
СЕТЕВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ

Баева Нина Борисовна, канд. экон. наук, проф.

Сергеева Екатерина Александровна, асп.

Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, Россия, 394006; e-mail: krovayakova@amm.vsu.ru; ekaterina.pronina2012@mail.ru

Цель: в статье ставится цель описания сетевой информационной модели, приведен пример и предлагается способ построения адаптивных сетевых моделей, описывающих процесс функционирования финансовой организации на примере коммерческого банка и его кредитных операций. *Обсуждение:* автор предлагает способ описания универсальной сетевой информационной модели, представленной совокупностью агентов, связывающих их отношений и целей в качестве примера. В работе приведена кредитная сеть одного из коммерческих банков Воронежа. *Результаты:* автором описана и реализована агрегированная многоагентная и многослойная информационная модель в общем виде, на основе которой разработана кредитная сеть коммерческого банка.

Ключевые слова: сетевая информационная модель, агент, кредитные сети, коммерческий банк.

DOI: 10.17308/meps.2015.6/1250

Введение

Адаптивными являются системы, обладающие средствами саморегуляции, но зависящие от внешних воздействий. Они содержат инструменты изменения структуры в направлении, которое корректируется влиянием внешней среды. Реакция адаптивной системы может зависеть от устройства её информационной модели и особенностей её организационной структуры.

Одной из перспективных форм организации экономических объектов, по мнению современной теории организаций, являются сетевые модели, когда организация рассматривается не как статичная иерархическая структура с заданными откликами, но как сеть, каждый узел которой осознает цели системы и развивает интеллектуальные взаимодействия с другими узлами. В сетевой структуре принятие решения делегируется по узлам сети,

так что каждый элемент обладает определенной свободой в пределах своих полномочий. Несмотря на все достоинства, присущие такой модели, и заключающиеся, прежде всего, в способности к самонастройке и самоконтролю, децентрализация управления порождает опасность потери контроля и разрушения организационной системы в целом. Для успешного функционирования организационной системы с рассредоточенными центрами принятия решений и сохранения ее как единого образования необходимо обеспечить компромисс между делегированием полномочий и концентрацией управления внутри системы. По нашему убеждению, функции поддержания внутреннего единства и сущностной целостности организационной системы относительно целей ее существования должны быть возложены на корпоративную информационную систему. Под информационной системой мы понимаем совокупность программных средств обработки и хранения информации, отражающей деятельность экономического объекта. Информационную систему, выполняющую функцию контроля за соблюдением регламентов функционирования организационной системы и способную легко настраиваться при их изменении, мы называем активной. Активная информационная система является инструментом менеджмента, а её функции заключаются в реализации различных технологий стратегического, тактического и оперативного управления организационной системой, управлении ее целями, прогнозировании воздействия возможных управленческих решений на состояние организационной системы, оценке последствий принятых решений [1-5].

Агрегированная модель информационной системы организации сетевой структуры

При построении информационных моделей множества состояний, которые будут описывать различные значения, определяются типами данных и их группировками. Поэтому описание множеств начнем с описания типов данных:

Пусть T – множество различных типов данных, определенных в модели. Обозначим $|T| = M$, $T = \{t, i = 1 \dots M\}$. Примеры типов данных: R, N, Z , тип даты, тип `char`, запись, объектный тип и другие, которые используются в информационных системах.

Пусть для каждого типа данных определен набор операций.

Обозначим для произвольного значения a факт его принадлежности типу t так: $a \% t$.

Назовем бинарное отношение $R_i = |T| \times |T|$ отношением преобразования типов. $r_{ij} \in \{0, 1\}$, если существует функция преобразования значения типа t_i в значение типа t_j . При этом $T^n = \{t_i, i = 1 \dots n, t_i \in T\}$ – множество различных упорядоченных наборов типов данных длины n . Наборы типов данных одной длины считаются различными, если количество элементов каждого типа в них различно.

Введем следующее важное определение: пусть $H \in T^n$ – набор типов

данных. Набором значений X типа H назовем совокупность значений, типы которых определяются составляющими набора типов данных той же длины. Выражение x_n будем понимать как значение X типа H .

Назовем агентом совокупность:

$$A = (H \in T^n, \{0_i(h_i)\}, H^{in} \subseteq H, H^{out} \subseteq H, \Phi: H^{in} \times N \rightarrow H^{out} \times N, G, I).$$

Здесь $\phi: H^{in} \times N \rightarrow H^{out} \times N$ – функция отклика агента, определяющая правило преобразования входящего набора значений в выходящий набор значений; H – набор типов данных, с которыми работает агент, H^{in} – набор типов входных данных агента, G – цель агента, I – элемент, подчеркивающий наличие способности принятия агентом решений, а также отражающий знание им самого себя, своих ограничений и возможностей. Причем $\phi = I(G)$ – правило функционирования, определяемое самим элементом в зависимости от цели, которую он стремится достичь.

Рассмотрим системы с целью. Система с целью представляет собой совокупность агентов, связывающих их отношений, и цели, которой подчиняется структура системы и цели её агентов. Системой с целью называется совокупность:

$$S = (\{A_i\}, R, G, I, i = 1 \dots N), R \subset N \times N \quad (1)$$

– бинарное отношение, определяющие связи агентов, G – цель системы, I – элемент, ответственный за принятие решений, N – число агентов в системе. Причем $R = I(G, G_1, \dots, G_N)$ и $G_i = I(R, G, G_j), \forall i, j \in [1, N], i \neq j$.

Многослойной системой с целью (МСЦ) называется совокупность:

$$S = (\{S^k\}, R^s \subset K \times K, G^s, I^s, k = 1 \dots K), \quad (2)$$

K – число систем, составляющих МСЦ, S^k – система с целью, R^s – бинарное отношение, определяющее связи систем, G^s – цель МСЦ, I^s – элемент системы, отражающий наличие агентов, каждый из которых имеет цель и являющийся узлом организации с сетевой структурой.

Таким образом, узел организации с сетевой структурой будем впредь называть активным обобщенным агентом: активным, так как имеет собственную цель; обобщенным, так как может иметь собственный персонал:

$$M = T, C[T], C^2[T], DS, Ag, n, \Theta, \quad (3)$$

где $Ag = \{(A_i, \tilde{g}_i, Req_i(P^{in}))\}, i = \overline{1, n}$ – множество агентов, Θ – механизм формирования целей агентов, S – множество элементов данных информационной системы.

Агент описывается совокупностью $A = P, P^{in}, P^{out}, \phi, g, p, G, I$. Здесь $P \subset DS$ – множество элементов данных, представляющих информацию, с которой работает агент.

$P^{in} \subseteq P$ – множество элементов данных, представляющих информацию, используемую агентом.

$P^{out} \subseteq P$ – множество элементов данных, представляющих информацию, создаваемую агентом.

Множества P^{in} , P^{out} и P связаны соотношением $P^m \cup P^{out} = P$.

ϕ – правило преобразования исходной информации агента и создания на её основе новой информации, $\phi : D(P^{in}) \rightarrow D(P^{out})$.

$g \in DS$ – элемент данных, который используется для представления целевого требования агента.

ρ – мера близости значений, правило, по которому любым двум значениям элемента данных g сопоставляется неотрицательное вещественное число, характеризующее их «близость» друг к другу $\rho : D(g) \times D(G) \rightarrow R^+$.

G – правило, по которому создаваемая агентом информация может быть интерпретирована в терминах целевого требования агента $G : D(P^{out}) \rightarrow D(g)$.

Y – множество элементов, имеющих собственную цепь.

При этом всё множество характеристик можно разделить на два непересекающихся подмножества: $A_i^0 \subseteq A_i$ – характеристики, значения которых необязательны для осуществления интерпретации, и $A_i^1 \subseteq A_i$ – характеристики, наличие значений которых обязательно для каждого акта интерпретации экземпляра данных этого элемента. Можно говорить, что набор обязательных характеристик составляет объем данных, гарантированно предоставляемый экземпляром элемента, и, следовательно, определяет смысловую целостность контекста интерпретации, соответствующего элементу, и информационную полезность самого элемента модели. При отсутствии хотя бы одного обязательного элемента интерпретация остальных значений не имеет смысла. С любой моделью связана определяющая её система данных, меняющихся во времени. Выпишем описатель системы данных информационной модели на момент времени T :

$$S_d(M, \tau) = \langle A, \chi, R, T \rangle, \quad (4)$$

где T – множество типов данных, $A(M, \tau) = \{\alpha_j\}$, $\alpha_j = \langle name_j, t_j \in T, j = \overline{1, J} \rangle$ – множество характеристик, $\chi(M) = \{x_i\}$, $i = \overline{1, N}$ – множество элементов, $x_i = \langle \alpha_0^i, A_i^1, A_i^0, U_i, S, I, U, D \rangle$ – элемент модели, $A_i^1 \cup A_i^0 = A_i$, $A_i \subseteq A$ – множества обязательных и необязательных характеристик, $\alpha_0^i \in A$ – первичный уникальный идентификатор, $R \subset N \times N$ – бинарное отношение, определяющее множество связей агентов.

Однако поскольку структура и состав информационной модели могут меняться, то в модель необходимо ввести понятие момента времени T , когда действует данное описание компонентов модели. Будем называть характеристикой организационной системы любое качество, свойство или показатель, значение которого может быть однозначно установлено для организационной системы в любой момент времени. Для значений каждой характеристики определено множество значений и их тип (число, визуальный образ и т.п.). Кроме характеристик (свойств) организационной системы, будем рассматривать в модели суррогатные характеристики, являющиеся свойствами информационной системы. Характеристику будем обозначать

парой $\alpha = \langle name, t \rangle$, где name – наименование данной характеристики, а $t \in T$ – её тип данных. Наименование характеристики введено в информационную модель, поскольку позволяет сохранить семантическую связь между данными в информационной системе и свойством организационной системы, которое они представляют. Фактически наименование – это элементарная смысловая интерпретация значений характеристики. Все множество характеристик определяет состав и структуру информационной модели.

Сетевая модель на примере «Кредитных сетей»

В качестве примера сетевой модели приведем «Кредитные сети», разработанные на материалах и в условиях одного из коммерческих банков Воронежа.

При разработке кредитных сетей предполагались выполненными следующие условия:

1. В сетевой модели не должно быть тупиковых событий, т.е. событий, из которых не выходит ни одна работа (кроме завершающего события).
2. В сетевом графике не должно быть событий кроме исходного, не имеющих предшествующих работ.
3. В сети не должно быть замкнутых контуров и петель, т.е. путей, соединяющих события сами с собой.
4. Любые два события должны быть связаны не более чем одной стрелкой.
5. В сети рекомендуется иметь одно исходное и одно завершающее событие.

После построения сетевого графика используются различные методы анализа и нахождения критического пути с целью оптимизации процесса с учетом известных параметров событий и работ.

В деятельности финансовых организаций важную роль играет наличие возможности в текущий момент времени достаточно точно определить, какая стратегия поведения и какие из имеющихся альтернатив являются наиболее оптимальными в долгосрочной перспективе. Но поскольку их деятельность трудно формализуема, составление математической модели, наглядно отражающей суть процессов, является непростой задачей. В связи с этим имеет смысл использовать сетевые модели на начальных этапах моделирования.

Ниже предлагается способ построения особого вида сетевых моделей, описывающих процесс функционирования финансовой организации на примере коммерческого банка и его кредитных операций.

При рассмотрении деятельности коммерческих банков по выдаче кредитов, как правило, рассматривается группа потенциальных заемщиков, подавших заявки на получение кредита в обусловленный момент времени. Банк со своей стороны на основе тех или иных критериев принимает решение о том, какие заявки и в каком объеме от запрашиваемой суммы стоит

удовлетворить. Но при таком подходе не учитывается временной аспект, а именно оптимизация кредитного портфеля в предположении, что выбор осуществляется не из группы заемщиков, а из развернутых во времени кредитных сетей. Под кредитной сетью будем понимать совокупность объектов различных типов, каждый из которых обладает рядом характеристик, отражающих показатели, связанные с данной кредитной операцией, развернутую во времени. Исходя из постановки задачи, выделим два типа объектов, которые будут составлять рассматриваемую сеть, а именно банк и займы.

Первый тип элементов сети – банк, в каждый момент времени характеризуется объемом долгов каждого клиента, а также объемом имеющихся у банка денежных средств. Тогда состояние данного объекта в произвольный момент времени t удобно представлять в виде вектора:

$$A_t = \begin{pmatrix} a_{1t} \\ a_{2t} \\ \vdots \\ a_{nt} \end{pmatrix},$$

где a_{kt} – долг k -го клиента банку к моменту времени t .

Чтобы отследить динамику осуществления выплат и изменения состояния долгов заемщиков, удобно объединить данные по отдельным моментам времени, образовав матрицу, отражающую величины задолженностей за весь рассматриваемый период $[t_0, T]$:

$$A = (A_{t_0}, A_{t_0+1}, \dots, A_T).$$

При этом следует отметить, что элементы матрицы A обладают свойством:

$$a_{kt} = S_{kt} x_{kt} (1 + r_{kt}), \quad \forall a_{kt} \neq 0: a_{k,t-1} = 0,$$

где S_{kt} – необходимый размер кредита k -го заемщика, взятого в момент времени t , x_{kt} – доля, на которую удовлетворяется запрашиваемый кредит, r_{kt} – процентная ставка k -го кредита.

Тогда по изменению значений a_{kt} в строках матрицы можно определить, в какие моменты и в каком размере были сделаны взносы в счет погашения задолженности по кредиту, а также выявить случаи, когда взносы не были сделаны вовремя. Последнее будет отражаться в матрице в виде возрастания кредиторской задолженности (за счет применения банком штрафных санкций в отношении должника).

Кроме того, для банка должен быть известен первоначальный объем имеющихся средств P_0 . Тогда по матрице A и величине P_0 можно вычислить объем активов банка в произвольный момент времени на промежутке $[t_0, T]$:

$$P_{t+1} = P_t - \sum_{k=1}^n \frac{a_{k,t+1}}{r_{k,t+1}} + \sum_{\substack{k=1..n \\ k:a_{kt} \neq 0}} (a_{kt} - a_{k,t+1}) \quad (5)$$

Рассмотрим второй тип элементов сети – займы. Состояние такого объекта описывается с помощью группы характеристик, а именно: t – момент взятия кредита, S_{kt} – необходимый размер кредита k -го заемщика, взятого в момент времени t , $x_{kt} \in [0, 1]$ – доля выдаваемого кредита от запрашиваемой суммы k -му заемщику в момент времени t , T_{kt} – время, на которое выдается k -й кредит, \bar{T}_{kt} – год, с которого начинаются выплаты, r_{kt} – процентная ставка k -го кредита, q_k – периодичность выплат в год по k -му кредиту, \bar{S}_{kt} – величина отдачи от проекта, заявленная заемщиком, σ_{kt} – мера риска k -го проекта.

Для описанной системы связи между объектами представляют собой финансовые потоки, существующие между ними. В силу того, каким образом были введены элементы данной сети, можно говорить о существовании связей только между элементами разных типов, то есть между кредитами и банком. При этом для каждого элемента – займа имеется один входящий (в момент взятия кредита) и несколько исходящих (в моменты осуществления взносов в счет погашения задолженности по кредиту) потоков. Для элемента – банка в произвольный момент времени может существовать произвольное число входящих и исходящих потоков.

Учитывая характер связей и элементов рассматриваемой сети, легко заметить следующую связь: величина финансового потока, являющегося входящим для элемента – займа, с учетом процента, под который был выдан данный кредит, равна сумме финансовых потоков, исходящих из данного элемента:

$$S_{kt} x_{kt} (1 + r_{kt}) = \sum_{m=1}^{N_{kt}} \left(\frac{S_{kt} x_{kt}}{N_{kt}} + \frac{S_{kt} r_{kt}}{q_{kt}} \left(1 - \frac{m-1}{N_{kt}} \right) \right), \quad (6)$$

где $N_{kt} = (T_{kt} - \bar{T}_{kt} + 1)q_{kt}$ – общее число выплат по данному кредиту.

Данное соотношение верно для случая, если заемщик вовремя и в полном объеме делает взносы по кредиту. В противном случае оно должно быть изменено с учетом применения банком штрафных санкций в отношении должника или списания задолженности заемщика на безнадежный долг.

Также следует заметить, что соотношение (5) можно получить, используя матрицу долгов A . В этом случае оно переписывается в виде:

$$a_{k\hat{t}} = \sum_{t=\hat{t}+1}^T (a_{k,t-1} - a_{kt}), \quad (7)$$

где $\hat{t} : (a_{k,\hat{t}-1} = 0) \wedge (a_{k\hat{t}} \neq 0)$, то есть имеет место равенство: $a_{k\hat{t}} = S_{k\hat{t}} x_{k\hat{t}} (1 + r_{k\hat{t}})$.

Подводя итог сказанному выше, отметим, что кредитная сеть представляет собой совокупность различных показателей и характеристик возможных займов, данные о которых поступают в разные моменты времени, схематично ее можно представить следующим образом:

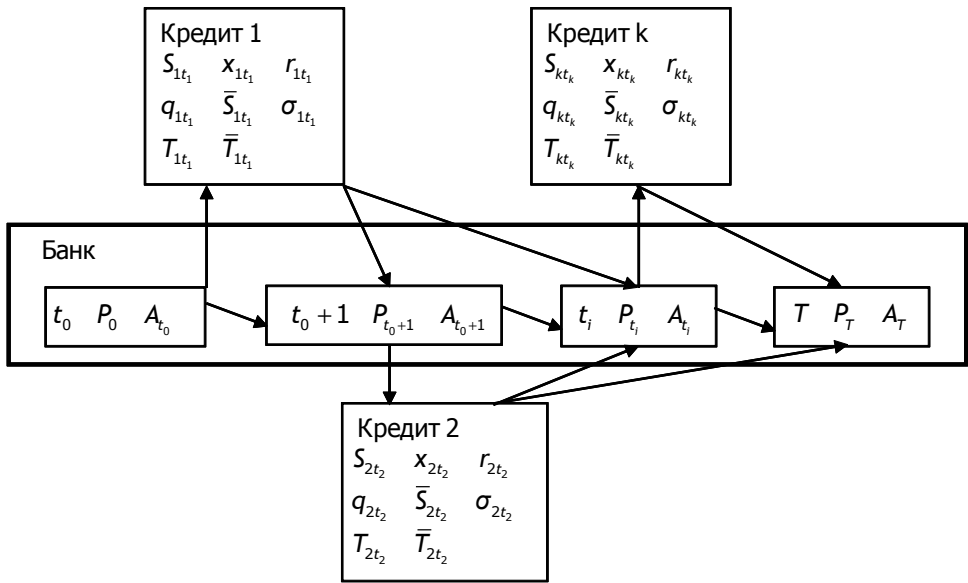


Рис. 1. Схема кредитной сети

Здесь работы представляют внутреннее состояние банка в различные моменты времени, а также работы по выдаче кредитов, стрелки использованы для обозначения связей между проведенными работами. Принятие решения о целесообразности кредитования того или иного проекта осуществляется, исходя из его расположения на временной оси. То есть учитываются не только характеристики данного кредита, но и всех остальных, а также их расположение относительно друг друга.

Кроме того, описанная структура кредитной сети предоставляет возможность решения не только задачи определения объема кредитования каждого проекта, но и момента выдачи кредита, выбора программы, в соответствии с которой будет осуществляться его погашение, а также процентной ставки. В данном случае с каждым кредитом будет связано сразу несколько абсолютно разных «ветвей», каждая из которых соответствует тому или иному варианту кредитования. При этом рассматриваемые варианты могут строиться в соответствии с интересами банка, заемщика или и тех и других в том смысле, что предлагаемые к рассмотрению варианты возникают при анализе эффективности или выгоды операции для какой-то из сторон договора.

Учитывая такую интерпретацию понятия кредитной сети и возможности ее применения, можно представить ее следующим образом:

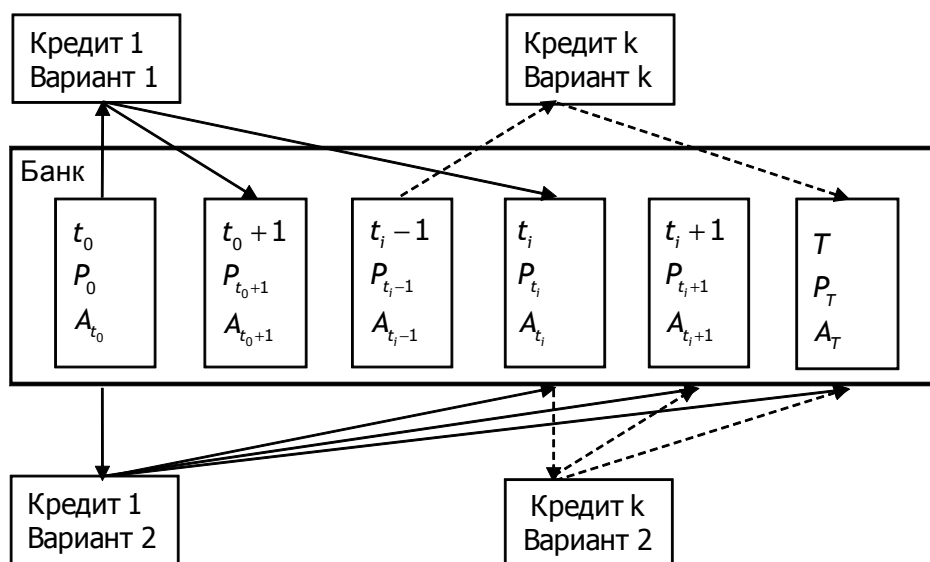


Рис. 2. Обобщенный вид кредитной сети

Спектр задач, которые позволяют описать подобное представление процесса функционирования банка в сфере выдачи кредитов, включает, в частности, следующие:

- Определение долей, на которые следует удовлетворить заявки клиентов (при этом могут также учитываться пожелания заемщиков о возможных объемах кредитования).

Пример. В банк поступили кредитные заявки от 2 клиентов. Первый клиент хочет получить кредит до 250000 руб. на полтора года по кредитной программе, предусматривающей ежемесячные выплаты, начиная с первого месяца, под 18% годовых. Второй клиент хочет получить кредит до 350000 руб. на год по ставке 17% годовых с ежемесячными выплатами. Банку необходимо определить, какую сумму следует выделить каждому клиенту, исходя из имеющейся суммы свободных денежных средств и надежности каждого из заемщиков, определяемой на основе анкетирования клиентов и оценки уровня их платежеспособности.

- Определение вида кредита, который будет выдан клиенту, то есть его процентной ставки, порядка возврата, а также характера и объема штрафных санкций, которые будут применены в отношении заемщика в случае неисполнения им обязательств по договору.

Пример. В банк поступила кредитная заявка от клиента. Клиент хочет получить кредит в размере 400000 рублей, при этом клиент предоставляет данные об уровне своего дохода, семейном положении, наличии недвижимости и т.п. Необходимо определить, сможет ли банк выдать требуемую сумму клиенту, а также принять решение, какую из кредитных программ использовать при этом. Иными словами, определить, под какой процент и на какой срок выдать средства:

- Определение момента выдачи кредита в соответствии с пожеланиями клиента.

Пример. 27 февраля 2012 года в банк поступает кредитная заявка от клиента на выдачу 1 млн руб. Клиент хочет получить эту сумму не позже 1 июня в полном объеме. Необходимо определить, в каком месяце из указанного периода банк сможет выдать эту сумму клиенту, минимизировав при этом свои возможные потери.

Заключение

Рассмотренная специальная структура, названная кредитной сетью, может быть использована для решения широкого круга задач, связанных с оптимизацией кредитной деятельности коммерческих банков, являющихся системами с адаптивным управлением. Причем в качестве критерия выбора управленческого решения может выступать как максимизация эффективности операции для объекта сети – банка, так и создание благоприятных условий погашения кредита для объекта – заемщика.

В заключение отметим, что предлагаемая схема описания сетевой информационной модели может быть успешно применена для систем этой природы.

Список источников

1. Акоф Р., Сасиени М. *Основы исследования операций*. Москва, Мир, 1971.
2. Левнер Е.В., Птускин А.С. О выборе направлений модернизации предприятий на основе информационно-энтропийной модели хозяйственного риска // *Экономика и математические методы*, 2014, т. 50, no. 2, с. 111-126.
3. Баева Н.Б., Ворогушина Ф.В. *Математические методы оценки и наращивания экономического потенциала региона*. Воронеж, ИПЦ Воронежского государственного университета, 2012.
4. Москвина О.С. Определение уровня технологического уклада в экономике // *Вестник Челябинского государственного университета*, 2010, no. 2, с. 52-58.
5. Черников Б.В., Ильин В.В. *Управление качеством информационных систем в экономике*. Москва, ИД «Форум», 2009.

NETWORK INFORMATION MODEL AS A BASIS FOR THE EFFICIENT FUNCTIONING OF ADAPTIVE SYSTEMS

Baeva Nina Borisovna, Cand. Sc. (Econ.), Prof.

Sergeeva Ekaterina Alexandrovna, graduate student

Voronezh State University, University sq., 1, Voronezh, Russia, 394006; e-mail: krovlyakova@amm.vsu.ru; ekaterina.pronina2012@mail.ru

Purpose: to develop a method for constructing the adaptive network models, describing the process of functioning of the financial organization on an example of a commercial bank and its credit operations. *Discussion:* the authors offers a way of describing a universal network information model presented by a set of agents, their relations and purposes. The article provides a credit network of one of commercial banks in Voronezh. *Results:* the authors has described and implemented an aggregate multi-agent and multi-layered information model in general terms. We developed the credit network of the commercial bank.

Keywords: network information model, agent, credit networks, commercial bank.

Reference

1. Ackoff R.L., Sasieni M. *Fundamentals of Operations Research*. New York, John Wiley & Sons, 1968.
2. Loewner E.V., Ptuskin A.S. O vybore napravlenij modernizacii predpriyatij na osnove informacionno-entropijnoj modeli xozyajstvennogo riska [About the choice of modernization directions of enterprises based on information-entropy economic risk model]. *Economics and Mathematical Methods*, 2014, vol. 50, no. 2, pp. 111-126. (In Russ.)
3. Baeva N.B., Vorogushina D.V. *Matematicheskie metody ocenki i narahivaniya ekonomicheskogo potentsiala regiona* [Mathematical methods of region economic potential evaluation and accumulation]. Voronezh, Voronezh St. Univ. Publ., 2012.
4. Moskvina O.S. Opredelenie urovnya texnologicheskogo uklada v ekonomike. [Determining the level of technological structure of the economy]. *Bulletin of the Chelyabinsk State University*, 2010, no. 2, pp. 52-58.
5. Chernikov B.V., Ilyin V.V. *Upravlenie kachestvom informacionnyx sistem v ekonomike*. [Quality management of information systems in the economy]. Moscow, Forum, 2009.