МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА

УДК 330.101; 334.01; 338.984

А.А. Наумов, к.т.н., доцент,
Е.Е. Досужева, студент,
Новосибирск

Ключевые слова: процессный подход, экономические системы

Аннотация

Рассмотрены основные определения портфеля бизнес-процессов и методы анализа экономических систем. Представлено оценивание эффективности функционирования экономических систем с несколькими источниками финансирования. Рассмотрены схемы расчета дохода и доходности экономических систем. Предложено решение задач исследования эффективности частных финансовых потоков с несколькими источниками финансирования и анализа экономических систем на чувствительность. Рассмотрено проведение факторного анализа показателей общего вида. Внимание фокусируется на методах детерминированного факторного анализа экономических систем, в частности, на методе цепных подстановок и интегральном методе.

Портфель бизнес-процессов (portfolio of business processes) служит удобной моделью для решения задач синтеза, анализа, моделирования, оптимизации экономических систем и представляет собой интегрированную систему, состоящую из компонентов (бизнес-процессов) различной природы. Ниже исследуются модели в виде портфелей произвольных бизнес-процессов (БП). Слово «произвольных» означает, что такие модели могут состоять из бизнес-процессов, связанных с производственной, страховой, кредитной, издательской, научно-исследовательской и многими другими видами деятельности. Таким образом, модель в виде портфеля бизнес-процессов может формироваться на основе множества бизнес-процессов различной природы.[1]

Введем в рассмотрение математическую модель экономической системы в виде совокупности взаимосвязанных бизнес-процессов, на

1 См. Наумов А.А., Бах С.А. Бизнес-процессы. Синтез, анализ, моделирование и оптимизация. - Новосибирск: ОФСЕТ, 2007 – 307 с.

основе которой исследуется портфель бизнес-процессов, в частности, решается задача нахождения (формирования, построения) наилучшего портфеля бизнес-процессов. Для этого введём в рассмотрение N исходных (базисных, базовых) бизнес-процессов $BP_1(t), BP_2(t), ..., BP_N(t)$, на основе которых формируется множество вида

$$\text{BP} = \{BP_1(t), BP_2(t), ..., BP_N(t)\}.$$

Принадлежность бизнес-процесса $BP_i(t)$ множеству BP будем обозначать, как обычно принято, как $BP_i(t) \in \text{BP}$. В свою очередь, внутренняя структура произвольного бизнес-процесса $BP_i(t)$, $BP_i(t) \in \text{BP}$, определим в виде кортежа

$$BP_i(t) = \left\langle W_{f,i}(t), R_{f,i}(t), P_{f,i}(t), C_{fin,i}(t), C_{fout,i}(t), \underline{t}_i, \bar{t}_i, t_{0i}, T_i \right\rangle, i = 1, 2, ...N,$$

где

$W_{f,i}(t)$–вектор потоков работ для $BP_i(t)$;

$W_{f,i}(t) = \left(W_{f,i1}(t), ..., W_{f,iw}(t)\right)^T; t \in [t_{oi}, t_{oi} + T_i]$;

$R_{f,i}(t)$–вектор ресурсов, расходуемых в соответствии с процессом $BP_i(t)$;

$R_{f,i}(t) = \left(R_{f,i1}(t), ..., R_{f,ir}(t)\right)^T; t \in [t_{oi}, t_{oi} + T_i]$;

$C_{fin,i}(t)$–вектор входных финансовых потоков процесса $BP_i(t); t \in [t_{oi}, t_{oi} + T_i]$;

$C_{fout,i}(t)$–вектор выходных финансовых потоков для $BP_i(t); t \in [t_{oi}, t_{oi} + T_i]$;

$\underline{t}_i$–время подачи команды к инициализации процесса $BP_i(t); t \in [t_{oi}, t_{oi} + T_i]$;

$\bar{t}_i$–время инициализации процессом $BP_i(t)$ следующего за ним процесса или процессов;

t_{oi}–время начала реализации процесса $BP_i(t); t \in [t_{oi}, t_{oi} + T_i]$;

T_i–длительность процесса $BP_i(t); t \in [t_{oi}, t_{oi} + T_i]$;

$P_{f,i}(t)$–вектор выпущенных (произведенных) продуктов (изделий, товаров, услуг и т.д.) процессом $BP_i(t); t \in [t_{oi}, t_{oi} + T_i]$.

Рассмотрим более подробно расчетные формулы и методики оценивания показателей эффективности экономической системы (ЭС) с использованием идеи компаундирования финансовых потоков (на базе NFV-подходов).

Схема 1. Предположим, что в портфель бизнес-процессов вкладываются только (исключительно) заемные средства и ставка заемного процента равна r_l. Заработанные средства используются вне портфеля со ставкой r_0. Внутренних перетоков финансовых потоков в портфеле не существует.

Тогда прибыль, полученная по окончанию работы с экономическим объектом, можно подсчитать по формуле:

$$Profit_{(l)} = NFV_{(l)} = \sum_{i=0}^{m} P(t_i)(1+r_0)^{t_m - t_i} - \sum_{i=0}^{m} S(t_i)(1+r_l)^{t_m - t_i}.$$

При этом выполняются все условия (ограничения) на точки финансовой активности и ставки, рассмотренные выше. Сделаем пояснение к этой формуле. Первая сумма равна общему количеству средств заработанных ЭС за время от момента времени t_0 до момента времени t_m, если все средства выходного потока портфеля ″используются в деле″ со ставкой доходности (с доходностью) r_0 (или $r_0 \cdot 100\%$ в единицу времени). Вторая сумма соответствует долгам, накопленным за время функционирования экономического объекта с учетом того, что эти средства занимаются по ставке r_l (или $r_l \cdot 100\%$) в единицу времени. При условии, что все долги возвращаются в момент времени t_m, формула для $Profit_{(l)}$ показывает какая часть заработанных средств останется после того, как будут возвращены все долги из общего объема средств, вырученных за время $(t_m - t_0)$ функционирования экономической системы. Можно заметить, что в данном случае вся прибыль портфеля в количестве $Profit_{(l)}$ получена исключительно за счет финансовых потоков внешних бизнес-процессов и при этом собственные финансовые средства не расходовались. Для оценивания доходности использования заемных средств экономической системой ($Profibility_{(l)} \equiv Profib_{(l)}$) в соответствии с этой схемой можно воспользоваться следующей формулой:

$$Profib_{(l)}^{(S \to P)} = IRR_{NFV_{(l)}} = \left\{ r \left| \sum_{i=0}^{m} S(t_i)(1+r)^{t_m - t_i} = \sum_{i=0}^{m} P(t_i)(1+r_0)^{t_m - t_i} \right. \right\}.$$

Найденная в соответствии с этой формулой (как решение или корень уравнения относительно ставки r) ставка будет равна доходности портфеля и она будет показывать на какой процент ($Profib_{(l)} \cdot 100\%$) в среднем за все время функционирования экономической системы ($t_m - t_0$) наращивается входной финансовый поток в единицу времени.

Если необходимо найти влияние входного финансового потока на прибыль, полученную экономической системой, то это можно сделать с использованием следующей формулы:

$$Profib_{(l)}^{(S \to Profit)} = \left\{ r \left| \sum_{i=0}^{m} S(t_i)(1+r)^{t_m - t_i} = Profit_{(l)} \right. \right\}.$$

Это значение доходности показывает, с какой ставкой в среднем происходило наращивание входного финансового потока в прибыль.

Схема 2. Рассмотрим ситуацию, когда выходной финансовый поток бизнес-процесса покрывает (компенсирует) полностью (или частично) средства входного потока. Тем самым, например средства выходного потока можно направить на покрытие долгов (по займам) еще до окончания функционирования бизнес-процесса или на то, чтобы обойтись

собственными средствами и не производить заимствований, например, в банке. Если обозначить новые потоки бизнес-процесса, полученные после применения операции внутренних перетоков через $C'_{fin} = \{S'(t_0), S'(t_1), ..., S'(t_m)\}$ и $C'_{fout} = \{P'(t_0), P'(t_1), ..., P'(t_m)\}$, тогда можно записать формулы для дохода и доходности аналогичные вышерассмотренным, но в терминах множеств C'_{fin} и C'_{fout}. Для этого в этих формулах следует заменить $S(t_i)$ на $S'(t_i)$, а $P(t_i)$ на $P'(t_i)$. Очевидно, что после применения операции внутренних перетоков в общем случае новые потоки C'_{fin} и C'_{fout} будут более "слабыми". Следует также учитывать, что операция перераспределения потоков, может принести некоторый дополнительный доход (и доходность), который (которую) следует учесть в расчетных формулах.[2]

Поскольку операцию внутренних финансовых перетоков бизнес-процесса можно осуществлять многими способами, то у Схемы 2 может быть множество соответствующих этим способам модификаций.

Схема 3. Пусть входной финансовый поток формируется только за счет собственных средств бизнес-процесса. Это возможно, например, потому, что элементы входного потока на начальном этапе функционирования экономического объекта покрываются за счет выходных потоков других бизнес-процессов, а затем – за счет внутренних перетоков этого бизнес-процесса.

При таких предположениях, по всей видимости, нельзя оценить абсолютные значения прибыли, полученные бизнес-процессом, а только относительные, например по формуле:

$$Profit_{(wl)} = \sum_{i=0}^{m} P(t_i)(1+r_0)^{t_m - t_i} - \sum_{i=0}^{m} S(t_i)(1+r_c)^{t_m - t_i},$$

где r_c – ставка инструмента (бизнес-процесса) относительно которого и происходит оценивание прибыли. В качестве ставки r_c может выступать ставка r_l (см. выше), депозитные банковские ставки (r_b) и т.д.

В то же время доходность функционирования экономической системы для этой схемы можно найти по формуле для доходности $Profib_{(l)}^{(S \to P)}$ (см. выше), в которую не входит ставка r_c. Таким образом, доходность зависит от входного финансового потока и не зависит от источника его происхождения, т.е. от того является ли он входным потоком собственного (внутреннего) или внешнего бизнес-процесса. Как и следовало ожидать, доход зависит от источника, породившего входной финансовый поток бизнес-процесса, а доходность характеризует насколько успешно (или неуспешно) функционирует конкретный бизнес-процесс и

2 См. Наумов А.А., Ходусов Н.В. Управление портфельными инвестициями. Модели и алгоритмы. – Новосибирск: ОФСЕТ, 2005. – 298 с.

при этом неважно каков источник входного финансового потока этого бизнес-процесса.

Предположим, что портфель бизнес-процессов (или его частные бизнес-процессы) имеет (или имеют) несколько входных финансовых потоков от различных источников (например, смежных внутренних или внешних бизнес-процессов). Задача состоит в том, чтобы оценить показатели эффективности использования этих частных финансовых потоков в рамках одного портфеля (или бизнес-процесса). Такая задача может возникать каждый раз, когда необходимо оценить эффективность частных потоков, связанных, например, с отдельными товарными группами торгового предприятия, с отдельными видами продукции многономенклатурного производственного предприятия, со многими видами проектов в рамках одного инвестиционного проекта и т.д. Можно было бы предположить, что задача решается достаточно просто, однако асинхронность и сдвиги во времени входных и выходных финансовых потоков (что очень часто встречается на практике) заставляет более осторожно подходить к решению такой задачи.

Рассмотрим подходы к решению этой задачи по мере усложнения ситуации с потоками портфеля.

Ситуация 1. Пусть входные и выходные потоки портфеля имеют цикличность во времени (см. Рис. 1).

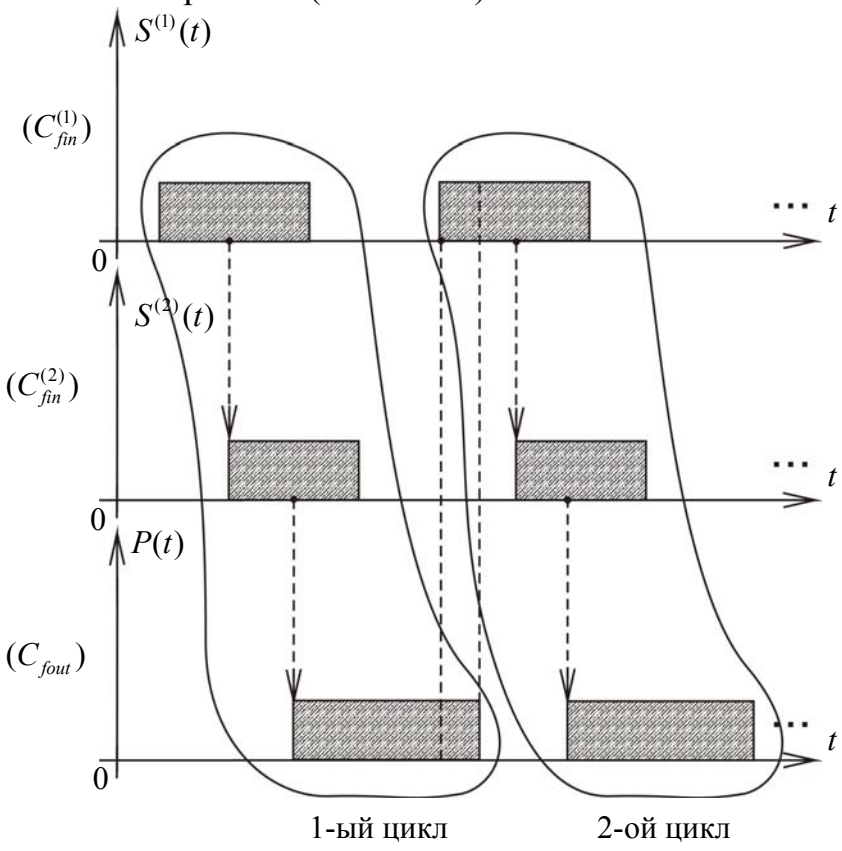


Рис. 1. Циклические во времени потоки

На этом рисунке показаны два полных цикла для двух входных ($S^{(1)}(t)$ и $S^{(2)}(t)$) и одного выходного ($P(t)$) финансовых потоков портфеля. Следует заметить, что финансовые потоки этих двух циклов перекрываются во времени. Очевидно, что нельзя (не рекомендуется) при анализе дохода и доходности (и других показателей эффективности ЭС) использовать перекрывающиеся части потоков в расчетах, т.к., например, поток $S^{(1)}(t)$ второго цикла не оказывает влияния на поток $P(t)$ первого цикла (см. Рис. 1). Такие перекрытия потоков во времени в реальных задачах могут носить гораздо более сложный характер, чем тот, который показан на Рис. 1. Обозначим входные и выходные потоки, соответствующие разным циклам через $S^{(1,1)}(t)$, $S^{(2,1)}(t)$ и $P^{(1)}(t)$ (для потоков первого цикла), а также $S^{(1,2)}(t)$, $S^{(2,2)}(t)$ и $P^{(2)}(t)$ (для потоков второго цикла). Тогда расчетные формулы для прибыли (дохода) и доходности каждого из входных финансовых потоков можно оценить по формулам, аналогичным для расчета $Profit_{(l)}$ и $Profib_{(l)}^{(S\to P)}$ рассмотренным выше, с небольшими изменениями в них:

$$Profit_{(l)}^{(k)} = \sum_{i=0}^{m_k} P^{(k)}(t_i^{(k)})(1+r_0^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} -$$

$$-\left(\sum_{i=0}^{m_k} S^{(1,k)}(t_i^{(k)})(1+r_l^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} + \ldots + \sum_{i=0}^{m_k} S^{(C_k,k)}(t_i^{(k)})(1+r_l^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right),$$

где C_k – количество входных потоков $C_{fin}^{(i)}, i=1,2,\ldots,C_k$, k-го цикла, и

$$Profib_{(l)}^{(S\to P)(k)} = \left\{ r \left| \sum_{n=1}^{C_k} \sum_{i=0}^{m_k} S^{(n,k)}(t_i^{(k)})(1+r)^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} = \sum_{i=0}^{m_k} P^{(k)}(t_i^{(k)})(1+r_0^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right. \right\},$$

где n – номер входного финансового потока $C_{fin}^{(n)}$, k – номер цикла, для которого оценивается доходность.

Эти показатели можно дополнить другими, например, такими как индекс рентабельности (PI) k-го цикла n-го входного финансового потока, доля выручки n-го входного потока в общей выручке k-го цикла и т.д. Например, индексы рентабельности могут быть найдены по формулам:

$$PI_{(l)}^{(S\to P)(k)} = Profit_{(l)}^{(k)} \Bigg/ \left(\sum_{n=1}^{C_k} \sum_{i=0}^{m_k} S^{(n,k)}(t_i^{(k)})(1+r_l^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right);$$

$$PI_{(l)}^{(S\to P)(k,n)} = Profit_{(l)}^{(k)} \Bigg/ \left(\sum_{i=0}^{m_k} S^{(n,k)}(t_i^{(k)})(1+r_l^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right),$$

а доля оценена в соответствии с отношением

$$PGain_{(l)}^{(S\to P)(k,n)} = \left(\sum_{i=0}^{m_k} P^{(k)}(t_i^{(k)})(1+r_0^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right) \Bigg/ \left(\sum_{i=0}^{m_k} S^{(n,k)}(t_i^{(k)})(1+Profib_{(l)}^{(S\to P)(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right).$$

Как и в формулах выше, здесь k – номер цикла, $k=1,2,\ldots$, а n – номер входного потока $C_{fin}^{(n)}, i=1,2,\ldots,C_k$, для k-го цикла. Аналогично могут быть записаны и другие показатели, характеризующие эффективность

функционирования экономической системы с несколькими источниками финансирования и содержащей циклы. Перейдем к рассмотрению экономических систем, которые включают в себя как несколько источников финансирования (входных потоков), так и несколько источников доходов (выходных потоков). Как и выше, рассмотрим сначала случай, когда в системах потоки имеют цикличность (см., пример на Рис. 2).

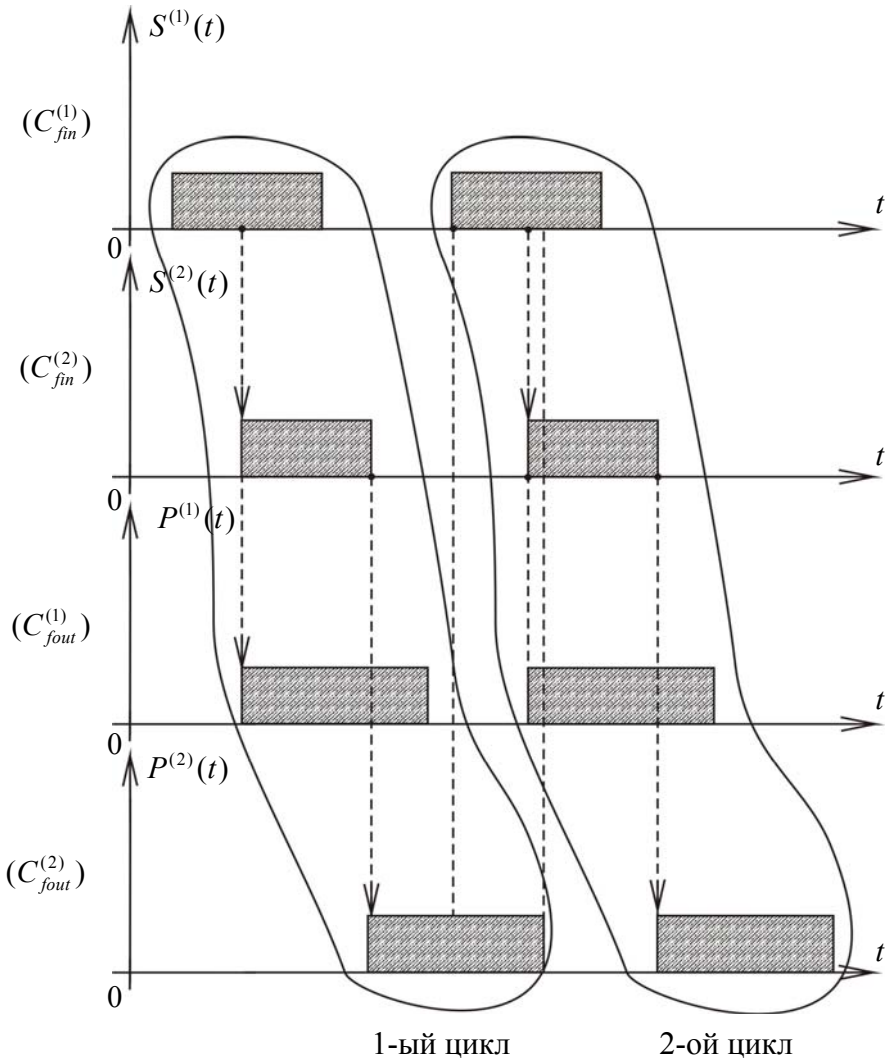


Рис. 2. Цикличность входных и выходных потоков

Решение задачи оценивания эффективности работы экономической системы в этом случае можно свести к задаче с одним источником доходов, если удастся закрепить источники финансирования с источниками доходов. Это можно сделать, например, воспользовавшись матрицей связей входных и выходных потоков вида:

$$P^{(1)}(t) \quad P^{(2)}(t) \quad \ldots \quad P^{(U_k)}(t)$$

$$SP^{(k)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} \begin{matrix} S^{(1)}(t) \\ S^{(2)}(t) \\ \vdots \\ S^{(C_k)}(t) \end{matrix}$$

где матрица $SP^{(k)}$ соответствует связям потоков k-го цикла и, если $SP^{(k)}(i,j)=1$, то входной поток $S^{(i)}(t)$ влияет на выходной поток $P^{(j)}(t)$, а, если этот элемент равен нулю, то такое влияние отсутствует. Так, например, для матрицы $SP^{(k)}$, рассмотренной выше поток $S^{(1)}(t)$ оказывает влияние на поток $P^{(1)}(t)$, $S^{(2)}(t)$ – на $P^{(2)}(t)$ и т.д. Анализ эффективности системы можно будет проводить, если в каждой строке матрицы $SP^{(k)}$ будет в точности по одной единице. В примере для матрицы $SP^{(k)}$ входной поток $S^{(1)}(t)$ влияет (по крайней мере) на два выходных потока. В этом случае следует разбить поток $S^{(1)}(t)$ на части (подпотоки) так, чтобы в новой матрице связей $SP^{(k)}$ в строках, соответствующих этим частям, было бы в точности по одной единице. Как только это требование будет выполнено для всех источников финансирования, так тут же задача разобьется на U_k (U_k – количество выходных потоков k-го цикла) задач, рассмотренных выше. Каждая из таких задач решается независимо от других. Эти задачи соответствуют, например отдельным ассортиментам товаров, видам услуг, производственным заказам, видам финансовых инструментов и т.д. А анализ эффективности позволит проанализировать как “состояние дел” внутри каждой из групп, так и провести межгрупповой анализ, определив тем самым группы-лидеры, плохо функционирующие (проблемные) группы и т.д. Такой анализ – это еще один подход (наряду с другими видами анализов ЭС, например, факторным анализом) к обнаружению в экономической системе “узких мест”, к выявлению бизнес-процессов, которые сдерживают развитие системы, а, значит, и к принятию действий, направленных к маневрированию (адаптации) системы.

Ситуация 2. Рассмотрим случай ациклических потоков портфеля (см. Рис. 3).

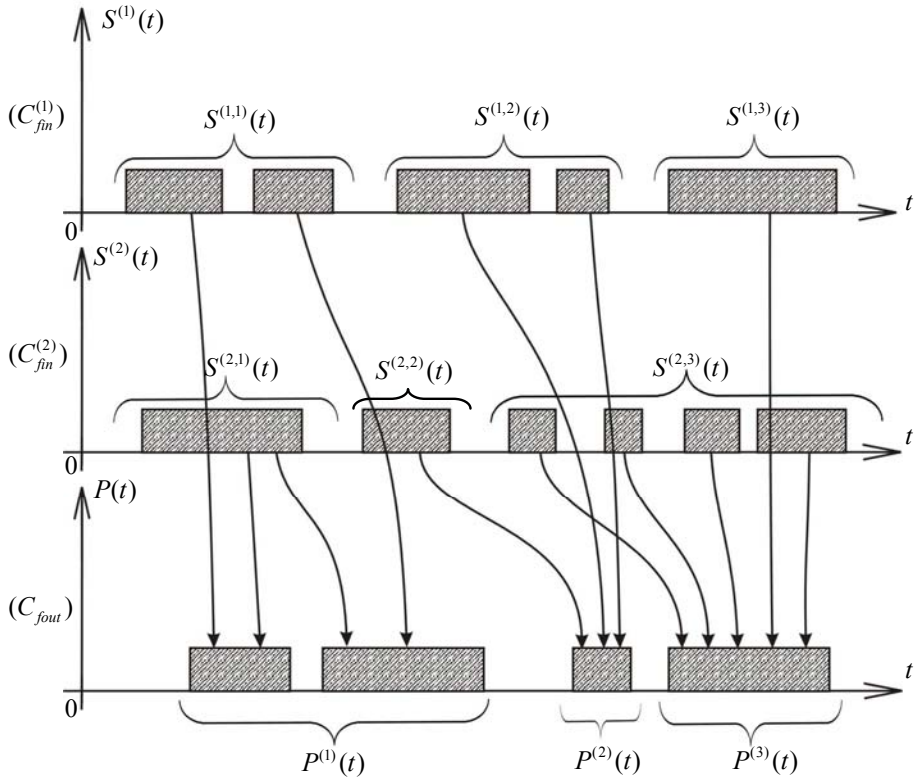


Рис. 3. Случай ациклических потоков портфеля

В этом случае все потоки необходимо разбить на непересекающиеся потоки так, чтобы получившиеся в результате разбиения множества $S^{(i,j)}(t)$ и $P^{(j)}(t)$, где $i=1,2,...,C_j$; $j=1,2,...$; C_j – количество входных потоков j-го разбиения, удовлетворяли бы условиям минимальной инцидентности:

1)подпотоки $\left\{S^{(i,j)}(t)\right\}, i=1,2,...,C_j$, являются влияющими (формирующими) только исключительно для потока $P^{(j)}(t)$;

2)никакие подмножества множеств $\left\{S^{(i,j)}(t)\right\}, i=1,2,...,C_j$, не обладают условием 1) для подпотоков потока $P^{(j)}(t)$.

На Рис. 3 показаны входные потоки минимально инцидентные трем выходным потокам $P^{(1)}(t)$, $P^{(2)}(t)$ и $P^{(3)}(t)$. В соответствии с изображенным на Рис. 3 можно заключить, что

$$\left\{S^{(1,1)}(t), S^{(2,1)}(t)\right\} \leftrightarrow P^{(1)}(t),$$

$$\left\{S^{(1,2)}(t), S^{(2,2)}(t)\right\} \leftrightarrow P^{(2)}(t)$$

и

$$\left\{S^{(1,3)}(t), S^{(2,3)}(t)\right\} \leftrightarrow P^{(3)}(t),$$

где "$\leftrightarrow$" означает отношение инцидентности входных и выходных потоков. В общем случае это отношение может быть записано в следующем виде:

$$In^{(j)}: \left\{S^{(1,j)}(t), S^{(2,j)}(t), ..., S^{(C_j,j)}(t)\right\} \leftrightarrow P^{(j)}(t), \text{ где } j=1,2,... . \qquad (1)$$

Заметим, что определенное выше условие (и отношение) минимальной инцидентности можно было бы (отказавшись от выполнения требования п. 2) этого условия) ослабить до условия (отношения) простой инцидентности. Очевидно, над инцидентными потоками можно проводить операции их объединения, которые не будут нарушать свойства инцидентности (но, не минимальной инцидентности!). Следует заметить также, что количество инцидентностей вида (1) заранее может быть неизвестно, поэтому в этом отношении для индекса j не фиксируется верхняя граница. Если все потоки удалось свести (преобразовать) к инцидентностям $In^{(j)}, j = 1,2,...$, то задача оценивания эффективности ЭС сведется к оцениванию показателей $\vec{Q}$ для каждой из инцидентностей (точнее, для потоков, вошедшим в эти инцидентности) в соответствии с расчетными формулами рассмотренными выше для циклических потоков. Отметим еще раз тот факт, что левые и правые части в разных инцидентностях вида (1) не имеют общих элементов. Условно это можно записать следующим образом: $Ik^{(i)} \cap In^{(j)} = \varnothing$, если $i \neq j$.

Заметим, что если выходных финансовых потоков (также как и входных) несколько, то, построив инцидентность вида

$$In^{(k,j)} : \left\{ S^{(1,j)}(t), S^{(2,j)}(t), ..., S^{(C_j,j)}(t) \right\} \leftrightarrow P^{(k,j)}(t),$$

где $k = 1,2,...,U_j$; $j = 1,2,...$, можно приступить к оцениванию показателей $\vec{Q}$ для каждой из них отдельно и для некоторых множеств (совокупностей) инцидентностей, если необходимо сравнить эффективность различных входных и выходных потоков между собой. Выше $In^{(k,j)}$ - инцидентность для k-го выходного потока, $k = 1,2,...,U_j$; U_j – количество выходных потоков $P^{(k)}(t), k = 1,2,...,U_j$; j – номер инцидентности для k-го выходного потока. Думается, что не должно происходить путаницы (и связанных с ней неопределенностей) в обозначениях выходных потоков вида $P^{(k,j)}(t)$ и $P^{(k)}(t)$ для случаев с одним и многими выходными потоками. Так, если выходной поток один ($P(t)$), то $P^{(k)}(t)$ – это его части, отнесенные к различным инцидентностям, а если выходных потоков несколько ($\left\{P^{(k)}(t)\right\}$), то $P^{(k,j)}(t)$ – это часть k-го выходного потока ($P^{(k)}(t)$), отнесенная к j-ой инцидентности.

Анализ рисков бизнес-процессов, как было продемонстрировано выше, сводится к нахождению (оцениванию) отклонений значений вектора показателей $\vec{Q}$ от соответствующих номинальных (плановых) значений этих показателей $\vec{Q}_{nom}$, которые, в свою очередь, обусловлены отклонениями (вариациями) характеристик бизнес-процессов $\left(BP\right)$ и параметров π $\left(\pi\right)$ в области их допустимых значений (условно эти области обозначим через $BP^{\square}$ и $\pi^{\square}$).

Отклонения в значениях показателей $\vec{Q}$ обусловлены, в свою очередь, тем, что вместо множества бизнес-процессов $BP_s^{\pi,\vec{Q}}$ в основу расчетных схем для этих показателей должны быть положены «возмущенные» бизнес-процессы $BP_s^{\pi,\vec{Q}}$ (см. Рис. 4).

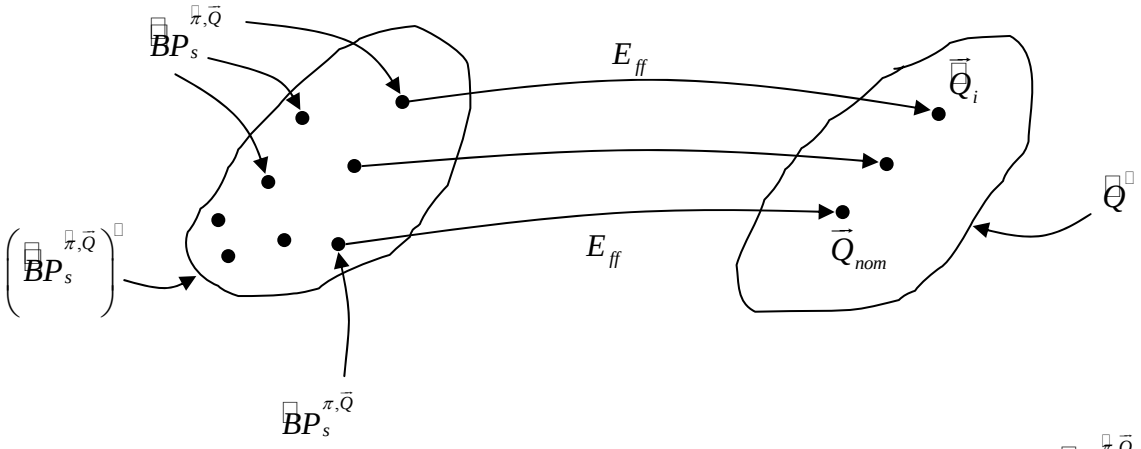


Рис. 4 Иллюстрация для «возмущенных» бизнес-процессов $BP_s^{\pi,\vec{Q}}$

По аналогии с множествами $BP^{\square}$ и $\pi^{\square}$ здесь введены в рассмотрение множества допустимых значений для бизнес-процессов – $\left(\square BP_s^{\pi,\vec{Q}}\right)^{\square}$ и значений их показателей – $\square Q^{\square}$. Можно утверждать, что множество $\square Q^{\square}$ – это множество допустимых значений показателей $\vec{Q}$ в предположении, что область допустимых значений бизнес-процессов из множества $\square BP_s^{\pi,\vec{Q}}$ имеет вид $\left(\square BP_s^{\pi,\vec{Q}}\right)^{\square}$. Таким образом, справедливо отображение

$$\left(\square BP_s^{\pi,\vec{Q}}\right)^{\square} \xrightarrow{E_{ff}} \square Q^{\square}.$$

При этом оценки рисков получаются с помощью преобразования φ_R, переводящего значения показателей $\vec{Q}_{пот}$ и $\vec{Q}_i \in \square Q^{\square}, i = 1,2,\ldots,NM$, ($NM$ – количество модельных вычислений) в значения рисков:

$$\left(\vec{Q}_{пот}, \square Q^{\square}\right) \xrightarrow{\varphi_R} \vec{R}.$$

Отличием задачи исследования бизнес-процессов на чувствительность от задачи исследования бизнес-процессов на риски является то, что в первом случае изучаются отклонения (обычно, относительно отдельных характеристик бизнес-процессов) показателей от $\vec{Q}_{пот}$ «в малом», т.е. не при всех допустимых (возможных) изменениях характеристик, например, относительно $\square BP_s^{\pi,\vec{Q}}$ (т.е. для всех бизнес-процессов из области $\left(\square BP_s^{\pi,\vec{Q}}\right)^{\square}$), а лишь «вблизи» конкретного бизнес-процесса $\square BP_s^{\pi,\vec{Q}}$. Поскольку среди характеристик бизнес-процессов $\square BP_s^{\pi,\vec{Q}}$ можно выделить характеристики внутренних бизнес-процессов (см. BP_{in} выше), внешних (BP_{out}) и параметров (π), то соответствующие им меры чувствительности можно разбить тоже на три класса: относительно внутренних, внешних характеристик бизнес-процессов и их параметров. Очевидно, что исследовать бизнес-процессы относительно характеристик и параметров можно в любой из точек множества $\left(\square BP_s^{\pi,\vec{Q}}\right)^{\square}$, однако, на практике это исследование обычно осуществляют в точке номинального (номинальных) бизнес-процесса (бизнес-процессов) $\square BP_s^{\pi,\vec{Q}}$. Следует обратить внимание на тот момент, что, если бизнес-процесс исследуется на чувствительность, а он уже функционирует (запущен, реализуется, осуществляется), то исследование на чувствительность в этом случае следует проводить в точке его фактического состояния (текущего

состояния ЭС). В последнем случае количество варьируемых характеристик и параметров, относительно которых происходит исследование на чувствительность, может быть гораздо меньше, чем у планируемого (проектируемого, разрабатываемого) бизнес-процесса (до его запуска, до начала его реализации), так как с течением времени часть процессов из множества ВР могут уже завершить свое выполнение (и становятся, таким образом, неактуальными, отработавшими и т.д.). Правда, наряду с этим могут появиться новые бизнес-процессы (например, в процессе адаптации) и может измениться множество параметров π. Итак, исследовать бизнес-процессы (и соответствующие им ЭС) на чувствительность можно на различных этапах: на этапах их планирования (составления бизнес-планов, проектирования), управления их выполнением (функционированием), при мониторинге фактического состояния бизнес-процессов, их характеристик и параметров.

Цель проведения анализа бизнес-процессов (и ЭС) на чувствительность – определить те характеристики этих процессов, которые оказывают наиболее существенное влияние на выходные характеристики бизнес-процессов (в том числе – и на показатели $\vec{Q}$).

Опираясь на результаты такого анализа, можно провести классификацию характеристик бизнес-процессов в соответствии с показателями чувствительности. Это, в свою очередь, позволит установить контроль (возможно, дополнительный, вспомогательный) за теми из них, относительно которых чувствительность является наибольшей, чтобы не дать возможности измениться характеристикам бизнес-процесса нежелательным (или критическим для его развития) образом.

В литературе по теории чувствительности[1,2,3,4,5,6] способность системы изменять свои свойства при изменении параметров (неконтролируемых, дополнительных факторов) называется параметрической чувствительностью. Так, специалисты в области методов управлении[3] считают, что анализ на чувствительность сводится к анализу (проверке) включения $\vec{Q} \subseteq Q^o$, Q^o – множество желаемых значений

---

[1] См. Розенвассер Е.Н., Юсупов Р.М. Чувствительность систем управления. – М.: Наука, 1981.-464 с.

[2] См. Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости. – М.: Наука, 1967.

[3] См. Красовский Н.Н. Некоторые задачи теории устойчивости движения. – М.: Гостехиздат, 1950.

[4] См. Рубан А.И. Идентификация нелинейных динамических объектов на основе алгоритма чувствительности. – Томск: ТГУ, 1975.

[5] См. Рубан А.И. Идентификация и чувствительность сложных систем. – Томск: ТГУ, 1982. – 302 с.

[6] См. Райншке К. Модели надежности и чувствительности систем. – М.: Мир, 1979. – 452 с.

показателей $\vec{Q}$. Считается, что задача исследования систем (в том числе и бизнес-процессов) на чувствительность близка по своей идее задаче исследования на устойчивость. Однако, с практической точки зрения исследование на чувствительность предполагает большее разнообразие как по постановкам задач, так и по методам их решения. В случае анализа на чувствительность отслеживаются взаимосвязи между показателями $\vec{Q}$, характеристиками бизнес-процессов (потоками работ, потоками денежных средств, расходованием ресурсов и т.д.) и их параметрами (стоимостью ресурсов, банковскими ставками и т.д.). Кроме этого, при проведении такого анализа можно исследовать влияние структурных связей бизнес-процессов, временных запаздываний в них, параметров внешней среды и т.д.

Наибольшее распространение на практике при проведении анализа на чувствительность получили так называемые функции чувствительности. Так, функции чувствительности первого порядка показателей $Q_i, i = 1,2,\ldots,M$, относительно параметров $\pi_j \in \pi = \{\pi_1, \pi_2, \ldots, \pi_p\}$ равны частным производным

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \pi_j}, i \in \{1,2,\ldots,M\}, j \in \{1,2,\ldots,p\}.$$

В общем случае можно определить и функции чувствительности k-го порядка:

$$\frac{\partial^k Q_i}{\partial \pi_1^{k_1} \ldots \partial \pi_p^{k_p}}, k_1 + k_2 + \ldots + k_p = k.$$

Обычно функции чувствительности находят для номинальных характеристик и параметров (на стадии проектирования бизнес-процессов) или для фактических – на стадии их реализации. Отметим, что для нахождения функций чувствительности бизнес-процессов следует воспользоваться методом аппроксимации частных производных их разностными формами, например, вида

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \pi_j} \approx \frac{\Delta Q_i}{\Delta \pi_j}, i \in \{1,2,\ldots,M\}, j \in \{1,2,\ldots,p\}.$$

Таким образом, функция чувствительности приблизительно равна изменению i-го показателя качества бизнес-процесса при изменении его j-го параметра на единицу. Как было отмечено выше, таким образом могут быть выявлены параметры бизнес-процессов (π_j), влияние которых на показатели является критическим (очень сильным, определяющим).

Аналогично тому, как это принято в теории управления, можно предложить следующие задачи с использованием теории чувствительности применительно к бизнес-процессам:

1) Исследование на чувствительность областей допустимых значений характеристик и параметров;

2) Исследование на чувствительность бизнес-процессов ΔBP_s^* (или $\Delta BP_{s,io}^*$) по отношению к вариациям их характеристик и параметров;

3) Исследование чувствительности значений показателей $\vec{Q}$ по отношению к этим же вариациям.

Кроме этого, подсчитанные для $\Delta BP_{s,i}$ показатели чувствительности ($\vec{S}_{ens}$ или $\vec{f}_s$) могут быть включены (наряду с вектором $\vec{R}$, как это было сделано выше) в тройку (кортеж) $\langle \vec{Q}, \vec{R}, \vec{S}_{ens} \rangle$ и в дальнейшем использованы при поиске наилучших бизнес-процессов.

Следует отметить, что показатели чувствительности могут быть подсчитаны для динамических характеристик и параметров бизнес-процесса и, таким образом, они будут в этом случае зависеть от времени ($\vec{S}_{ens}(t)$ или $\vec{f}_s(t)$). В этом случае и с учетом состава кортежа $\langle \vec{Q}, \vec{R}, \vec{S}_{ens} \rangle$ может быть построена функция полезности (или потерь) $f_u(\vec{Q})$ (см. выше), а показатель общей полезности $Q_{fu}(BP)$ также может быть исследован на чувствительность.

Еще раз подчеркнем, что в выражения для функций чувствительности k-го порядка могут быть включены любые входные и выходные характеристики и параметры бизнес-процессов. Так, в качестве входных могут быть использованы вектор потоков работ – $W_f(t)$ (и его параметры), вектор ресурсов – $R_f(t)$, вектор входных финансовых потоков – $C_{fin}(t)$ и т.д. А в качестве выходных характеристик могут быть выбраны показатели эффективности бизнес-процессов – $\vec{Q}$, риски – $\vec{R}$, выходные финансовые потоки – $C_{fout}(t)$ (и их параметры), вектор произведенной продукции – $P_f(t)$ и т.д. Так, например, функция чувствительности может иметь вид:

$$\frac{\partial P_{f,i}(t)}{\partial C_{fin,i}(t)}, i \in \{1,2,\ldots,N\}.$$

Итак, пусть без умаления общности требуется исследовать на чувствительность показатели бизнес-процесса $\vec{Q}$ относительно параметров π. Тогда, разлагая показатель Q_i в ряд до разностей первого порядка, можем записать

$$\Delta Q_i \approx \sum_{j=1}^{p} \frac{\partial Q_i}{\partial \pi_j} \cdot \Delta \pi_j = \sum_{j=1}^{p} \left(\pi_j \cdot \frac{\partial Q_i}{\partial \pi_j} \right) \cdot \frac{\Delta \pi_j}{\pi_j},$$

или

$$\frac{\Delta Q_i}{Q_i} = \sum_{j=1}^{p} \left(\frac{\pi_j}{Q_i} \cdot \frac{\partial Q_i}{\partial \pi_j} \right) \cdot \frac{\Delta \pi_j}{\pi_j} = \sum_{j=1}^{p} \frac{\partial \ln Q_i}{\partial \ln \pi_j} \cdot \frac{\Delta \pi_j}{\pi_j}, i = 1,2,\ldots,M.$$

Иногда наряду с обозначениями функции чувствительности как

$$S_{ens_{i,j}} = \frac{\partial Q_i}{\partial \pi_j},$$

можно встретить и такие ее определения через производные: $\pi_j \cdot \frac{\partial Q_i}{\partial \pi_j}$ или $\frac{\pi_j}{Q_i} \cdot \frac{\partial Q_i}{\partial \pi_j}$. Легко подсчитать общее число функций чувствительности для данного случая. Оно равно произведению $p \cdot M$. Часто на практике из функций чувствительности образуют (составляют) матрицу чувствительности $\left(S_{ens_{i,j}}\right)$ или $\left(f_{s_{i,j}}\right)$, $i \in \{1,2,\ldots,M\}$, $j \in \{1,2,\ldots,p\}$, где $S_{ens_{i,j}}$ – частные функции чувствительности для показателя Q_i и параметра π_j.

Известно, что задача факторного анализа экономических систем является обратной по отношению к задаче исследования на чувствительность.[7,8,9]

Пусть, как и выше (и без умаления общности), исследуется влияние параметров бизнес-процессов π на показатели $\vec{Q}$. Кроме этого предположим, что известны зависимости

$$Q_i = f_i\left(\pi_1, \pi_2, \ldots, \pi_p\right), i = 1,2,\ldots,M, \qquad (2)$$

связывающие показатели Q_i вектора $\vec{Q}$ с параметрами π. Кроме этого, пусть известны значения пар показателей и параметров $\left(Q_{i,(0)}, \pi_{(0)}\right)$ и $\left(Q_{i,(1)}, \pi_{(1)}\right)$ – номинальные и фактические (или в базисный и в отчетный периоды) соответственно. Здесь

$$\pi_{(0)} = \left(\pi_{1,(0)}, \ldots, \pi_{p,(0)}\right)^T, \pi_{(1)} = \left(\pi_{1,(1)}, \ldots, \pi_{p,(1)}\right)^T.$$

Если обозначить через $I_{\pi_i, Q_j}, i = 1,2,\ldots,p,\ j = 1,2,\ldots,M$, оценки влияния отклонений (изменений) параметра π_i $\left(\Delta\pi_i = \pi_{i,(1)} - \pi_{i,(0)}\right)$ на показатель Q_j $\left(\Delta Q_j = Q_{j,(1)} - Q_{j,(0)}\right) = f_j\left(\pi_{1,(1)}, \ldots, \pi_{p,(1)}\right) - f_j\left(\pi_{1,(0)}, \ldots, \pi_{p,(0)}\right)$, то можем записать равенство

$$\Delta Q_j = \sum_{i=1}^{p} I_{\pi_i, Q_j}, j = 1,2,\ldots,M.$$

Решению задачи нахождения оценок $I_{\pi_i, Q_j}, i = 1,2,\ldots,p,\ j = 1,2,\ldots,M$, как раз и служат методы факторного анализа. Следует заметить, что если

---

[7] См. Трухаев Р.И., Горшков И.С. Факторный анализ в организационных системах. – М.: Радио и связь, 1985. – 184 с.

[8] См. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.

[9] См. Шеремет А.Д. Комплексный экономический анализ деятельности предприятий. – М.: Экономика, 1974.

функции (2) содержат неопределенные или неучтенные параметры, то в этом случае используются методы факторного анализа в условиях неопределенности.[10,11] Если же такие параметры с неопределенностями отсутствуют, то используются методы детерминированного факторного анализа. Рассмотрим последние более подробно.

При малых отклонениях ΔQ_j и $\Delta \pi_i$ можем записать

$$\Delta Q_j = f_j\left(\pi_{(1)}\right) - f_j\left(\pi_{(0)}\right) \approx \sum_{i=1}^{p} \frac{\partial f_j\left(\pi_{(0)}\right)}{\partial \pi_i} \cdot d\pi_i ,$$

откуда оценки влияния могут быть представлены в виде

$$I_{\pi_i, Q_j} = \frac{\partial f_j\left(\pi_{(0)}\right)}{\partial \pi_i} \cdot \Delta \pi_i .$$

В случае использования в качестве зависимостей (2) уравнений баланса (для финансовых потоков, материальных средств, потоков ресурсов и т.д.), которые являются, как правило, линейными относительно параметров π, оценки влияния I_{π_i, Q_j} будут пропорциональны изменениям $\Delta \pi_i$.

Хорошо известными и широко распространенными методами детерминированного факторного анализа являются метод цепных подстановок и интегральный метод.[9]

Так, в методе цепных подстановок полагают, что

$$\Delta Q_j = f_j\left(\pi_{(1)}\right) - f_j\left(\pi_{(0)}\right) =$$

$$= \sum_{l=1}^{p} \left[f_j\left(\pi_{i_1,(1)}, \ldots, \pi_{i_l,(1)}, \pi_{i_{(l+1)},(0)}, \ldots, \pi_{i_p,(0)}\right) - f_j\left(\pi_{i_1,(1)}, \ldots, \pi_{i_{(l-1)},(1)}, \pi_{i_l,(0)}, \ldots, \pi_{i_p,(0)}\right) \right], j = 1, 2, \ldots, M ,$$

причем, каждое из слагаемых этой суммы представляет собой оценку влияния I_{π_i, Q_j}. Следует заметить, что, к сожалению, метод цепных подстановок может приводить к большим ошибкам в оценках I_{π_i, Q_j}.

Интегральный метод факторного анализа (метод Эйлера-Лагранжа) основан (базируется) на следующем представлении разностей ΔQ_j:

$$\Delta Q_j = f_j\left(\pi_{(1)}\right) - f_j\left(\pi_{(0)}\right) = \int_0^1 \sum_{i=1}^{p} \frac{\partial f_j\left(\pi_{(0)} + \tau\left(\pi_{(1)} - \pi_{(0)}\right)\right)}{\partial \pi_i} \cdot \Delta \pi_i d\tau ,$$

откуда

$$I_{\pi_i, Q_j} = \Delta \pi_i \int_0^1 f'_{j,\pi_i}\left(\pi_{(0)} + \tau\left(\pi_{(1)} - \pi_{(0)}\right)\right) d\tau = \Delta \pi_i \int_0^1 f'_{j,\pi_i}\left(\pi_{(0)} + \tau \Delta \pi\right) d\tau ,$$

[10] См. Харман Г. Современный факторный анализ. – М.: Статистика, 1972. – 486 с.

[11] См. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. – М.: Мир, 1967. – 144 с.

где $\Delta\pi = \pi_{(1)} - \pi_{(0)}$, $f'_{j,\pi_i}\left(\pi_{(0)} + \tau\Delta\pi\right) = \dfrac{\partial f_j\left(\pi_{(0)} + \tau\Delta\pi\right)}{\partial \pi_i}$.

Продемонстрируем работу этих методов на примере факторного анализа показателя $Q_1 = NFV$ для бизнес-процесса вида[12]

$$BP = \left\langle C_{fin}(t) = S(t), C_{fout}(t) = P(t), t_0, T \right\rangle,$$

где $t \in \{t_0, t_1, \ldots, t_m = t_0 + T\}$, $S(t) = \{S(t_0), S(t_1), \ldots, S(t_m)\}$, $P(t) = \{P(t_0), P(t_1), \ldots, P(t_m)\}$, t_0 – время начала реализации бизнес-процесса, $t_m = t_0 + T$ – время окончания бизнес-процесса.

Тогда для постоянных процентных ставок (r_l –ставка заимствования и r_0 – ставка внешнего использования) расчетная формула для показателя $Q_1 = NFV_{(l)}$ будет выглядеть следующим образом[14,13]:

$$Q_1 = NFV_{(l)} = \sum_{i=0}^{m} P(t_i)(1 + r_0)^{t_m - t_i} - \sum_{i=0}^{m} S(t_i)(1 + r_l)^{t_m - t_i}.$$

Пусть вектор параметров π включает в себя денежные потоки (входной – $S(t)$ и выходной – $P(t)$), а так же ставки r_0 и r_l, т.е. $\pi = \left(S(t_0), \ldots, S(t_m), P(t_0), \ldots, P(t_m), r_0, r_l\right)^T$.

Тогда, если обозначить через $\pi_{(0)}$ – номинальные (плановые) параметры, а через $\pi_{(1)}$ – их фактические значения, то для приращения показателя

$$\Delta Q_1 = \Delta NFV_{(l)} = \Delta NFV_{(l)}(\pi) = NFV_{(l)}\left(\pi_{(1)}\right) - NFV_{(l)}\left(\pi_{(0)}\right) = \sum_{i=1}^{p} I_{\pi_i, Q_1}, i = 1, 2, \ldots, p,$$

$$p = (m+1) + (m+1) + 2 = 2m + 4,$$

оценки влияния $I_{\pi_i, Q_1}, i = 1, 2, \ldots, p$, по методу цепных подстановок можно найти следующим образом. Например, влияние ставки r_0 на показатель Q_1 можно оценить так:

$$I_{r_0, Q_1} = \left(\sum_{i=0}^{m} P_{(1)}(t_i)\left(1 + r_{0_{(1)}}\right)^{t_m - t_i} - \sum_{i=0}^{m} P_{(1)}(t_i)\left(1 + r_{0_{(0)}}\right)^{t_m - t_i} \right) -$$

$$- \left(\sum_{i=0}^{m} S_{(1)}(t_i)\left(1 + r_{l_{(1)}}\right)^{t_m - t_i} - \sum_{i=0}^{m} S_{(1)}(t_i)\left(1 + r_{l_{(0)}}\right)^{t_m - t_i} \right).$$

Аналогично могут быть найдены оценки влияния по методу цепных подстановок относительно параметров r_l, $P(t_i)$, $S(t_i)$ и т.д.

Найдем оценки влияния $I_{\pi_i, Q_1}, i = 1, 2, \ldots, p$, по методу Эйлера-Лагранжа (по интегральному методу). В качестве примера рассмотрим вычисление

---

[12] Наумов А.А., Бах С.А. Бизнес-процессы. Синтез, анализ, моделирование и оптимизация. - Новосибирск: ОФСЕТ, 2007 – 307 с.

[13] Наумов А.А., Федоров А.А. Портфели инвестиционных проектов. Синтез, анализ и оптимизация. – Новосибирск: ОФСЕТ, 2006 – 309 с.

оценок влияния $I_{S(t_0),Q_1}$, $I_{P(t_0),Q_1}$ и I_{r_0,Q_1}, поскольку другие оценки находятся аналогично.

Итак, находим оценку $I_{S(t_0),Q_1}$. Она имеет следующий вид:

$$I_{S(t_0),Q_1} = \left(S_{(1)}(t_0) - S_{(0)}(t_0)\right) \cdot \int_0^1 \left[-\left(1 + r_{l_{(0)}} + \tau\left(r_{l_{(1)}} - r_{l_{(0)}}\right)\right)^{t_m - t_0} \right] d\tau .$$

Эта оценка легко вычисляется, поскольку для показателя выполняется равенство

$$Q_1 = NFV_{(l)}\left(\pi_{(0)} + \tau\square\pi\right) = \sum_{i=1}^{m}\left(P_{(0)}(t_i) + \tau\cdot\left(P_{(1)}(t_i) - P_{(0)}(t_i)\right)\right)\left(1 + r_{0_{(0)}} + \tau\left(r_{0_{(1)}} - r_{0_{(0)}}\right)\right)^{t_m - t_i} +$$

$$+\sum_{i=1}^{m}\left(S_{(0)}(t_i) + \tau\cdot\left(S_{(1)}(t_i) - S_{(0)}(t_i)\right)\right)\left(1 + r_{l_{(0)}} + \tau\left(r_{l_{(1)}} - r_{l_{(0)}}\right)\right)^{t_m - t_i}$$

и для него

$$\frac{\partial NFV_{(l)}\left(\pi_{(0)} + \tau\square\pi\right)}{\partial S(t_0)} = -\left(1 + r_{l_{(0)}} + \tau\left(r_{l_{(1)}} - r_{l_{(0)}}\right)\right)^{t_m - t_0} .$$

Аналогично, найдя выражения для производных

$$\frac{\partial NFV_{(l)}\left(\pi_{(0)} + \tau\square\pi\right)}{\partial P(t_0)} = \left(1 + r_{0_{(0)}} + \tau\left(r_{0_{(1)}} - r_{0_{(0)}}\right)\right)^{t_m - t_0}$$

и

$$\frac{\partial NFV_{(l)}\left(\pi_{(0)} + \tau\square\pi\right)}{\partial r_0} = \sum_{i=1}^{m}\left(P_{(0)}(t_i) + \tau\cdot\left(P_{(1)}(t_i) - P_{(0)}(t_i)\right)\right)(t_m - t_i)\cdot\left(1 + r_{0_{(0)}} + \tau\left(r_{0_{(1)}} - r_{0_{(0)}}\right)\right)^{t_m - t_i - 1},$$

можно получить выражения для оценок влияния $I_{P(t_0),Q_1}$ и I_{r_0,Q_1}.

Значения этих оценок могут быть получены с помощью численных методов интегрирования (метода прямоугольников, метода трапеций, метода парабол и т.д.), а также с использованием пакетов прикладных программ (например, с помощью пакета MatLab).

Сделаем некоторые качественные выводы относительно свойств оценок $I_{P(t_0),Q_1}$, $I_{S(t_0),Q_1}$, и I_{r_0,Q_1} и обобщим их на другие оценки.

Вывод 1. С увеличением разности $\left(S_{(1)}(t_0) - S_{(0)}(t_0)\right) > 0$ (при прочих неизменных характеристиках бизнес-процесса) для оценки $I_{S(t_0),Q_1}$

1)выполняется неравенство $I_{S(t_0),Q_1} < 0$ и

2)она уменьшает свое значение (увеличивает свое значение по абсолютной величине).

Содержательно смысл этого вывода состоит в том, что при увеличении заемных средств, вкладываемых в бизнес-процесс, общая прибыль $Q_1 = NFV_{(l)}(\pi)$ уменьшается.

Вывод 2. Если $\left(S_{(1)}(t_i)-S_{(0)}(t_i)\right)=\left(S_{(1)}(t_j)-S_{(0)}(t_j)\right)>0, t_i<t_j$ и прочие характеристики бизнес-процесса остаются неизменными, то $I_{S(t_i),Q_1}<I_{S(t_j),Q_1}<0$.

Это означает, что превышение фактических заемных средств над планируемыми в начале реализации бизнес-процесса оказывает большее отрицательное воздействие на прибыль Q_1, чем это же превышение в конце реализации бизнес-процесса.

Вывод 3. При увеличении приращения $\left(P_{(1)}(t_0)-P_{(0)}(t_0)\right)>0$ при прочих неизменных характеристиках бизнес-процесса оценка $I_{P(t_0),Q_1}>0$ и она увеличивает свое значение.

Последнее означает, что увеличивается общая прибыль бизнес-процесса.

Напомним еще раз и подчеркнем, что, таким образом, разложение приращения общей прибыли $\Delta Q_1=\Delta NFV_{(l)}$, полученной ЭС и представленной через оценки влияния в виде

$$\Delta Q_1=\Delta NFV_{(l)}=\sum_{i=0}^{m} I_{S(t_i),Q_1}+\sum_{i=0}^{m} I_{P(t_i),Q_1}+I_{r_0,Q_1}+I_{r_l,Q_1},$$

позволит оценить вклад каждого из параметров (факторов, характеристик) бизнес-процесса в общую прибыль и, благодаря этому, определить «узкие места» ЭС, параметры-«лидеры» и т.д.

Очевидным образом можно проводить анализ на чувствительность и факторный анализ для других показателей ЭС, например, для рисков $\vec{R}$. Факторный анализ рисков позволит выделить (классифицировать) параметры (и факторы), на которые будет приходиться наибольший риск. Тогда, возможно, следует организовать такую работу ЭС, при которой факторы, определяющие (отвечающие за) эти большие риски, следует отслеживать (контролировать) более тщательно (пристальнее, внимательнее), чем другие. Возможно, для уменьшения больших рисков при этом придется воспользоваться процедурами страхования (или перестрахования). Кроме этого, источникам возникновения этих рисков на основе результатов факторного анализа могут быть приписаны штрафные санкции, причем, размер этих санкций (штрафов, штрафных выплат) может быть определен размерами соответствующих рисков.

Динамический факторный анализ может быть рекомендован в качестве основы алгоритмов (методик, рекомендаций) управления динамическими портфелями бизнес-процессов.

Литература

Наумов А.А., Бах С.А. Бизнес-процессы. Синтез, анализ, моделирование и оптимизация. - Новосибирск: ОФСЕТ, 2007.
Наумов А.А., Ходусов Н.В. Управление портфельными инвестициями. Модели и алгоритмы. – Новосибирск: ОФСЕТ, 2005. – 298 с.
Розенвассер Е.Н., Юсупов Р.М. Чувствительность систем управления. – М.: Наука, 1981.-464 с.
Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости. – М.: Наука, 1967.
Красовский Н.Н. Некоторые задачи теории устойчивости движения. – М.: Гостехиздат, 1950.
Рубан А.И. Идентификация нелинейных динамических объектов на основе алгоритма чувствительности. – Томск: ТГУ, 1975.
Рубан А.И. Идентификация и чувствительность сложных систем. – Томск: ТГУ, 1982. – 302 с.
Райншке К. Модели надежности и чувствительности систем. – М.: Мир, 1979. – 452 с.
Трухаев Р.И., Горшков И.С. Факторный анализ в организационных системах. – М.: Радио и связь, 1985. – 184 с.
Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
Шеремет А.Д. Комплексный экономический анализ деятельности предприятий. – М.: Экономика, 1974.
Харман Г. Современный факторный анализ. – М.: Статистика, 1972. – 486 с.
Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. – М.: Мир, 1967. – 144 с.
Наумов А.А., Бах С.А. Бизнес-процессы. Синтез, анализ, моделирование и оптимизация. - Новосибирск: ОФСЕТ, 2007 – 307 с.
Наумов А.А., Федоров А.А. Портфели инвестиционных проектов. Синтез, анализ и оптимизация. – Новосибирск: ОФСЕТ, 2006 – 309 с.