



## СТРУКТУРНЫЙ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ФИНАНСОВЫХ ПРОЦЕССОВ

**М.Ф. ТУБОЛЬЦЕВ**  
**С.И. МАТОРИН**  
**О.М. ТУБОЛЬЦЕВА**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: Tuboltsev@bsu.edu.ru*  
*e-mail: matorin@bsu.edu.ru*

Рассматриваются вопросы структурного системного анализа финансовых процессов. Представлена системная методика агрегирования доходности финансовых операций, реализующих финансовый процесс, ассоциированный с производственным процессом.

Данная методика адекватна современным методикам структурного системного анализа в том смысле, что, являясь нелинейной, позволяет учитывать синергетический эффект, а это особенно важно при реструктуризации производственных процессов.

Ключевые слова: финансовые потоки, финансовые процессы, структурный анализ, агрегирование доходности, производственный процесс, финансовая операция.

### Введение

Современные методики реинжиниринга бизнес-процессов (производственных процессов) базируются на структурном системном анализе этих процессов. В настоящее время существует несколько общепринятых подходов к реализации структурного анализа, как правило, реализованных на базе компьютерных информационных технологий. Тем не менее, несмотря на разнообразие графических нотаций и способов компьютерной реализации, в них практически отсутствуют возможности учета финансовых ресурсов. Так, например, в стандартном инструменте структурного системного анализа бизнес-процессов BPWin финансовая составляющая представлена только в виде простой методики поверхностного функционально-стоимостного анализа, не учитывающего временную стоимость денег.

Такое положение нельзя считать нормальным, поскольку основной целью любой реструктуризации и обновления бизнеса является именно улучшение финансовых показателей. Поэтому, если методика структурного системного анализа плохо учитывает финансовую составляющую потребляемых бизнесом ресурсов, то ее возможности в плане реинжиниринга бизнес-процессов весьма ограничены и выводы, сделанные с её применением, могут оказаться не обоснованными.

Анализируя причины игнорирования в современных инструментах структурного системного анализа (подобных BPWin) финансовой составляющей, можно сделать вывод о том, что это связано с отсутствием до недавнего времени системной методики агрегирования показателей доходности финансовых операций. Используемые вплоть до настоящего времени методики усреднения эффективных процентных ставок не могут быть использованы для агрегирования показателей доходности системы финансовых операций, а это ключевой момент при структурном анализе сложных бизнес-процессов. Так, общепринятой является следующая формула для вычисления усредненной процентной ставки:

$$r_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i T_i r_i}{\sum_{i=1}^n K_i T_i}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество операций,  $T_i$  – длительности операции, а  $K_i$  – затраты на проведение операции,  $i$  – номер операции [1, с.75].

Прежде всего, следует отметить, что методика усреднения, основанная на формуле 1, является линейной относительно усредняемых показателей (как и другие современные методики), поэтому она в принципе не может выявлять синергетический эффект (поло-

жительный или отрицательный) от взаимодействия (хорошо или плохо согласованных) бизнес-операций составляющих бизнес-процесс. Поскольку учет синергетического эффекта является базовым признаком системного подхода, линейные методики, по сути, есть отрицание системности, и странно применять их при агрегировании показателей доходности в методиках структурного системного анализа.

Другой причиной сложности учета финансовой составляющей в методиках структурного анализа является то, что в системах финансовых операций время является важнейшим системообразующим фактором [2]. Рассмотрим следующий простой пример. Пусть коммерческий банк выдал два кредита сроком на полгода каждый. Первый кредит размером 1 млн.р. выдан под 44% (годовых), а второй кредит размером 1,2 млн.р. выдан под 69%. Применяя формулу (1), получим  $r_{cp} \approx 57,64\%$  (точное значение  $r_{cp} = 317/550$ ). Предположим, что оба кредита выданы одновременно, тогда обе кредитные операции можно агрегировать непосредственно, считая, что выдан один кредит с начальной суммой 2,2 млн.р. сроком на полгода и конечной суммой 2,76 млн.р. Можно также предположить, что кредиты выдавались последовательно. Тогда, при непосредственном агрегировании получим один кредит с начальной суммой 1 млн.р. сроком исполнения 1 год и конечной суммой 1,56 млн.р. Используя два варианта непосредственного агрегирования, получим при параллельном исполнении кредитов  $r_a \approx 57,39\%$  (точное значение  $r_a = 1736/3025$ ), а при последовательном исполнении легко находится точный результат –  $r_a = 56\%$ . Таким образом, результат зависит от хронологической последовательности финансовых операций. Следовательно, при структурном системном анализе бизнес-процессов существенна не только длительность бизнес-операций, но и их локализация во времени.

Следует подчеркнуть также логическую неэквивалентность понятий агрегирования и усреднения. Агрегирование предполагает переход на новый более высокий уровень в некоторой иерархии объектов, что вполне соответствует системному подходу. Усреднение, обычно, ассоциируется с вероятностно-статистическим подходом и связано с некоторой совокупностью объектов, не образующих систему.

Таким образом, методы, основанные на формуле 1 и других формулах линейного взвешивания, не могут служить основой структурного системного анализа финансовых процессов, и необходимо развивать новые системные подходы к агрегированию финансовых показателей, поскольку финансовый процесс представляет собой систему финансовых операций.

### **Теоретический анализ**

Анализ возможных подходов к построению системной методики агрегирования финансовых показателей убеждает [3], что следует ориентироваться не на универсальные математические методы, а исходить из специфики предметной области. Прежде всего, системная методика не должна быть линейной, поскольку это исключает определение синергетического эффекта. Кроме того, она должна быть адекватной, т.е. тестироваться на совокупностях финансовых операций, допускающих непосредственное агрегирование, что даёт возможность прямого вычисления агрегированной доходности.

Будем говорить, что финансовые операции исполняются «параллельно», если они имеют одинаковую продолжительность и начинаются (и заканчиваются) одновременно. Также будем говорить, что финансовые операции образуют «цепь», если они следуют строго одна за другой без промежутков во времени и величина начальной суммы каждой операции (за исключением первой) в точности равна величине конечной суммы предыдущей операции. Выделение «параллельных» и «цепных» совокупностей финансовых операций нужно потому, что они являются универсальными тестами для любой методики агрегирования показателей доходности финансовых процессов. Действительно, в каждом из этих случаев возможно непосредственное агрегирование соответствующей совокупности финансовых операций в одну операцию.

В первом случае с параметрами  $K = \sum K_i$ ,  $S = \sum S_i$ ,  $T$ ; а во втором случае – с параметрами  $K = K_1$ ,  $S = S_n$ ,  $T = \sum T_i$ , где как обычно  $K$  – начальная сумма финансовой операции,  $S$  – конечная сумма, а  $T$  – продолжительность операции.



Возможность непосредственного агрегирования позволяет в каждом из указанных случаев найти агрегированный показатель доходности всей совокупности финансовых операций, который равен эффективному проценту агрегированной операций. Именно так были найдены агрегированные показатели доходности в рассмотренном выше примере.

Таким образом, любая методика агрегирования показателей доходности финансового процесса (в том числе не сводящаяся к вычислениям по некоторой формуле, а представляющая собой достаточно сложный алгоритм) должна проходить проверку адекватности на «параллельных» и «цепных» совокупностях финансовых операций. Еще одной совокупностью финансовых операций, допускающей непосредственное агрегирование доходностей, является совокупность операций с одинаковой доходностью. В этом случае даже нет необходимости в том, чтобы совокупность операций была «параллельной» или «цепной». В общем виде требования к системной методике агрегирования показателей доходности финансовых операций можно сформулировать следующим образом: методика должна быть адекватной (т.е. проходить тестирование) и учитывать локализацию финансовых операций во времени. Учет хронологии проявляется в том, что в расчетах агрегированного показателя используются не только длительность финансовых операций, но и даты их начала.

При разработке методов агрегирования часто совершается не всегда очевидная методологическая ошибка: предлагается методика агрегирования в виде математического алгоритма вычисления некоторой величины, которая и выдается за агрегированный показатель. Логичнее агрегированный показатель определить сначала концептуально в терминах предметной области и лишь затем дать способ его расчета как результат математических вычислений. Физики, например, определяют среднюю скорость как скорость равномерного движения, при котором за то же время проходит тот же путь; и лишь затем выводят формулы для её вычисления в тех или иных конкретных ситуациях.

Такое определение применительно к задаче агрегирования доходности системы финансовых операций дать, оказывается, вполне возможным [4, 5, 6]. Основой здесь являются понятия финансового потока операции и функции потока. Под финансовым потоком принято понимать множество упорядоченных пар  $\{(t_i, C_i)\}$ , где первый элемент указывает моменты времени выплат и поступлений средств в финансовом процессе, а второй элемент – величину этих выплат и поступлений. Под функцией потока  $F(V)$  будем понимать его чистое приведенное значение  $NPV(V)$  на момент первого по времени элемента. Применительно к финансовой операции с входом  $K$  (начальная сумма операции) и выходом  $S$  (конечная сумма операции) функция потока имеет вид:

$$F(V) = SV^T - K, \quad (2)$$

где  $V$  – множитель дисконтирования за базовый период.

Операция агрегирования финансовых инструментов интерпретируется просто как объединение финансовых потоков, дополненное алгебраическим сложением вторых элементов упорядоченной пары в совпадающие моменты времени. С позиций системного анализа, под агрегированным показателем доходности совокупности финансовых операций следует понимать доходность агрегированной финансовой операции, которая однозначно восстанавливается из своего финансового потока, являющегося объединением финансовых потоков отдельных операций. Отметим также, что если понимать финансовый поток не как множество, а как мультимножество упорядоченных пар, то все сводится к объединению мультимножеств.

Применительно к системе элементарных финансовых операций (с одним входом и одним выходом) задача расчета агрегированного показателя доходности сводится к алгоритму. Из уравнения

$$F(V) = \sum_{i=1}^N (S_i V^{T_i} - K_i) V^{t_i} = 0, \quad (3)$$

находится множитель дисконтирования  $V^*$  как корень этого уравнения, а затем по формуле



$$r^* = \frac{1}{T^*} - 1 \tag{4}$$

находится агрегированная доходность. Показано [3], что данная методика агрегирования доходностей является системной, поскольку тестируется и учитывает хронологию.

Для практического применения необходимо сформулировать понятие финансовой системы в терминах предметной области.

В соответствии с системным подходом существование и функционирование любой системы обусловлено наличием функционального запроса надсистемы (внешней детерминанты). При этом мера системности зависит от степени соответствия функционирования рассматриваемой системы (т.е. ее внутренней детерминанты) внешней детерминанте. Проявляется же системность в виде наличия функциональных связей с другими системами в рамках надсистемы, выставившей функциональный запрос, а также в виде поддерживающих связей внутри системы, обуславливающих ее субстанцию и структуру. В нашем случае для сложной финансовой операции (например, инвестиционного типа) надсистемой является соответствующий инвестиционный проект. Функциональным же запросом, очевидно, является требование получения дохода. Таким образом, доходность сложной финансовой операции является для нее системообразующим фактором.

Следовательно, совокупность финансовых операций образует систему, если:

1) во всех операциях данной совокупности участвует некоторое определенное физическое или юридическое лицо (иначе невозможно такой совокупности однозначно поставить в соответствие некоторый агрегированный финансовый поток);

2) каждая из финансовых операций совокупности в отдельности должна обладать показателем доходности в виде эффективного процента (т.е. нет вложений без соответствующего финансового возмещения), для чего достаточно  $S > K$ ;

3) агрегированный финансовый поток должен обладать единственным уровнем внутренней доходности (при агрегировании финансовых операций легко получить операцию с несколькими уровнями внутренней доходности, они не образуют систем).

Приведенные условия гарантируют, что совокупность элементарных финансовых операций образует систему с возникновением вычисляемого синергетического эффекта. Рассмотрим следующий пример. Пусть проводятся две краткосрочные (сроком 1 год) кредитные операции со следующими параметрами:  $K_1=10, r_1=40\%, T_1=1, K_2=14, r_2=20\%, T_2=1$ . Усреднение по формуле (1) позволяет дать приближенное значение усредненного показателя доходности:  $r_{cp}=28.33\%$ . Процентные ставки  $r_1$  и  $r_2$  можно интерпретировать как показатели доходности независимо от того, простые они или сложные, поскольку продолжительность кредитов равна базовому периоду. Предположим, что кредитные операции выполняются на одном базовом периоде параллельно, образуя нейтральный комплекс. На начальный капитал  $K=24$  в конце года будут выплачены проценты  $I=10 \times 0.4 + 14 \times 0.2 = 6.8$ ; и это дает процентную ставку по агрегированной кредитной операции, равную  $r_a \approx 28.33\%$ . Обе кредитные операции можно выполнять и последовательно, вложив полученные из первой кредитной операции средства во вторую. Тогда имеем одну агрегированную кредитную операцию сроком в два базовых периода с начальным капиталом 10 и возвращенной наращенной суммой 16.8. Агрегированный показатель доходности в данном случае вычисляется как эффективный процент  $r_{ef}$  агрегированной кредитной операции:

$$r_a = r_{ef} = \left( \frac{S}{K} \right)^{\frac{1}{T}} - 1, \tag{5}$$

что при подстановке дает  $r_a \approx 0.2961$ , т.е. 29.61%. Разница весьма значительна, составляет более 1% и не может быть следствием ошибок. Ее можно истолковать только как проявление положительного синергетического эффекта, связанного с образованием из отдельных кредитных операций, из нейтрального комплекса, финансовой системы с эффектив-



ной структурой. Вложение средств, полученных из одной кредитной операции в другую, полностью и без задержки стало причиной положительного синергетического эффекта. Следует отметить ту важную роль, которую играет хронологическая последовательность финансовых операций, их привязка к временной шкале. Тем самым выявляется важный фактор образования финансовых систем. Необходимо также отметить, что при образовании из отдельных кредитных операций финансовой системы с неэффективной структурой синергетический эффект может быть отрицательным. Пусть сначала выполняется вторая кредитная операция, а за ней – первая. Вычисляя агрегированный показатель доходности как уровень внутренней доходности полученного финансового потока, получим  $r_a \approx 0.272$ , т.е. 27.2%, что меньше, чем у нейтрального комплекса. Эта разница, более чем в 1%, не может быть следствием ошибок – это отрицательный синергетический эффект, вызванный неправильным управлением финансовыми ресурсами.

Для практического применения к задачам структурного системного анализа бизнес – процессов важно знать достаточные условия единственности решения уравнения 3, поскольку это существенно для образования из совокупности элементарных финансовых операций финансовой системы. Важным является то обстоятельство, что систему образуют, как правило, однотипные операции. Финансовые операции разных типов редко образуют системы. Рассмотрим следующий простой пример: пусть коммерческий банк выдает на три года кредит в размере 504 с возвратом суммы по кредиту в размере 1000 (доходность приблизительно 25,66%); через год банк берет межбанковский кредит на 1 год в размере 1910 с возвратом суммы по кредиту в размере 2400 (доходность приблизительно 101,68%). Уравнение для вычисления агрегированной доходности имеет вид

$$1000V^3 - 2400V^2 + 1910V - 504 = 0.$$

Оно имеет 3 корня:  $V_1=0.9$ ,  $V_2=0.8$ ,  $V_3=0.7$ . Это соответствует значениям процентных ставок:  $r_1=11.11\%$ ,  $r_2=25\%$ ,  $r_3=42.86\%$ . Неясно, какую из них принять за уровень внутренней доходности совокупности кредитной и заемной операций, и если выбрать одну из них, то что делать с двумя другими?

Имеет место следующее достаточное условие существования и единственности решения уравнения 3. Пусть финансовый процесс длительностью не более двух базовых периодов представлен как совокупность из  $n$  элементарных финансовых операций  $(K_i, T_i, S_i, t_i)$ , где  $t_i$  – дата начала операции,  $K_i$  и  $S_i$  – входная и выходная суммы ( $S_i > K_i$ ),  $T_i$  – длительность операции, а  $i$  – номер финансовой операции. Тогда уравнение 3 имеет единственное решение.

Для доказательства существования и единственности корня  $V^*$  отметим, что функция потока каждой кредитной операции является монотонно возрастающей функцией аргумента  $V$ ; а умножение на неотрицательную степень  $V$  лишь несколько сдвигает вправо левую границу интервала монотонности. Действительно, пусть  $V_{im}$  – точка единственного локального минимума функции  $F_i(V)$ , тогда, дифференцируя и приравнявая производную 0, получаем

$$V_{im} = \left( \frac{t_i}{t_i + T_i} \right)^{\frac{1}{T_i}} V_i, \quad (6)$$

где  $V_i$  – корень функции  $F_i(V)$ . Параметры  $T_i$  и  $t_i$  по условию удовлетворяют ограничениям  $T_i \geq 0$ ,  $t_i \geq 0$ ,  $T_i + t_i \leq 2$ . С учетом того, что  $V_i \leq 1$ , получаем  $V_{im} \leq 1/\sqrt{e}$ . Следовательно, на сегменте  $[1/\sqrt{e}, 1]$  функция  $F(V)$  монотонно возрастает, поскольку монотонно возрастает каждое из слагаемых в формуле (3). Далее, отметим, что  $F(V)$  имеет разные знаки на сегменте  $[1/\sqrt{e}, 1]$ , если доходности операций не превышают 0,5 (50%). Действительно, если это так, то

$$V_i = \frac{1}{1+r_i} > \frac{1}{e^{r_i}} > \frac{1}{\sqrt{e}}. \quad (7)$$



Следовательно, корень каждой функции  $F_i(V)$  находится внутри сегмента  $[1/\sqrt{e}, 1]$ , и она имеет разные знаки на краях. Тем же свойством обладает и функция  $F(V)$ . По теореме о непрерывных функциях, монотонно возрастающая функция  $F(V)$  имеет на сегменте  $[1/\sqrt{e}, 1]$  единственный корень. Практический смысл приведенного утверждения в том, что финансовые операции, сосредоточенные на двух смежных базовых периодах, при любых значениях своих параметров образуют систему, если их доходности не превышают 50%.

Завершая теоретическое рассмотрение, отметим, что представленная системная методика агрегирования обладает полезным свойством, характерным для линейного взвешивания. Пусть  $V_i$  – единственный корень уравнения  $F_i(V) = 0$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  на интервале  $(0, 1)$ . Тогда выполняются неравенства:

$$\min V_i \leq V^* \leq \max V_i, \quad (8)$$

где экстремумы берутся по всем  $i$ . Таким образом, агрегированный показатель доходности всегда находится в конечных, интуитивно разумных границах: доходность системы финансовых операций всегда превышает наименьшую и не превосходит наибольшую доходность.

### **Методика применения**

Представленная системная методика агрегирования доходности финансовых операций позволяет осуществлять структурный системный анализ финансовых процессов. Будем для определенности рассматривать методику структурного системного анализа IDEFO. Существует 3 способа расширения этой методики с добавлением возможностей финансового анализа бизнес-процессов.

Во-первых, можно сочетать стандартный инструмент структурного системного анализа (типа BPWin) с отдельной программой анализа финансовых потоков. В этом случае сначала осуществляется структурный анализ бизнес-процесса с последующим определением значений дополнительных параметров ( $K_i, T_i, S_i, t_i$ ) для элементарных операций (тех операций, которые далее не структурируются). Затем эти данные используются для анализа финансового процесса, ассоциированного с рассматриваемым бизнес-процессом в отдельной универсальной финансовой программе.

Во-вторых, можно расширить инструмент структурного системного анализа модулем, который после окончания построения структурных диаграмм мог бы произвести необходимые вычисления. Такой подход более эффективен, поскольку не требует перенесения данных из одной программы в другую, что может привести к ошибкам.

В-третьих, можно создать инструмент структурного системного анализа бизнес-процессов нового поколения, в котором структурный анализ осуществлялся бы в терминах финансовых результатов. В таком случае спецификация бизнес-процессов должна была бы производиться по всей номенклатуре ресурсов и продуктов (промежуточных и конечных) в денежной форме, что только упрощает процесс структурного анализа и делает такой анализ максимально приближенным к потребностям менеджмента.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 10-07-00266*

### **Литература**

1. Мелкумов Я.С.. Теоретическое и практическое пособие по финансовым вычислениям. – М.: ИНФРА-М, 1996.
2. Зубова Р.И., Тубольцев М.Ф. Проблема хронологии в статистике краткосрочного кредита // Вопросы статистики. 2000. № 2.
3. Зубова Р.И., Тубольцев М.Ф. Регулярная методика агрегирования показателей доходности краткосрочных кредитных операций // Вопросы статистики. 2000. № 11.
4. Тубольцев М.Ф. Системная методика агрегирования показателей доходности в финансовых операциях // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Системный анализ в экономике и управлении». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – №8 (52). – С. 94-98.
5. Тубольцев М.Ф. Реинжиниринг систем финансовых операций // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. – 2007. №4 (35), вып. 3. – С.226-231.
6. Тубольцев М.Ф. Математические методы в системном анализе финансовых операций // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2008. №1. С.124-133.



## THE STRUCTURAL SYSTEM ANALYSIS OF FINANCIAL PROCESSES

**M.F. TUBOLTSEV**  
**S.I. MATORIN**  
**O.M. TUBOLTSEVA**

*Belgorod State University*

*e-mail: Tuboltsev@bsu.edu.ru*  
*e-mail: matorin@bsu.edu.ru*

Questions of the structural system analysis of financial processes are considered. The system technique of aggregation of profitableness of the financial operations realizing financial process, associated with production is presented.

The given technique is adequate to modern techniques of the structural system analysis in the sense that, being nonlinear, allows considering synergetic effect that is especially important at re-structuring of productions.

Key words: financial streams, financial processes, the structural analysis, profitableness aggregation, production, financial operation.