определяться тем, как и когда выполнят свои действия другие сотрудники.

Для формального описания возможных ситуаций примем следующие определения.

- Определение 1. Назовем условным ветвлением («XOR-ветвление») такую ситуацию, при которой некоторое действие, имеющее более одной дочерней ветви, инициирует выполнение действий, лежащих в одной и только одной ветви. В таком случае время и стоимость определяются действиями, лежащими в выполненной ветви.
- Определение 2. Назовем параллельным ветвлением («AND-ветвление») такую ситуацию, при которой некоторое действие, имеющее более одной дочерней ветви, инициирует параллельное выполнение действий, лежащих дочерних ветвях. В таком случае время выполнения будем определять как максимальное среди всех ветвей время, а стоимость выполнения действий как сумму стоимостей всех действий, лежащих во всех ветвях.

- Определение 3. Назовем синхронным ожиданием («AND-ожидание») такую ситуацию, при которой некоторое действие, имеющее более одной родительской ветви, выполняется только после выполнения всех действий из всех родительских ветвей. В таком случае время выполнения определяется как максимальное среди всех ветвей время, а стоимость выполнения действий как сумма стоимостей всех действий, лежащих во всех ветвях.
- Определение 4. Назовем не синхронным ожиданием («OR-ожидание») такую ситуацию, при которой некоторое действие, имеющее более одной родительской ветви, каждый раз инициируется выполнением всех действий из любой ветви. В таком случае время выполнения определяется как минимальное среди всех, инициировавших не синхронно ожидающее действие, ветвей время. Аналогично предыдущему, стоимость определяется как сумма стоимостей всех действий, лежащих во всех ветвях инициирующих не синхронно ожидающее действие, а число повторения этого действия равняется числу родительских ветвей с неодинаковым временем выполнения.

Как уже отмечалось, алгоритм преобразования требует декомпозиции вершин диаграммы бизнес-процесса. Декомпозицией вершины диаграммы бизнес-процесса будем называть ациклический граф, описывающий все элементарные бизнес-операции, т.е. действия всех сотрудников, участвующих в данном процессе. При этом вершинам такого графа будут приспаны веса, соответствующие времени и стоимости каждой элементарной бизнес-операции. Последовательное применение подобной процедуры декомпозиции позволяет анализировать диаграммы процессов любой степени вложенности.

Обозначим веса для каждой вершины бизнес-операции, как w и w' , соответствующие значениям времени и стоимости бизнес-операции, соответственно.

Назовем бизнес-маршрутом путь на графе от одной из входных вершин к одной из выходных.

Весом бизнес-маршрута назовем сумму приведенных весов его вершин, где приведенный вес W вершины определяется как $W = k_1 \cdot w' + k_2 \cdot w$, а k_1, k_2 , коэффициенты критериев стоимости и времени выполнения, соответственно.

Для получения всех возможных бизнес-маршрутов нашего графа необходимо выделить все возможные типы вершин графа, соответствующие возможным типам ожидания и ветвления:

- Вершина «XOR-ветвления», полустепень захода равна нулю или единице, полустепень исхода строго больше единицы;
- Вершина «AND-ветвления», полустепень захода равна нулю или единице, полустепень исхода строго больше единицы;
- Вершина «AND-ожидания», полустепень захода равна строго больше единицы, полустепень исхода равна нулю или единице;
- Вершина «OR-ожидания», полустепень захода равна строго больше единицы, полустепень исхода равна нулю или единице;
- Вершина-процесс, полустепень захода равна нулю или единице, полустепень исхода равна нулю или единице.

Со всеми парами смежных вершин с суммой степени не более 3-х продельваем следующее: представим эту пару вершин v_1, v_2 такой вершиной v_3 , что все вершины смежные по входу вершины v_1 смежны по входу к вершине v_3 , все смежные по исходу вершины v_2 смежны по исходу к вершине v_3 . В качестве веса v_3 принята сумма соответствующих весов v_1 и v_2 .

Данные действия необходимо повторить, до тех пор, пока в графе присутствует хотя бы одна пара вершин, удовлетворяющих обозначенным условиям.

Данную операцию иллюстрирует рис. 1.

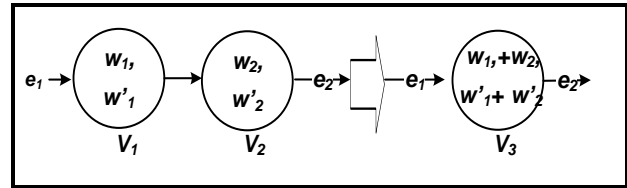


Рис. 1. Объединение вершин

Введем следующие определения:

- вершину v_1 (рис. 2) мы будем называть смежной по входу для v_2 тогда и только тогда, когда существует инцидентная этим вершинам дуга $e(v_1, v_2)$;
- вершину v_1 (рис. 3) мы будем называть смежной по исходу для v_2 тогда и только тогда, когда существует инцидентная этим вершинам дуга $e(v_2, v_1)$.

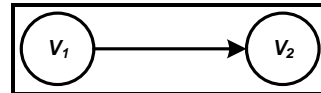


Рис. 2. v_1 смежна по входу v_2

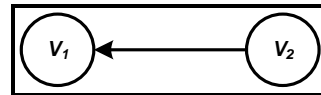


Рис. 3. v_1 смежна по исходу v_2

Поскольку вершине бизнес-операции на диаграмме может быть приспано несколько функций (например, функция ветвления и функцию ожидания), при переходе от диаграммы к графу возможны ситуации, когда полученная вершина может быть отнесена к любому из первых четырех типов.

Для того чтобы избежать подобной неоднозначности в процессе декомпозиции, будем представлять такие объекты диаграммы двумя соединенными дугой вершинами v_1, v_2 , где вершина v_1 будет моделировать процесс ожидания (тип III или IV), а вершина v_2 – процесс ветвления (тип I или II). При этом входные дуги объекта будут входными дугами вершины v_1 , а выходные – выходными дугами вершины v_2 .

Поскольку в случае неоднозначности типа вершина может принадлежать либо к I и III типу, либо I и IV, либо II и III, либо II и IV, то в Таблице 1 представлены правила представлений для вершин v_1, v_2 .

Таблица 1

ПРАВИЛО РАЗБИЕНИЯ ВЕРШИНЫ

Показатель	III	IV
I	v_1 – III типа v_2 – I типа	v_1 – IV типа v_2 – I типа
II	v_1 – III типа v_2 – II типа	v_1 – IV типа v_2 – II типа

Таким образом, если некоторая вершина v (рис. 4) выполняет несколько функций, например, является вершиной и I и, одновременно, IV типа, то пользуясь вышеприведенным правилом разбиения мы получим две вершины v_1 и v_2 . Типы вершин v_1 и v_2 получим из пересечения типов вершины v по табл. 1, следовательно, v_1 будет иметь тип IV, а v_2 – I.

Весы для v_1 устанавливаем равными весам v , для v_2 устанавливаем нулевой вес.

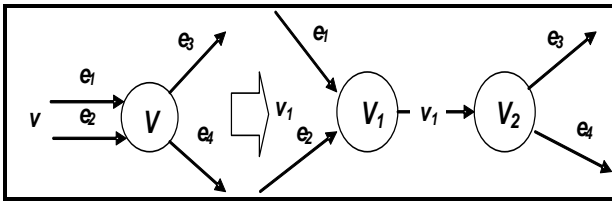


Рис. 4. Разбиение вершины с типовой неоднозначностью

Метод анализа преобразованного графа элементарных бизнес-процессов

Любую диаграмму произвольного БП можно привести к, взвешенному по вершинам, графу алгоритмом, описанным в предыдущем разделе. Однако, не всякий бизнес-маршрут на таком графе будет отображать свою реальную стоимость, в силу того что, бизнес-маршрут в текущем своем определении не учитывает параллельного выполнения или «AND-ветвления». То есть на данном этапе мы имеем граф, получив все бизнес-маршруты которого, можно судить о стоимости и времени выполнения исходного БП без учета параллельного выполнения каких-либо бизнес-операций.

Что бы добавить бизнес-маршруты для параллельного выполнения и решить нашу основную задачу, произведем над исходным множеством бизнес-маршрутов графа $P = \{p_1, p_2...p_m\}$ следующие операции перечисленные ниже.

1. Разбиваем P на такие подмножества $P'_1, P'_2...P'_i$, что P'_i содержит только бизнес-маршруты, проходящие через вершину v'_i , являющуюся вершиной типа III или типа IV.

а. Если v'_i вершина III типа, то находим бизнес-маршрут p'_i с максимальной суммой весов w всех вершин расположенных до v'_i из всех бизнес-маршрутов, входящих в P'_i . Создаем новый бизнес-маршрут q'_i идентичный p'_i . Добавляем в начало q'_i все вершины из всех, за исключением p'_i , бизнес-маршрутов, входящих в P'_i , приняв для этих вершин вес w равным нулю. Определяем множество P'''_i , в которое будут входить все бизнес-маршруты из множества P'_i . Из каждого $p_i \in P'''_i$, удалим вершины, входящие в каждый из бизнес-маршрутов P'''_i . Считаем $P'_i = \{q'_i\}$.

б. Если v'_i вершина IV типа, то находим бизнес-маршрут p'_i с максимальной суммой весов w всех вершин расположенных до v'_i из всех бизнес-маршрутов входящих в P'_i . Создаем новый бизнес-маршрут q'_i идентичный p'_i . Добавляем в начало q'_i все вершины из всех, за исключением p'_i , бизнес-маршрутов, входящих в P'_i , приняв для этих вершин вес w равным нулю. Добавляем q'_i к множеству P'_i .

2. Разбиваем P на такие подмножества $P'_1, P'_2...P'_i$, что P'_i содержит только бизнес-маршруты, проходящие через вершину v'_i , являющуюся вершиной типа II. Находим бизнес-маршрут p'_i с максимальной суммой весов w всех вершин расположенных после v'_i из всех бизнес-маршрутов входящих в P'_i . Добавляем в конец p'_i все вершины из всех, за исключением p'_i , бизнес-маршрутов, входящих в P'_i , приняв для этих вершин вес w равным нулю. Определяем множество P'''_i , в которое будут входить все бизнес-маршруты из множе-

ства P'_i . Из каждого $p_i \in P'''_i$, удалим вершины, входящие в каждый из бизнес-маршрутов P'''_i . Считаем $P'_i = \{p'_i\}$.

Теперь P содержит все возможные бизнес-маршруты для исследуемой диаграммы, а каждое из множеств $P'''_1, P'''_2...P'''_k$ и $P'''_1, P'''_2...P'''_n$ – параллельно выполняемые участки данной диаграммы.

Заметим, что получить первоначальное множество P можно при помощи известного алгоритма поиска в глубину [1].

Далее, для каждого бизнес-маршрута из P определяются суммы весов w и w' вершин, входящих в бизнес-маршрут. На основе этих данных получают разброс величин стоимости и времени выполнения исследуемого БП. После чего, исходя из значений полученных величин и весов бизнес-маршрутов делают выводы о качестве реализации бизнес-процесса.

Проиллюстрируем операцию получения бизнес-маршрутов и оптимизации БП на примере процесса «Подготовить продукт» (рис. 5), представленного в нотации Casewise Framework.

Определим следующие правила анализа диаграммы:

- все циклы на диаграмме выполняются один раз;
- стоимость элементарных бизнес-процессов определяется на основе заданных заранее временных и материальных ресурсов, время выполнения известно;
- коэффициенты k_1, k_2 , используемые при расчете веса бизнес-маршрута, примем равными 0,00001 и 1 соответственно.

При этом бизнес-маршруты процессов данного уровня абстракции имеющих вес более 200 будем считать неприемлемыми и требующими перепроектирования.

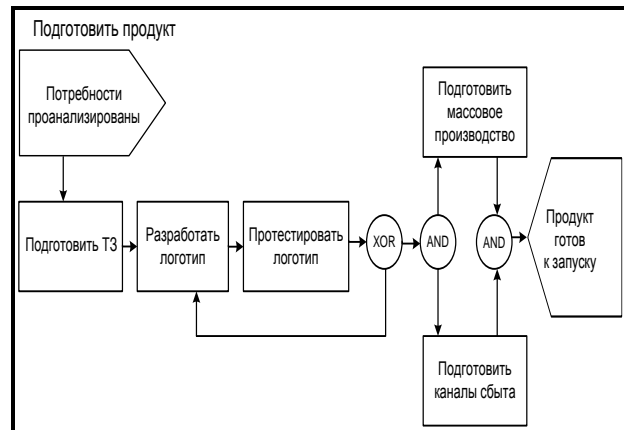


Рис. 5. Диаграмма процесса «Подготовить продукт»

Приведем данную диаграмму к взвешенному по вершинам ациклическому графу (рис. 6).

1. Представляем все объекты диаграммы вершинами, все отношения между объектами представляем дугами.
2. Взвешиваем вершины по времени выполнения и стоимости потребляемых ресурсов.
3. Находим все циклы, добавляем к весам вершины, инициирующей цикл стоимость и время выполнения цикла; разрываем циклы.
4. Все пары смежных вершин с суммой степеней не более 3-х заменяем одной вершиной с весами равными сумме соответствующих весов заменяемых вершин. Для графа на рис. 6 следует последовательно

провести пять замен: $(V1, V2 \rightarrow V2)$, $(V2, V3 \rightarrow V3)$, $(V3, V4 \rightarrow V4)$, $(V4, V10 \rightarrow V10)$ и $(V8, V9 \rightarrow V8)$.

5. Определяем типы вершин в графе (рис. 7). Если существует неоднозначность в типах вершин, то устраним ее, по правилу разделив вершину на две смежные. В данном случае неоднозначности нет, то есть каждую вершину на графе можно отнести только к одному из пяти типов.

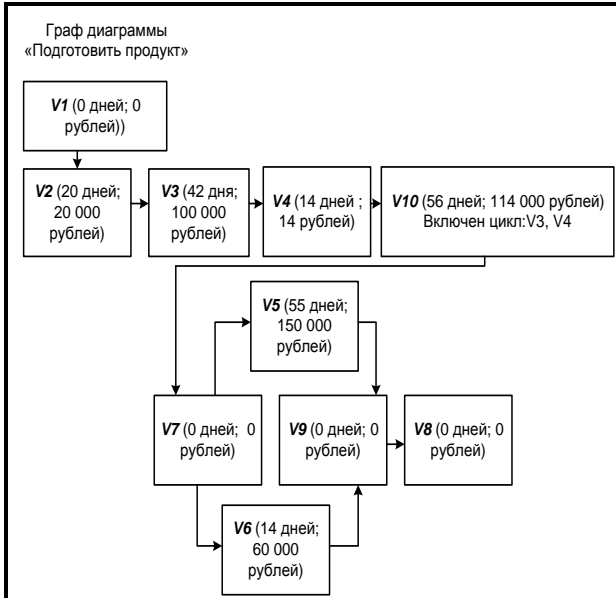


Рис. 6. Граф диаграммы процесса «Подготовить продукт»

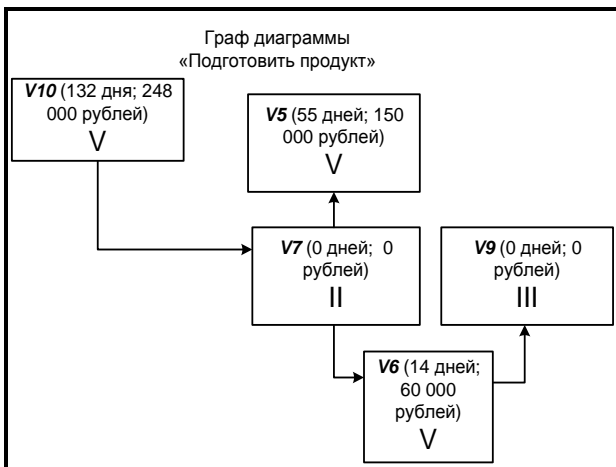


Рис. 7. Ациклический взвешенный граф диаграммы «Подготовить продукт»

Используя алгоритм поиска в глубину, найдем множество возможных бизнес-маршрутов:

$$P = \{(V10, V7, V5, V9), (V10, V7, V6, V9)\}.$$

1. Методом анализа преобразованного графа элементарных бизнес-процессов получим недостающие бизнес-маршруты перечисленные ниже.

Разобьем множество P на подмножества содержащие вершины типа III. В данном примере таким подмножеством будет само P , а вершиной третьего типа – $V9$.

2. Находим бизнес-маршрут p' с максимальной суммой весов w всех вершин расположенных до $V9$ из

всех бизнес-маршрутов, входящих в P . Сумма весов w для маршрута $(V10, V7, V5, V9)$ равна 187 дням, для $(V10, V7, V6, V9)$ – 146 дням. Следовательно, маршрутом p' является $(V10, V7, V5, V9)$.

3. Создаем множество $PIII = \{(V10, V7, V5, V9), (V10, V7, V6, V9)\}$. Удаляем из всех элементов данного множества вершины, входящие в каждый элемент $PIII$. Такими вершинами являются $V10, V7$ и $V9$, следовательно $PIII = \{(V5); (V6)\}$.

4. Добавляем в начало p' все вершины из всех, за исключением p' , бизнес-маршрутов, входящих в P , приняв для этих вершин вес w равным нулю. Считаем, что подмножество $P = \{p'\}$. Результатом данной операции будет:

$$P = \{(V10, V7, V5, V9, V6')\},$$

где $V6'$ – имеет веса $w = 0$; w' равен весу w' вершины $V6$.

5. Все дополнительные бизнес-маршруты получены, поскольку множество P является синглтоном.

На данном этапе определены все возможные бизнес-маршруты БП «Подготовить продукт». Следовательно, известна стоимость данного процесса (458 000 руб.), равная сумме весов w' всех вершин входящих в единственный бизнес-маршрут $(V10, V7, V5, V9, V6')$.

Заметим, что если бы бизнес-маршрутов было больше одного, то посчитав возможные стоимости для каждого из них, можно было бы задать разброс стоимости БП. В случае же определенных на этапе проектирования БП вероятностей перехода по дугам, возможно представление стоимости процесса в виде случайной величины. Аналогичным способом определяют время выполнения исследуемого БП (187 дней).

Используя коэффициенты k_1, k_2 , получим вес бизнес-маршрута $(V10, V7, V5, V9, V6')$; бизнес-маршрут считается приемлемым, так как $191 < 200$.

Зная, что во множестве $PIII$ находятся параллельно выполняемые участки БП «Подготовить продукт», проведем сравнительный анализ данных частей графа (см. табл. 2).

Таблица 2

СРАВНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНО ВЫПОЛНЯЕМЫХ УЧАСТКОВ

Показатель	V5	V6	Разность
Стоимость, руб.	150 000	60 000	90 000
Время выполнения, дни	55	14	41

В данном случае разность в величинах стоимости и времени выполнения между участками бизнес-маршрутов достаточно велика. Это означает, что в одном из данных участков ресурсы расходуются не оптимально, причем возможно два варианта: либо нехватка ресурсов (происходит задержка), либо перерасход, влекущий за собой ожидание более медленного участка. В любом случае требуется перераспределение ресурсов.

На этом этапе, когда время выполнения и стоимость заданы, а реализация исследуемого процесса считается приемлемой [4], мы можем приступить к расчету стоимости процессов более высокого уровня (рис. 8), для которых БП «Подготовить продукт» является элементарным.

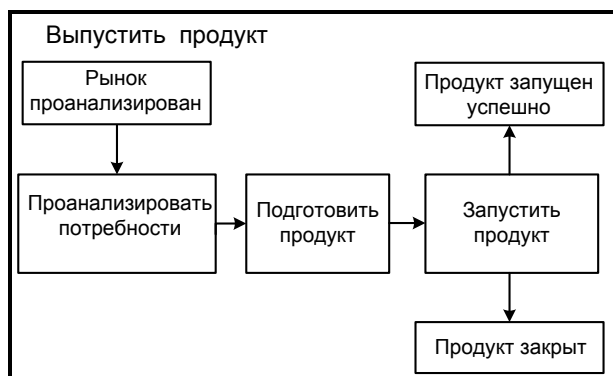


Рис. 8. Диаграмма процесса «Выпустить продукт»

ВЫВОДЫ

Приведенный способ получения бизнес-маршрутов диаграммы БП является в некотором смысле универсальным, так как позволяет подсчитывать не только ресурсы БП, но другие произвольные параметры [2], такие, например, как риски, накапливающиеся при выполнении бизнес-процессов, или вероятности выполнения бизнес-маршрута.

Такая информация, в свою очередь, может быть использована при проектировании новых, более высокоуровневых БП или при анализе и оптимизации уже существующих БП исследуемого предприятия, а также проверке на соответствие БП корпоративным, отраслевым и другим стандартам.

Так, например, при проектировании деятельности компании разрабатывается модель бизнес-процессов компании либо диаграмма отдельного исследуемого БП, затем для элементарных бизнес-процессов, входящих в исследуемые БП, определяются параметры времени выполнения и потребляемых ресурсов. После чего для всей модели бизнес-процессов либо для одного исследуемого процесса автоматизировано генерируются все возможные бизнес-маршруты, по которым определяется стоимости процессов. При этом, если на этапе проектирования БП были определены вероятности перехода в вершинах условного ветвления, то возможно определение законов распределения случайных величин стоимости и времени выполнения, а также вероятности протекания БП бизнес-маршруту. Получение такой информации о процессе позволяет провести более детальный анализ, связанный с оптимизацией временных и финансовых затрат не процесса в целом, а только конкретного бизнес-маршрута исследуемого БП.

Литература

1. Ахо, Альфред, В., Хопкрофт, Джон, Ульман, Джеффри. Структуры данных и алгоритмы.: Пер. с англ.. М.: Издательский дом «Вильямс». 2003. 384 с.
2. Елиферов В. Г, Репин В. В. Бизнес-процессы: Регламентация и управление: Учебник. М.: ИНФРА-М. 2008. 319 с.
3. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов. М. : Из-во «Финансы и статистика». 2007. 240 с.
4. Репин В. В., Елиферов В. Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: РИА «Стандарты и качество». 4-е изд. Ил. (Серия «Практический менеджмент»). 2006. 408 с.
5. Репин В.В. Бизнес-процессы компании: построение, анализ, регламентация. «Стандарты и качество». М.:2007. 236 с.

Ключевые слова

Бизнес-процесс; бизнес-маршрут; бизнес-операции; функционально-стоимостной анализ (АВС-анализ); метод графов; алгоритм; диаграмма.

Воронин Никита Павлович

РЕЦЕНЗИЯ

Представленная на рецензию статья посвящена актуальной тематике моделирования бизнес-процессов. В частности, отраженные в статье результаты исследования могут быть задействованы при проектировании как новых высокоуровневых бизнес-процессов на предприятии, так и при проверке соответствия бизнес-процесса различным стандартам. Текст статьи разделен автором на логические блоки, статья содержит наглядно-графический материал, основные идеи и выводы выстроены с учетом использования математического аппарата. Все это в целом, позволяет студентам, специалистам и научным работникам, в общем всем читателям, которые интересуются данной проблематикой, легче понять и оценить разработанный автором инструмент оценки временных и финансовых затрат конкретного бизнес-маршрута исследуемого бизнес-процесса. Содержание статьи адекватно отражено в ее названии. Аннотация и ключевые слова соответствуют проблематике статьи.

Статья в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к научным работам, и может быть рекомендована без дополнительной доработки к публикации в научных журналах, в том числе в журналах из перечня ВАК.

Веденяпин И.Э., к.т.н., доцент, начальник отдела АИПО УИТ УГАТУ