УДК 336.717.06:519.23

G. Chitaya
V. Filiniuk
BSEU (Minsk)

MODELING OF DEBT MANAGEMENT OF BORROWERS OF A COMMERCIAL BANK

The article deals with the Markov problem of making decisions on managing the debt of borrowers of a commercial bank. Mathematical modeling was carried out using simple Markov chains and Bellman's dynamic programming method. The instrumental implementation of model calculations designed to optimize the sequence of debt collection strategies was carried out using a specially developed Java program.

Keywords: *Markov chains; dynamic programming; debts of borrowers; optimization of strategies; interest income; programming tool.*

Г. О. Читая
доктор экономических наук
В. С. Филинюк
БГЭУ (Минск)

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ ЗАЕМЩИКОВ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА

В статье рассмотрена Марковская задача принятия решений по управлению задолженностью заемщиков коммерческого банка. Математическое моделирование осуществлено с применением простых цепей Маркова и метода динамического программирования Беллмана. Инструментальная реализация модельных расчетов, предназначенных для оптимизации последовательности применения стратегий взыскания долга, проведена с помощью специально разработанной программы на языке Java.

Ключевые слова: *цепи Маркова; динамическое программирование; задолженность заемщиков; оптимизация стратегий; процентные доходы; инструмент программирования.*

В активных операциях коммерческого банка (КБ) по размещению средств заметную долю занимают кредиты. КБ, прибегая к рекомендуемой методике потенциальных заемщиков по признаку их надежности в возврате средств, соотносит их к определенной группе риска. Как правило, количество групп риска является конечным. Для банковской практики характерно ведение так называемой кредитной истории своих клиентов. Можно признать очевидным формирование статистики распределения численности заемщиков на группы риска в дискретной динамике.

Экономико-математическая интерпретация системы задолженности заемщиков коммерческого банка. Если предположить, что количество групп риска составляет m, то конечное число элементарных исходов $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_m$ будет характеризовать возможность включения (пребывания) заемщиков в одну из групп риска, а $p_1 = P\{\xi_1\}$, $p_2 = P\{\xi_2\}, \ldots, p_m = P\{\xi_m\}$ представляют собой вероятности соотнесения заемщиков к соответствующим группам риска. События, отражающие соотнесение заемщиков к группам риска (по крайней мере по тем клиентам, которые ранее не обращались за кредитами), независимы друг от друга. Из независимости рассматриваемых событий следует, что если бы нас интересовал только результат на одном каком-то шаге t (в момент времени t), то вероятность $p_i^t = P\{\xi_i^t\}$ ($i = 1, 2, \ldots, m$; $t = 1, 2, \ldots, T$) определяется единственным образом и никак не зависит от предыстории, т.е. от того, какие результаты были получены на предыдущих этапах временной последовательности. В такой интерпретации процесс соотнесения заемщиков к группам риска можно рассматривать как марковский случайный процесс, поскольку вероятность пребывания заемщиков в группе i на временном этапе t (p_i^t) зависит от их пребывания в той или иной группе риска в предыдущий момент времени ($t - 1$) и не зависит от того, как процесс развивался на ранних стадиях.

Если заемщиков квалифицировать как объект, а их принадлежность к группе риска — состояние, то рассмотрение системы «объект — его состояние в заданный момент времени t» позволяет интерпретировать величину p_{ij} как вероятность того, что объект окажется в состоянии j в момент времени t, если он находился в состоянии i в момент времени ($t - 1$). Такие зависимости последовательных случайных величин являются зависимостями марковского типа, а соответствующие последовательности представляют собой цепи Маркова. Матрицы $P^t = \|p_{ij}^t\|$ ($i, j = 1, 2, \ldots, m$, $t = 1, 2, \ldots, T$) представляют собой матрицы переходных вероятностей. Их также называют стохастическими, так как они обладают свойством: все их элементы неотрицательны и суммы элементов любой строки равны единице [1]. Рассматривая строку таблицы, в которой присутствуют количества заемщиков, распределенные по группам риска, ее можно преобразовать в строку с долями заемщиков из каждой группы риска в общей их численности на данном этапе времени (на шаге t). При такой интерпретации параметр p_{ij} будет показывать долю заемщиков момента времени ($t - 1$), перешедших в момент времени t из категории риска i в категорию j. Доли будут обладать теми же свойствами, что и вероятности строки матрицы P^t. В случае использования матрицы, когда p_{ij}^t постоянны во времени, т.е. не зависят от t, соответствующая марковская цепь окажется однородной. Подобные матрицы в банковской практике называются матрицами миграции заемщиков-должников между группами риска.

Представление исходных данных о количественном (в абсолютных величинах) распределении заемщиков по группам риска для каждого конечного дискретного набора временных тактов, т.е. в виде матрицы-столбца $H^t = (h_1^t, h_2^t, \ldots, h_m^t)'$ ($t = 1, 2, \ldots, T$), при построении стохастической матрицы позволяет пересчитывать ее по мере получения новых данных в динамике по H^t. Поэтому есть основания пользоваться однородными цепями Маркова, так как временной фактор в определенном смысле может быть учтен с помощью пополняемых исходных данных и их отражением в каждой новой стохастической матрице.

Оптимизация стратегий управления задолженностью заемщиков. В зависимости от типа марковской однородной цепи, в частности от того, обладает ли она эргодическим свойством и не является неприводимой [2], можно решить ряд прикладных задач в рамках управления рисковыми группами заемщиков, у которых может возникать задолженность перед банком. Управлять задолженностью заемщиков означает, что имеется некий конечный набор стратегий или альтернатив на предстоящий период времени, разбитый на конечное число этапов. Например, исходя из практики работы КБ с заемщиками, этапы соответствуют поквартальной динамике.

Если число этапов (прогнозных периодов) составляет N ($n = 1, 2, \ldots, N$), а количество стратегий (альтернатив) управления задолженностью заемщиков K ($k = 1, 2, \ldots, K$), параметры $p_{ij}(k)$ можно интерпретировать как вероятность перехода заемщиков из группы риска (состояния) i в группу (состояние) j при использовании альтернативы k во временной цепи ($t - 1, t$). Аналогичное объяснение могут иметь величины $r_{ij}(k)$, которые соответствуют процентным доходам коммерческого банка при использовании альтернативы k.

Пусть заданы матрицы $P_k = (p_{ij}(k))$ и $R_k = (r_{ij}(k))$, при этом они неизменны на предстоящие этапы времени. Кроме того, по истечении предстоящих N этапов банк прекращает отношение с данным типом заемщиков и процентных доходов на этапе ($N + 1$) вовсе не будет. В таком случае согласно [3, с. 705–712] появляется возможность определить оптимальную поэтапную последовательность применения стратегий управления с использованием метода динамического программирования. В соответствии с [3, с. 708] оптимизационная задача формулируется на основе построения рекуррентного уравнения. Предположим $f_n(i)$ ожидаемый процентный доход банка на этапе n ($n = 1, 2, \ldots, N$) при условии, что в начале этапа оценивалась i-я группа заемщиков-должников. Рекуррентное уравнение, связывающее f_n и f_{n+1} согласно [3, с. 710], приобретает вид:

$$f_n(i) = \max_k \left\{ \sum_{j=1}^{m} p_{ij}(k)\left[r_{ij}(k) + f_{n+1}(j)\right] \right\},\ n = 1, 2, \ldots, N, \tag{1}$$
где $f_{N+1}(j) = 0,\ j = 1, 2, \ldots, m.$

Оптимизационная задача выглядит так [3, с. 711]:

$$\begin{gathered} f_n(i) = \max_k \{v_i(k)\}, \\ f_n(i) = \max_k \left\{ v_i(k) + \sum_{j=1}^{m} p_{ij}(k) f_{n+1}(j) \right\},\ n = 1, 2, \ldots, N-1. \end{gathered} \tag{2}$$

$v_i(k) = \sum_{j=1}^{m} p_{ij}(k) r_{ij}(k)$ и соответствует ожидаемому процентному доходу за один этап перехода.

Решение оптимизационной задачи во многом зависит от определения параметров p_{ij}. В учебной литературе они считаются априори заданными, и, как правило, способы их построения не рассматриваются. На практике они в большинстве случаев оцениваются статистически, например используя соответствующие относительные частоты [4, 5]. В общем случае проблема оценки переходных вероятностей оказывается более сложной [6]. Один из возможных подходов к прозрачному описанию приема, предложенного в работах [4, 5], изложен в [7, с. 385–389].

Методика построения матрицы долевого перераспределения должников по группам риска. Представим матрицей H статистику о численности заемщиков КБ по группам риска за временных тактов:

$$H^t = \left\| h_i^t \right\|,\ i = 1, 2, \ldots, m;\ t = 1, 2, \ldots, T.$$

1. Вычисляем для данного t ($t = 1, 2, \ldots, T$) величину общей численности заемщиков:

$$\sum_{i=1}^{k} h_i^t = Q^t. \tag{3}$$

2. Для двух соседних моментов времени (t, $t + 1$) по $t = 1, 2, \ldots, T - 1$ вычисляем темп роста общей численности заемщиков:

$$\frac{Q^{t+1}}{Q^t} = q^t,\ (t = 1, 2, \ldots, T-1). \tag{4}$$

3. Формируем новую матрицу $\|\gamma_i^t\|$, где $i = 1, 2, \ldots, m$, $t = 1, 2, \ldots, T - 1$, элемент которой равен

$$\gamma_i^t = h_i^t \cdot q^t. \tag{5}$$

Вектор $\gamma^t = (\gamma_1^t, \gamma_2^t, \ldots, \gamma_m^t)$ задает распределение заемщиков в период времени ($t + 1$) в предположении, что их структура не меняется.

4. Вычисляем для данного t ($t = 1, 2, \ldots, T - 1$)

$$h^{t+1} - \gamma^t = \Delta z^t, \tag{6}$$

$h^{t+1} = (h_1^{t+1}, h_2^{t+1}, \ldots, h_m^{t+1})$; $\gamma^t = (\gamma_1^t, \gamma_2^t, \ldots, \gamma_m^t)$; $\Delta z^t = (\Delta z_1^t, \Delta z_2^t, \ldots, \Delta z_m^t)$. Вектор Δz^t характеризует отличие структуры заемщиков по группам во временной цепи $(t, t + 1)$.

5. Формируем из вектора Δz^t для каждого $t = 1, 2, \ldots, T$ два вектора $\Delta\tilde{z}^t$ и $\Delta\hat{z}^t$, компоненты которых ($\Delta\tilde{z}_i^t$ и $\Delta\hat{z}_i^t$ $i = 1, 2, \ldots, k$) удовлетворяют условиям:

$$\Delta\tilde{z}_i = \begin{cases} \Delta z_i, & \text{если } \Delta z_i > 0, \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$
$$\Delta\hat{z}_i = \begin{cases} -\Delta z_i, & \text{если } \Delta z_i < 0, \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases} \tag{7}$$

6. Для каждого $t = 1, 2, \ldots, T$ нормируем вектор $\Delta\tilde{z}_i$:

$$\frac{\Delta\tilde{z}_i}{\sum_{i=1}^{k} \Delta\tilde{z}_i} = \lambda_i, \ \lambda^t = (\lambda_1^t, \lambda_2^t, \ldots, \lambda_m^t). \tag{8}$$

Величина λ_i^t выражает относительное увеличение численности i-й группы заемщиков в период времени $(t + 1)$ по сравнению с периодом времени t.

7. Формирование i-й строки матрицы $\tilde{P}^t$ производится путем перемножения i-го элемента вектора $\Delta\hat{z}^t$ на вектор λ^t. Для каждого фиксированного i получим:

$$\Delta\hat{z}_i^t \cdot \lambda_j^t = \tilde{p}_{ij}^t, \ (i = 1, 2, \ldots, m). \tag{9}$$

Величина $\tilde{p}_{ij}$ характеризует распределение величины $\Delta\hat{z}_i$, на которую уменьшилась численность заемщиков в i-й группе риска.

8. Диагональные элементы матрицы $\tilde{P}^t$ представляют собой компоненты вектора H^t для $t = 1, 2, \ldots, T - 1$.

Для вычисления средних значений вероятностей перехода необходимо рассчитать $(T - 1)$ подобных матриц для всех значений $t = 1, 2, \ldots, T - 1$.

Сложив матрицы $\tilde{P}^t$ и затем проведя нормировку по каждой i-й строке, получим квадратную матрицу $P = \|p_{ij}\|$, имеющую свойства $0 \le p_{ij} \le 1$ и $\sum_{j=1}^{k} p_{ij} = 1$.

Постановка задачи и ее инструментальная реализация. Управление по кредитным операциям коммерческого банка работает с заемщиками (физические лица) в части возврата основной суммы долга и процентов по ней исходя из того, какова продолжительность задолженности по возврату средств в днях. Имеется квартальная динамика за предыдущие 4 года (к прогнозному году) средней численности заемщиков по их просроченной задолженности четырьмя возможными категориями (состояниями): 1–30 дней, 31–60 дней, 61–90 дней, 91 день и выше. Банк за четырехлетний период использовал и намерен продолжить использовать на прогнозный год три стратегии по взысканию просроченной задолженности:

1) привлечение собственной службы безопасности;
2) подача исков в хозяйственный суд по должникам;
3) факторинг (продажа долгов третьим лицам).

В зависимости от перехода заемщиков из одной категории в другую (из одного состояния в другое), с квартала на квартал, среднеквартальная величина процентных доходов банка менялась в тыс. руб. по используемым трем стратегиям взыскания долга за прошедшую четырехлетнюю динамику.

Квартальная динамика численности заемщиков в соответствии со стратегиями управления задолженностью представлена в табл. 1–3, а в табл. 4–6 сосредоточены данные о сложившейся среднеквартальной величине процентных доходов банка по стратегиям. Представленные в табл. 1–6 данные собраны авторами статьи по одному из коммерческих банков Минска.

Требуется определить оптимальную последовательность применения стратегий коммерческим банком для взыскания задолженности от своих заемщиков.

Таблица 1. Динамика заемщиков-должников при использовании стратегии «Привлечение собственной службы безопасности»

Категория заемщиков	Квартальная динамика заемщиков по их просроченной задолженности, чел.															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1–30 дней	172	180	175	142	148	154	158	187	120	135	125	90	100	96	105	140
31–60 дней	122	110	134	125	106	117	125	107	70	64	83	74	52	67	72	57
61–90 дней	92	87	84	79	76	88	95	80	44	37	34	31	30	28	38	32
Более 91 дня	70	66	74	78	73	68	82	84	20	18	23	28	24	19	27	30

Источник: составлено авторами.

Таблица 2. Динамика заемщиков-должников при использовании стратегии «Подача исков в хозяйственный суд»

Категория заемщиков	Квартальная динамика заемщиков по их просроченной задолженности, чел.															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1–30 дней	230	252	242	256	232	264	244	257	180	200	195	210	186	215	197	208
31–60 дней	132	146	140	152	167	159	171	178	84	96	90	105	115	109	124	122
61–90 дней	118	124	114	127	108	125	134	103	68	71	62	70	60	77	80	73
Более 91 дня	92	97	108	112	95	88	100	108	48	53	60	57	44	41	50	58

Источник: составлено авторами.

Таблица 3. Динамика заемщиков-должников при использовании стратегии «Факторинг»

Категория заемщиков	Квартальная динамика заемщиков по их просроченной задолженности, чел.															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1–30 дней	290	278	285	305	311	315	295	299	240	238	235	254	257	262	245	250
31–60 дней	201	209	214	223	197	204	217	206	154	158	162	174	147	159	167	156
61–90 дней	152	162	158	168	172	148	143	160	104	112	107	117	121	101	98	110
Более 91 дня	124	122	117	135	138	130	142	127	78	72	70	84	87	82	88	77

Источник: составлено авторами.

Таблица 4. Среднеквартальная величина процентных доходов при использовании стратегии «Привлечение собственной службы безопасности», тыс. руб.

Категория заемщиков	1–30 дней	31–60 дней	61–90 дней	Более 91 дня
1–30 дней	1800	1345	700	–100
31–60 дней	1560	1400	540	120
61–90 дней	840	620	420	145
Более 91 дня	650	320	–150	–340

Источник: составлено авторами.

Таблица 5. Среднеквартальная величина процентных доходов при использовании стратегии «Подача исков в хозяйственный суд», тыс. руб.

Категория заемщиков	1–30 дней	31–60 дней	61–90 дней	Более 91 дня
1–30 дней	1550	1220	780	–150
31–60 дней	1260	1500	650	220
61–90 дней	450	520	380	175
Более 91 дня	500	280	–180	–260

Источник: составлено авторами.

Таблица 6. Среднеквартальная величина процентных доходов при использовании стратегии «Факторинг», тыс. руб.

Категория заемщиков	1–30 дней	31–60 дней	61–90 дней	Более 91 дня
1–30 дней	1550	1220	780	–150
31–60 дней	1260	1500	650	220
61–90 дней	450	520	380	175
Более 91 дня	500	280	–180	–260

Источник: составлено авторами.

Решение задачи предполагает сначала нахождение матриц переходных вероятностей Маркова, имеющих природу долевого перераспределения заемщиков-должников по их категориям во временной цепи «предыдущий квартал — текущий квартал», в соответствии с алгоритмом, описанным формулами (3)–(9). Далее для оптимизации последовательности применения стратегий используются рекуррентные формулы (2). Вся расчетная процедура инструментально реализована разработанной авторами программой, написанной на языке Java.

В соответствии с обозначениями, используемыми в формулах (1)–(9), число стратегий $K = 3$ ($k = 1, 2, 3$), а состояний системы задолженности (категории заемщиков) — $m = 4$ ($i, j = 1, 2, 3, 4$). Матрицы $P_k = (p_{ij}(k))$ получаются в рамках программных расчетов, матрицы $R_k = (r_{ij}(k))$ формируются на основе данных табл. 4, 5 и 6.

В результате расчетов получены:

$$P_1 = p_{ij}(1) = \begin{pmatrix} 0{,}862 & 0{,}052 & 0{,}032 & 0{,}054 \\ 0{,}107 & 0{,}837 & 0{,}038 & 0{,}018 \\ 0{,}082 & 0{,}045 & 0{,}852 & 0{,}021 \\ 0{,}002 & 0{,}004 & 0{,}001 & 0{,}993 \end{pmatrix},$$

$$P_2 = p_{ij}(2) = \begin{pmatrix} 0{,}945 & 0{,}027 & 0{,}006 & 0{,}022 \\ 0{,}054 & 0{,}875 & 0{,}059 & 0{,}012 \\ 0{,}026 & 0{,}016 & 0{,}92 & 0{,}038 \\ 0{,}004 & 0{,}005 & 0{,}007 & 0{,}984 \end{pmatrix},$$

$$P_3 = p_{ij}(3) = \begin{pmatrix} 0{,}973 & 0{,}011 & 0{,}002 & 0{,}014 \\ 0{,}037 & 0{,}906 & 0{,}034 & 0{,}023 \\ 0{,}03 & 0{,}045 & 0{,}921 & 0{,}004 \\ 0{,}003 & 0{,}002 & 0{,}005 & 0{,}99 \end{pmatrix}.$$

В соответствии с формулами (2), предполагающими обратную прогонку оптимизационной процедуры поиска последовательности применения стратегий управления задолженностью заемщиков, когда $n = 3$, $n = 2$, $n = 1$, соответственно получены оптимальные решения по этапам (табл. 7, 8 и 9).

Таблица 7. Этап 3 в обратной прогонке

1	2	3	$f_3(i)$	k^*
1639,48	1500,20	1520,39	1639,48	1
1361,63	1421,53	1432,10	1432,10	3
457,43	376,29	387,57	457,43	1
–335,13	–253,36	–256,27	–253,36	2

Источник: составлено авторами.

Таблица 8. Этап 2 в обратной прогонке

1	2	3	$f_2(i)$	k^*
3129,16	3086,51	3127,88	3129,16	1
2748,88	2787,13	2798,88	2798,88	3
1040,26	852,84	921,00	1040,26	1
–557,18	–484,85	–497,19	–484,85	2

Источник: составлено авторами.

Таблица 9. Этап 1 в обратной прогонке

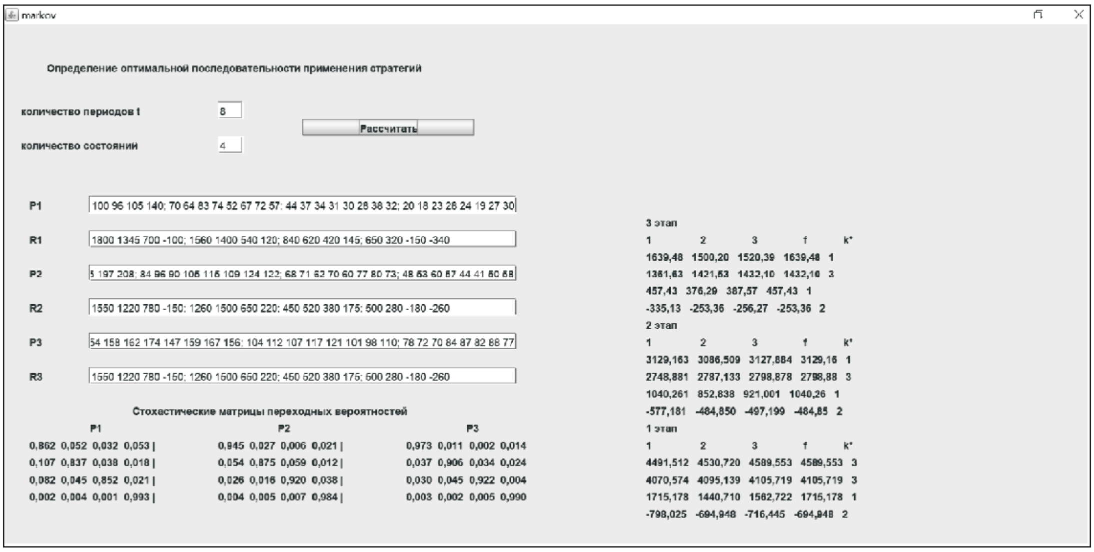
1	2	3	$f_1(i)$	k^*
4491,51	4530,72	4589,55	4589,55	3
4070,57	4095,14	4105,72	4105,72	3
1715,18	1440,71	1562,72	1715,18	1
–798,02	–694,95	–716,44	–694,95	2

Источник: составлено авторами.

Согласно табл. 7 и 8 коммерческому банку в III и II кварталах следует применять стратегии управления (взыскания) задолженностью: привлечь собственную службу безопасности ($k^* = 1$), если заемщики будут принадлежать к категории с просроченной задолженностью в 1–30 дней; прибегнуть к факторингу ($k^* = 3$), если заемщики будут принадлежать к категории с просроченной задолженностью в 31–60 дней; взыскать задолженность с помощь собственной службы безопасности ($k^* = 1$), если заемщики будут принадлежать к категории с просроченной задолженностью в 61–90 дней и обратиться с исками в хозяйственный суд ($k^* = 2$), если заемщики будут принадлежать к категории с просроченной задолженностью более 90 дней.

В соответствии с табл. 9 в I прогнозном квартале коммерческому банку следует взыскать задолженность с подачей исков в хозяйственный суд, если заемщики будут принадлежать к категории с просроченной задолженностью в 1–30 дней. Суммарный ожидаемый процентный доход коммерческого банка за три прогнозных квартала составит: $f_1(1) = 4589{,}55$ тыс. руб., если заемщики будут принадлежать к категории с просроченной задолженностью в 1–30 дней; $f_1(2) = 4105{,}72$ тыс. руб., если заемщики будут принадлежать к категории с просроченной задолженностью в 31–60 дней; $f_1(3) = 1715{,}18$ тыс. руб., если заемщики будут принадлежать к категории с просроченной задолженностью в 61–90 дней, и $f_1(4) = –694{,}95$ тыс. руб., если заемщики будут принадлежать к категории с просроченной задолженностью более 90 дней.

Результаты модельных расчетов, включающих использование рекуррентных соотношений Беллмана в оптимизации последовательности применения стратегий управления задолженностью заемщиков коммерческого банка с предварительным установлением матриц долевого перераспределения должников по категориям, представлены на рисунке.



Оптимизация стратегий управления задолженностью заемщиков коммерческого банка

И с т о ч н и к: разработано авторами.

Как видно из рисунка, интерфейс разработанного программного продукта демонстрирует прозрачную и доступную для пользователя инструментальную реализацию модельных расчетов по оптимизации последовательности применения своих стратегий коммерческим банком при взыскании задолженности заемщиков на предстоящий плановый период.

Заключение.

1. Просроченная задолженность заемщиков перед коммерческим банком рассмотрена в виде системы с состояниями, соответствующими категориям риска по возврату заемных средств. Аргументировано, что процесс соотнесения заемщиков к группам риска можно рассматривать как марковский случайный процесс, поскольку вероятность пребывания заемщиков в группе i на временном этапе t (p_i^t) зависит от их пребывания в той или иной группе риска в предыдущий момент времени ($t - 1$) и не зависит от того, как процесс развивался на ранних стадиях.

2. Для оптимизации стратегий управления задолженностью заемщиков на плановый период обоснована целесообразность использования рекуррентных соотношений Беллмана в сочетании с аппаратом простых цепей Маркова.

3. Изложена методика формирования матрицы переходных вероятностей Маркова на основе прозрачного представления алгоритма их расчетов. Экономическое содержание элементов матрицы заключается в том, что они представляют собой долевые величины перераспределения заемщиков с просроченной задолженностью между категориями риска.

4. Сформированы данные по одному из коммерческих банков Минска о численности заемщиков по категориям с просроченной задолженностью и процентных доходах банка в соответствии с используемыми им стратегиями управления.

5. Разработан инструмент модельных расчетов в виде программного продукта, написанного на языке Java.

Источники

1. *Айвазян, С. А.* Прикладная статистика и основы эконометрики : учебник для вузов / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. — М. : ЮНИТИ, 1998.

Ayvazyan, S. A. Applied statistics and the basics of econometrics : textbook for universities / S. A. Ayvazyan, V. S. Mkhitaryan. — Moscow : UNITI, 1998.

2. *Кемени, Дж.* Конечные цепи Маркова / Дж. Кемени, Дж. Снелл.. — М. : Наука,1970.

Kemeny, J. Finite Markov chains / J. Kemeny, J. Snell. — Moscow : Science, 1970.

3. *Таха, Х. А.* Введение в исследование операций : пер. с англ. / Х. А. Таха. — 6-е изд. — М. : Вильямс, 2001.

Taha, H. A. Operations Research: An Introduction : trans. from Engl. / H. A. Taha. — 6th ed. — Moscow : Williams, 2001.

4. *Зубрилин, Ю. В.* Моделирование динамики распределения доходов населения с помощью однородных цепей Маркова / Ю. В. Зубрилин // Экономика и мат. методы. — 1970. — Т. VI, № 5. — С. 774–778.

Zubrilin, Yu. V. Modeling the dynamics of the distribution of incomes of the population using homogeneous Markov chains / Yu. V. Zubrilin // Economics and Mathematical Methods. — 1970. — Vol. VI, № 5. — P. 774–778.

5. *Зайкин, В. С.* Применение простых цепей Маркова для прогнозирования расходов населения / В. С. Зайкин // Проблемы моделирования народного хозяйства : сб. науч. тр. — Новосибирск, 1973. — Ч. III.

Zaykin, V. S. The use of simple Markov chains for forecasting population expenditures / V. S. Zaykin // Problems of modeling the national economy : coll. of sci. art. — Novosibirsk, 1973. — Pt. III.

6. *Ли, Ц.* Оценивание параметров марковских моделей по агрегированным данным / Ц. Ли, Д. Джадж, А. Зельнер. — М. : Статистика, 1977.

Li, Ts. Estimation of parameters of Markov models from aggregated data / Ts. Li, D. Judge, A. Zellner. — Moscow : Statistics, 1977.

7. *Читая, Г. О.* Построение марковской матрицы вероятностей перехода заемщиков коммерческого банка / Г. О. Читая // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 15–16 мая 2013 г. : в 2 т. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. Н. Шимов (отв. ред.) [и др.]. — Минск, 2013. — Т. 2. — С. 385–387.

Chitaya, G. O. Construction of a Markov matrix of transition probabilities for borrowers of a commercial bank / G. O. Chitaya // Economic growth of the Republic of Belarus: globalization, innovation, sustainability : materials of the VI Intern. sci. and practical conf., Minsk, 15–16 May 2013 : in 2 vol. / Belarus State Econ. Univ. ; ed. board: V. N. Shimov (resp. ed.) [et al.]. — Minsk, 2013. — Vol. 2. — P. 385–387.

Статья поступила в редакцию 12.12.2021 г.

УДК 339.138:004.738.5

E. Shavruk
BSEU (Minsk)

PERCEPTION OF THE INFORMATION FLOW BY CONSUMERS DURING ADVERTISING CAMPAIGNS ON THE INTERNET

The article discusses the structural-functional, integration approach, as well as the theory of diffusion of innovations, which are a solid theoretical basis for the perception of information flow by individuals and the use of Internet technologies in organizing advertising campaigns and scaling. Internet resources are an innovative tool for promoting goods and services, therefore, the use of the theory of diffusion of innovations is a legitimate methodological basis for schematic construction of advertising campaigns on the Internet. Acceptance of innovation is viewed as a general social process, since people's decision to purchase is largely