

УДК 519.95

*В.Е.Лялин*¹, *А.Д.Воловник*²

¹ Ижевский государственный технический университет, г. Ижевск, Россия

² ОАО Фондсервисбанк, г. Москва, Россия

velyalin@yandex.ru

Нечеткий и дифференциальный подходы к моделированию интеллектуального капитала организации

Построены динамические модели развития банка с учетом интеллектуального капитала на основе: а) нечеткой системы, б) обыкновенных дифференциальных уравнений. Коэффициенты моделей определяются в результате обучения системы для заданного закона изменения кредитного потенциала во времени.

Интеллектуальный капитал основан на совокупности знаний и умений сотрудников некоторой организации, например, банка. Реализация этих знаний в практической деятельности приводит к некоторому экономическому эффекту, являющемуся денежным эквивалентом интеллектуального капитала. Получение экономического эффекта, определяемого существующим уровнем знаний, происходит в результате управления системой – банком, которое само по себе также является составной частью интеллектуального капитала.

Интеллектуальный капитал организации можно определить как некоторую систему определенной структуры, содержащую несколько составляющих подсистем [1]. Первая подсистема характеризуется уровнем квалификации, умения и трудовых навыков сотрудников. Высокая квалификация, большой опыт работы, деловая активность, безусловно, способствуют расширению клиентуры и увеличению прибыли банка. Следовательно, вложение дополнительных средств в развитие этой подсистемы является направлением роста эффективности кредитной организации. При достаточно высоком уровне этой составляющей интеллектуального капитала подсистема может проявлять синергетические свойства. Новые сотрудники с небольшим опытом работы и квалификацией быстро подтягиваются к существующему уровню. Если высокая квалификация ценится в трудовом коллективе, возникает естественное стремление к ее повышению.

Банковские операции характеризуются высокой мобильностью, требуют принятия решений в сжатые сроки. Кроме того, многим видам банковской деятельности присущи достаточно высокие риски. Для работы в таких условиях обязательным условием является привлечение информационных технологий. В настоящее время вряд ли найдется кредитная организация, не имеющая компьютерной сети и не поддерживающая базы данных. Надежная информация о клиентах и методы ее обработки существенно снижают кредитные риски. Системы обработки, хранения и защиты информации повышают эффективность банковской деятельности.

Традиционно к интеллектуальному капиталу организации относят имеющуюся у нее интеллектуальную собственность [1]. Интеллектуальная собственность становится частью интеллектуального капитала, если применяется в деятельности банка и повышает ее эффективность за счет снижения влияния конкурентов, расширения рынка банковских услуг, повышения качества услуг.

Интеллектуальный капитал также формирует система управления банком. Оптимальные решения в банковском маркетинге, учет топ-менеджерами совокупности внешних условий при управлении также приводит к расширению сферы деятельности банков и к росту производства конкурентоспособной продукции и услуг.

Для управления интеллектуальным капиталом необходимо научиться его оценивать и выразить через применяемые в практике бухгалтерского учета показатели. Это требует создания некоторых моделей. Нами предлагается два подхода к решению данной задачи. Первый базируется на представлении банка и его деятельности в виде причинно-следственной сети или когнитивной карты. Второй в качестве основы опирается на теорию производственных функций с использованием математических моделей в виде некоторых дифференциальных и алгебраических уравнений. Эти два подхода должны взаимно дополнять друг друга.

При описании сложных систем, к которым относится и банк, характеризующихся высокой степенью неопределенности, целесообразно использовать методы нечетких множеств, лежащие в основе многих экспертных систем. Для решения задачи управления сложной недетерминированной системой управленческий процесс представляется в виде нечеткой сети. Взаимодействия между элементами системы представляются в виде нечетких правил. Построенная сеть может функционировать в двух режимах.

Первый режим. Имеется достаточное количество данных, связывающих входные и выходные параметры системы (сети). В этом случае количественные параметры, определяющие функции принадлежности, находятся в процессе обучения сети.

Второй режим (экспертная система). При недостаточном количестве данных эксперты устанавливают меры условия и следствия, а также формулируют правила в виде нечетких высказываний.

Таким образом, либо на основе обучения, либо на основе экспертных оценок формируется набор правил $R_j, j = 1, N$. Каждому правилу соответствуют функции принадлежности условия и следствия. Правила, содержащие одинаковые следствия и относящиеся к одному и тому же взаимодействию, объединяются в одно с помощью логического суммирования.

Количественный результат взаимодействия между элементами определяется на основе нечеткого вывода по Мамдани. Если обозначить $U = (u_k), k = 1, K$ вектор входных воздействий, а $Y = (y_l), l = 1, L$ результирующий вектор, то функционирование системы в направлении от входа к выходу определяется зависимостью $Y = F(U, W)$, где W – параметры системы, включая и внешние факторы. При наличии обратной связи в системе функциональная зависимость принимает рекуррентный вид:

$$Y(t) = F(U(t-1), Y(t-1), W), \quad (1)$$

где t – год развития системы.

Данная модель позволяет имитировать поведение системы при варьировании величин компонент вектора U .

Представим систему управления интеллектуальным капиталом банка в виде нечеткой причинно-следственной сети. Считаем, что составляющими интеллектуального капитала являются:

1. Человеческий капитал.
2. Информационный капитал.
3. Интеллектуальная собственность.
4. Социальный капитал.
5. Организационный капитал.

Каждая из этих составляющих определяется свойствами U . В качестве

показателей деятельности банка выступают: объем привлеченных средств (депозиты физических лиц); объем депозитов юридических лиц; собственные средства (капитал); прибыль банка. Эти переменные являются выходными Y .

Входные переменные определяются по десятибалльной шкале. Значение переменной, соответствующей элементу с входящими связями, находится взвешенным суммированием по всем входящим связям: $z_j = \sum_i w_{ij} v_{ij}$, где w_{ij} – весовые коэффициенты, определяющие вклад i -й связи в состояние j -го элемента.

Обратные связи в рассматриваемой системе означают выделение средств из прибыли на усиление какого-либо входного свойства. Благодаря этим обратным связям модель системы приводится к виду (1) с динамическими свойствами. Выходная переменная «прибыль» измеряется не в балльной шкале, а в относительных единицах (к объему привлеченных средств). Параметры нечетких правил и коэффициенты связей w_{ij} определяются либо в режиме обучения, либо в режиме «экспертной системы». Рассмотрим смешанный вариант: параметры нечетких правил задают эксперты, а коэффициенты связей w_{ij} вычисляются в процессе обучения нечеткой системы исходя из заданного вида изменения выходных переменных.

Для переменной $Y(t)$, определяющей кредитный потенциал банка, задана зависимость, показанная на рис. 1.

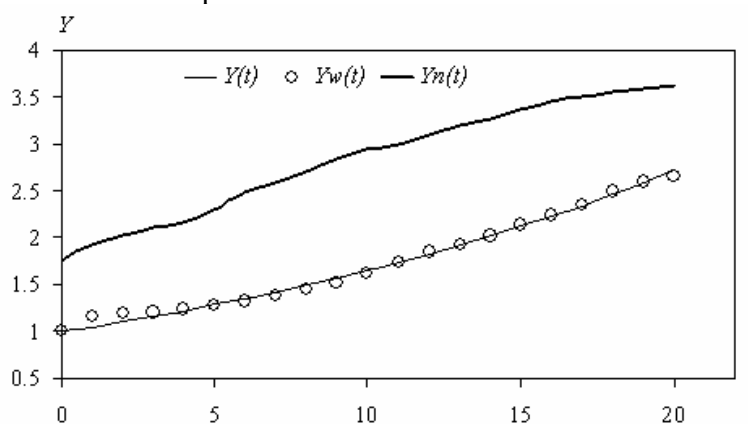


Рисунок 1 – Зависимость кредитного потенциала от времени

Переменная $Y(t)$ складывается из средств физических и юридических лиц, а также из собственного капитала. В режиме обучения нечеткой системы определяются весовые коэффициенты w_{ij} . Рассчитанные значения переменной $Y_w(t)$, соответствующие этим коэффициентам, приведены на рис. 1 (кружки). Усиление входных свойств дает вариант изменения $Y_n(t)$, показанный на рис. 1 жирной линией.

Дифференциальная модель развития деятельности банка основывается на производственной функции [2] вида $Y(X, R, J)$, в которой наряду с основными средствами V , численностью персонала R и другими ресурсами учитывается интеллектуальный капитал J . Положительное развитие банка существенно зависит от его ресурсов. Под ресурсами банка понимаются собственные средства или капитал, а также привлеченные средства или обязательства, используемые для проведения активных операций. Процесс усвоения и реализации знаний, определяющих уровень интеллектуального капитала, будем описывать функциями вида

$\varphi(J) = aJ^\gamma \exp\left(-\frac{E}{J}\right)$. Такие функции характеризуются «энергией активации» E . При малом значении «энергии активации» система быстро реагирует на накопленные

знания J , при более высоких значениях E существует некоторый порог J_* , ниже которого эффект имеющихся знаний не реализуется.

Производственную функцию представим в виде: $F = a_\gamma A(J)(V + v)^\alpha (R + r)^\beta X^\eta$,
 $A(J) = 1 + \sum_{k=1}^3 \varphi_k(J)$, где $\varphi_k(J) = a_k J^{\gamma_k} \exp\left(-\frac{E_k}{J}\right)$ – функции, учитывающие следующие составляющие интеллектуального капитала: φ_1 – трудовой капитал, определяемый квалификацией и опытом сотрудников; φ_2 – информационный капитал; φ_3 – интеллектуальная собственность банка и имеющиеся знания.

Функция $A(J)$ определяет эндогенное влияние интеллектуального капитала на прирост капитала банка. Переменная V соответствует объему основных средств банка, а v – объему материальных средств, обеспечивающих поддержку интеллектуального капитала (компьютеры, оргтехника, рабочие места и т.п.). Переменная R обозначает объем трудовых ресурсов, переменная r определяет дополнительную квалификацию, получаемую сотрудниками в процессе обучения и переподготовки. Кредитный потенциал банка, представляющий разницу между суммой всех мобилизованных средств и обязательными резервами, обозначен X , $\alpha, \beta, \gamma, \eta$ – некоторые коэффициенты, характерные для процесса производства банковского продукта.

Прирост капитала происходит за счет направления части ресурсов $u_1 F$ на расширение производства банковского продукта. Банковская деятельность связана с определенным риском и наличием убытков. Величину убытков будем характеризовать выражением вида $\Delta \cdot X \cdot \psi(J)$, где Δ коэффициент, определяющий долю убытков от величины капитала; $\psi(J)$ – функция, снижающая величину убытков при наличии интеллектуального капитала.

Система уравнений, описывающая прирост капитала и ресурсов банка будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= u_1 A(J)(V + v)^\alpha (R + r)^\beta X^\eta - \Delta X \psi(J), \\ \frac{dJ}{dt} &= \varphi_J (v + r + i) = a_J (v + r + i)^{\gamma_J} \exp\left(-\frac{E_J}{v + r + i}\right), \\ \frac{dv}{dt} &= u_2 F, \\ \frac{dr}{dt} &= u_3 F, \\ \frac{di}{dt} &= u_4 F, \\ \frac{dz}{dt} &= u_5 F, \end{aligned}$$

где i – включает в себя информационный капитал и интеллектуальную собственность банка; z – заработная плата.

Значения переменных v, r, i, z определяются долями средств u_2, u_3, u_4, u_5 , направляемых на поддержание и развитие составляющих интеллектуального капитала.

Уравнения описывают процесс производства банковского продукта при некоторых начальных значениях:

$X(0) = X_0, J(0) = J_0, v(0) = v_0, r(0) = r_0, i(0) = i_0, z(0) = z_0$ и заданных параметрах $\sum_{l=1}^5 u_l = 1$.

При идентификации данной модели коэффициенты уравнений подбираются из условия согласования расчетной зависимости $X(t)$ с заданной. Задача идентификации формулируется как задача оптимального управления. Фазовые переменные X, J, v, r, i, z определяются уравнениями движения при выполнении условия $\sum_{l=1}^5 u_l = 1$. Коэффициенты $\mathbf{a}, \mathbf{E}, \boldsymbol{\gamma}$, входящие в уравнения движения, считаются неизвестными управляющими воздействиями. Задача состоит в нахождении этих коэффициентов из условия наименьшего отклонения зависимости $X(t)$, полученной из решения дифференциальных уравнений, от фактических значений $X_f(t)$. Таким образом, коэффициенты $\mathbf{a}, \mathbf{E}, \boldsymbol{\gamma}$ минимизируют функционал:

$$\Phi(\mathbf{a}, \mathbf{E}, \boldsymbol{\gamma}) = \int_0^T [X(\mathbf{a}, \mathbf{E}, \boldsymbol{\gamma}, t) - X_f(t)]^2 dt \rightarrow \min. \quad (2)$$

Для минимизации функционала (2) так же, как и для идентификации нечеткой модели, используется гибридный генетический алгоритм с вещественным кодированием [3]. Результаты идентификации показаны на рис. 2.

Так же, как на рис.1, тонкой линией показано заданное изменение кредитного потенциала $X_f(t)$, а кружками обозначена восстановленная зависимость $X(t)$. Жирной линией показано расчетное изменение интеллектуального потенциала во времени.

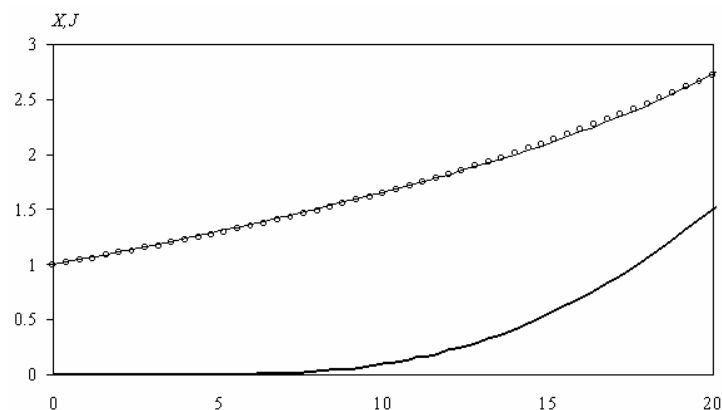


Рисунок 2 – Зависимость кредитного потенциала во времени для дифференциальной модели

На основе идентификации дифференциальной модели банка можно провести оценку не только интеллектуального потенциала $J(t)$, но и дать оценку влияния этого потенциала на банковский капитал. В математической модели функция $A(J)$ выступает как мультипликатор интеллектуального капитала. При $A(J) = 1$ непосредственного влияния интеллектуального потенциала на увеличение ресурсов банка не происходит. Обозначим решение системы дифференциальных уравнений при $A(J) = 1$, как $X'(t)$. Тогда величина $K_{int}(t) = X(t) - X'(t)$ является оценкой влияния интеллектуального потенциала на прирост капитала банка. Зависимость интеллектуального капитала от интеллектуального потенциала представлена на рис. 3.

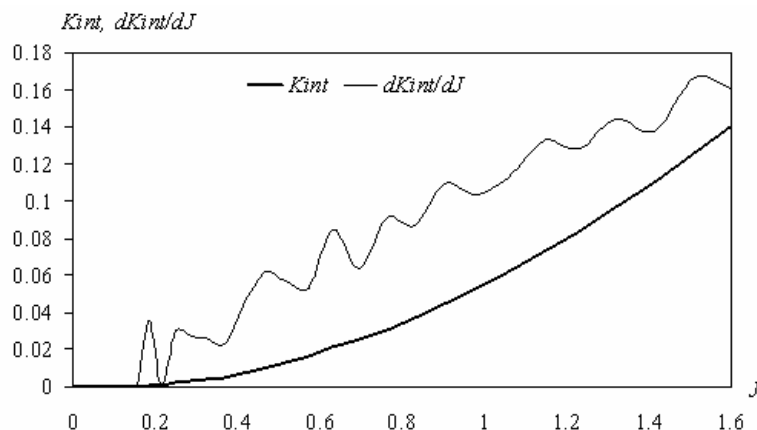


Рисунок 3 – Зависимость интеллектуального капитала и его производной от интеллектуального потенциала

Зависимость $K_{int}(J)$ показывает, насколько эффективно используется интеллектуальный потенциал. В качестве показателя эффективности рассматривается производная $\frac{dK_{int}}{dJ}$. Как зависимость $K_{int}(J)$, так и ее производная $\frac{dK_{int}}{dJ}$ имеют некоторый порог $J \approx 0,2$, ниже которого $K_{int}(J) = 0$, $\frac{dK_{int}}{dJ} = 0$. Затем величина $\frac{dK_{int}}{dJ}$ растет. Таким образом, анализ динамики финансовых характеристик показывает, что в первой четверти рассматриваемого временного отрезка создаются предпосылки для роста интеллектуального капитала (рис. 2). Постепенное накопление интеллектуального потенциала банка приводит к тому, что во второй половине анализируемого периода начинается отдача интеллектуальных возможностей в виде дополнительного значения капитала K_{int} (рис. 3). Прирост ресурсов банка вследствие интеллектуального капитала составляет 14% от первоначального уровня.

Из сравнения двух подходов к моделированию экономической системы следует, что идентификацию моделей возможно провести в обоих случаях с достаточной точностью (рис. 1 и рис. 2). Моделирование нечеткой сетью является более предпочтительным с точки зрения понимания правил, по которым происходит взаимодействие элементов системы. Зато модель, основанная на дифференциальных уравнениях, не требует привлечения экспертов для формулировки правил. Кроме того, дифференциальный подход позволяет выделить эффект влияния интеллектуального потенциала на величину капитала банка. Результаты моделирования в обоих подходах являются непротиворечивыми и дополняют друг друга.

Литература

1. Максимов К.В. Оценка интеллектуального капитала банка // Актуальные проблемы стратегического менеджмента. – М.: Московский гос. ин-т эконометрики, информатики, финансов и права. – 2002. – С.65-71
2. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. – М.: Наука, 1984 г.
3. Воловник А.Д., Тененев В.А. Управление инвестиционными проектами с венчурным инвестированием // Интеллектуальные системы в производстве. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2005. – С. 5-31.

V.S. Lyalin, A.D. Volovnik

Dynamic models of development of bank are constructed in view of the intellectual capital on a basis: a) indistinct system, b) the ordinary differential equations. Factors of models are defined as a result of training system for the given law of change of credit potential in time..

Статья поступила в редакцию 04.07.2006.