Экономика, бизнес и услуги

МРНТИ 06.73.02 https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.20-131

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.Т. Мазакова[1*], А.М. Калимолдаев[2], Ш.А. Джомартова[1], Н. Байшолан[1], А.А. Кульжанова[1], Т.Ж. Мазаков[1,2]

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

[2]Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК,

Алматы, Казахстан,

e-mail: aigerym97@mail.ru

Цель настоящего исследования заключается в глубоком анализе и прогнозировании инвестиционных решений с применением математических методов и моделей. Применение математического моделирования в области инвестиций представляет собой мощный аналитический инструмент, способствующий более точному пониманию динамики финансовых рынков, оценке рисков и эффективности выбранных инвестиционных стратегий.

Использование математических методов и моделей позволяет инвесторам и управляющим портфелем принимать обоснованные решения, основанные на количественных данных и детальном анализе. Одной из важных задач, которые решаются с помощью математического моделирования, является определение оптимальных параметров инвестиционных стратегий. Эти параметры включают доли активов в портфеле, частоту перебалансировки и другие факторы, которые оказывают влияние на успешность стратегии.

Моделирование также позволяет учитывать множество рисков, включая волатильность рынка, инфляцию, процентные ставки и геополитические события. Это обеспечивает более точное управление рисками и позволяет адаптировать стратегии к изменяющимся макроэкономическим условиям.

Преимущество математических моделей также заключается в их способности проводить симуляции и тестирование различных сценариев. Это позволяет оценить вероятность достижения инвестиционных целей в различных условиях рынка, а также оценить потенциальные риски и возможности. Такой подход обеспечивает более основательное принятие решений и повышает успешность инвестиционных стратегий.

В целом, использование математических методов и моделей в инвестиционной деятельности позволяет более точно анализировать, прогнозировать и управлять инвестиционными решениями, что способствует более устойчивому и успешному финансовому будущему.

Ключевые слова: активы, возвратность кредита, инвестиционный портфель.

МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ НЕГІЗІНДЕ ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ПОРТФЕЛЬДІ БАСҚАРУ

А.Т. Мазакова[1*], А.М. Калимолдаев[2], Ш.А. Джомартова[1], Н. Байшолан[1], А.А. Кульжанова[1], Т.Ж. Мазаков[1,2]

[1]әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

[2]Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан,

e-mail: aigerym97@mail.ru

Бұл зерттеудің мақсаты - математикалық әдістер мен модельдерді қолдана отырып инвестициялық шешімдерді терең талдау және болжау. Инвестициялар саласында математикалық модельдеуді қолдану қаржы нарықтарының динамикасын дәлірек түсінуге, тәуекелдерді бағалауға және таңдалған инвестициялық стратегиялардың тиімділігіне ықпал ететін қуатты аналитикалық құрал болып табылады.

Математикалық әдістер мен модельдерді қолдану инвесторлар мен портфолио менеджерлеріне сандық мәліметтер мен егжей-тегжейлі талдауға негізделген негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Математикалық модельдеу арқылы шешілетін маңызды мәселелердің бірі инвестициялық стратегиялардың оңтайлы параметрлерін анықтау болып табылады. Бұл опцияларға портфельдегі активтердің үлесі, қайта теңгерімдеу жиілігі және стратегияның сәттілігіне әсер ететін басқа факторлар кіреді.

Модельдеу сонымен қатар нарықтың құбылмалылығы, инфляция, пайыздық мөлшерлемелер және геосаяси оқиғалар сияқты көптеген тәуекелдерді ескеруге мүмкіндік береді. Бұл тәуекелдерді дәл басқаруды қамтамасыз етеді және стратегияларды өзгеретін макроэкономикалық жағдайларға бейімдеуге мүмкіндік береді.

Математикалық модельдердің артықшылығы олардың әртүрлі сценарийлерді модельдеу және тестілеу қабілетінде. Бұл нарықтың әртүрлі жағдайларында инвестициялық мақсаттарға жету ықтималдығын бағалауға, сондай-ақ ықтимал тәуекелдер мен мүмкіндіктерді бағалауға қолайлы болады. Бұл тәсіл неғұрлым мұқият шешім қабылдауды қамтамасыз етеді және инвестициялық стратегиялардың сәттілігін арттырады.

Жалпы алғанда, инвестициялық қызметте математикалық әдістер мен модельдерді қолдану инвестициялық шешімдерді дәлірек талдауға, болжауға және басқаруға мүмкіндік береді, бұл тұрақты және табысты қаржылық болашаққа ықпал етеді.

Түйінді сөздер: активтер, несиенің қайтарымы, инвестициялық портфель.

INVESTMENT PORTFOLIO MANAGEMENT BASED ON MATHEMATICAL MODELING

A.T. Mazakova[1*], A.M. Kalimoldayev[2], Sh.A. Jomartova[1], Н. Байшолан[1], А.А. Кульжанова[1], T.Zh. Mazakov[1,2]

[1]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

[2]RSE Institute of Information and Computational Technologies MSHE RK CS,

Almaty, Kazakhstan,

e-mail: aigerym97@mail.ru

The purpose of this study is to deeply analyze and forecast investment decisions using mathematical methods and models. The application of mathematical modeling in the field of investment is a powerful analytical tool that contributes to a more accurate understanding of the dynamics of financial markets, risk assessment and the effectiveness of selected investment strategies.

The use of mathematical methods and models allows investors and portfolio managers to make informed decisions based on quantitative data and detailed analysis. One of the important tasks that are solved with the help of mathematical modeling is the determination of optimal parameters of investment strategies. These parameters include asset shares in the portfolio, rebalancing frequency, and other factors that influence the success of the strategy.

Modeling also allows for a multitude of risks, including market volatility, inflation, interest rates and geopolitical events. This provides more accurate risk management and allows strategies to be adapted to changing macroeconomic conditions.

Mathematical models also have the advantage of their ability to simulate and test different scenarios. This allows us to assess the likelihood of achieving investment objectives under different market conditions, as well as to evaluate potential risks and opportunities. This approach provides more informed decision-making and increases the success of investment strategies.

Overall, the use of mathematical methods and models in investment activities allows for more accurate analysis, forecasting and management of investment decisions, which contributes to a more sustainable and successful financial future.

Keywords: assets, loan repayment, investment portfolio.

Введение. В современных условиях динамично развивающихся финансовых рынков и неопределенности экономической среды эффективное управление инвестиционными портфелями становится ключевым фактором для достижения успешных результатов в сфере инвестиций. Одним из наиболее мощных инструментов для достижения оптимального баланса между риском и ожидаемой доходностью является математическое моделирование [1-2].

Инвестиционные решения в современном мире охватывают широкий спектр финансовых инструментов, стратегий и факторов, которые взаимодействуют в сложной системе. Однако эффективное принятие решений в такой среде требует системного подхода и анализа, который может обеспечить математическое моделирование.

Использование математических моделей при управлении инвестиционными портфелями позволяет достичь нескольких важных целей. Во-первых, оно позволяет более глубоко понять динамику финансовых рынков и влияние различных факторов на поведение активов. Во-вторых, моделирование позволяет структурировать и систематизировать имеющуюся информацию, преобразуя ее в количественные оценки и прогнозы. Это существенно облегчает процесс принятия решений [3-4].

Математические модели также обеспечивают инвесторов и управляющих портфелем возможностью оценки различных стратегий в разных сценариях. Они позволяют симулировать поведение портфеля в условиях изменяющихся рыночных условий, изменения параметров и других факторов. Такой подход помогает выявить потенциальные риски, оценить вероятность достижения инвестиционных целей и определить оптимальные стратегии.

Материалы и методы. В данном контексте, основанное на математическом моделировании управление инвестиционными портфелями выходит далеко за пределы интуитивных решений и базируется на анализе данных, статистике, экономических теориях и финансовых моделях. Это обеспечивает более обоснованный и информированный подход к управлению инвестициями, что в свою очередь может способствовать достижению более стабильных и успешных результатов в долгосрочной перспективе.

Результаты и обсуждение. В работе [5] предложена математическая модель, описывающая динамику инвестиционного портфеля, состоящая из n видов рисковых активов и банковского счета с переменной доходностью.

Пусть вектор состояния инвестиционного портфеля, компоненты которого x_i равны объему инвестиций в i-й вид актива, компонента x_0 описывает состояние банковского счета. Тогда динамика рисковых активов описывается следующими дифференциальными уравнениями.

а) дифференциального уравнения, описывающего состояние банковского счета:

$$\dot{x}_0 = r(t)x_0 - \sum_{i=1}^{n} u_i, \quad x_0(0) = x_0^0 \tag{1}$$

где $r(t)$-мгновенная ставка доходности банковского счета, $x_0(t)$ - мгновенный капитал в момент времени t. $u_i(t)$- сумма перевода капитала с банковского счета в i-й вид актива.

б) n дифференциальных уравнений, описывающих процесс инвестирования в i-й вид актива

$$\dot{x}_i = \mu_i(t)x_i + u_i, \quad x_i(0) = x_i^0, i = \overline{1,n} \tag{2}$$

где $\mu_i(t)$ характеризует норму возврата для i-го вида актива.

Введем обозначение

$$x = (x_0, x_1, \dots, x_n), \; u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$$

$$A(t) = \begin{pmatrix} r(t) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mu_1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \mu_n \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 & -1 & \dots & -1 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Здесь $x-(n+1)$-вектор состояния инвестиционного портфеля, u - n-вектор управления инвестициями, T - период управления (горизонт инвестирования),

$A(t)$ - $(n+1)\times(n+1)$ - матрица, элементы которой являются непрерывными функциями, B - постоянная $(n+1) \times n$ - матрица.

Управление выбирается из множества U:

$$U = \left\{ u \,|\, u \in \mathbb{R}^n, 0 \leq u_i \leq 1, i = \overline{1,n}, \sum_{i=1}^{n} u_i = 1 \right\} \tag{3}$$

$$U_1 = \left\{ u \,|\, u \in \mathbb{R}^n, 0 \leq u_i \leq 1, i = \overline{1,n} \right\}$$

При введенных обозначениях перепишем систему уравнений (1)-(2) в следующем виде

$$\dot{x} = A(t)x + Bu \tag{4}$$

$$x(0) = x^0 \tag{5}$$

Обозначим через

$$x(T) = x^T \tag{6}$$

желаемое конечное состояние в момент времени T.

Пусть задан следующий функционал $J(u)$

$$J(u) = \frac{1}{2}\int_0^T (x^*Qx + u^*Ru)\, dt \tag{7}$$

где $Q \geq 0 - (n+1) \times (n+1)$ - матрица, $R > 0$ - положительно-определенная $n \times n$ - матрица.

Пусть u_1^* - точка минимума на множестве U_1, u_2^* - точка минимума на множестве U :

$$u_1^* \in Arg \min_{u \in U_1} J(u), \quad u_2^* \in Arg \min_{u \in U} J(u).$$

Пусть u_p - получено из u_1^*, так чтобы выполняется условие

$$\sum_{i=1}^{n} u_{pi} = 1 \tag{8}$$

Это может быть проекция точки u_1^* на границу Г множества U или масштабирование, так чтобы выполнялось условие (8).

Обозначим $J_1 = J(u_1^*)$, $J_2 = J(u_2^*)$, $J_3 = J(u_p)$

Тогда справедливы следующие утверждения.

Утверждение 1. $J_1 \leq J_2$.

Доказательство основано на следующем свойстве множеств $U \in U_1$.

Утверждение 2. $u_p \in U$. Скорее всего даже $u_p \in$ Г.

Утверждение 3. $J_3 \geq J_1$. Более того $J_3 \geq J_2$.

Доказательство основано на следующих очевидных выкладках:

$$J_2 = \min_{u \in U} J(u) \leq \min_{u \in \Gamma} J(u) \leq J_3$$

Утверждение 4. Не факт, что справедливо $J_3 = J_2$.

Доказательство. Это зависит от свойств функционала $J(u)$.

Утверждение 5. Не очевидно, что справедливо $u_p = u_2^*$.

Доказательство. Следствие утверждений 2-4.

Ставится следующая задача: определить управление $u \in U$ и траекторию x, минимизирующие функционал (7) переводящие систему (4) из начального состояния (5) в заданное конечное состояние (63)-(7)) в момент времени T.

Разработка вычислительного алгоритма

Для задачи (3)-(7) составим функцию Гамильтона.

$$H = (A(t)x + Bu)^* \psi + \frac{1}{2}(x||Qx + u^*Ru) \tag{9}$$

Управление найдем из условия максимума Гамильтониана (9)

$$u = P_U \left(R^{-1}B\psi\right) \tag{10}$$

где P_U - оператор проектирования на множество U.

Пусть дана произвольная точка плоскости $u_0 \in R^n$.

Определение 1. Точка u_pназывается проекцией точки u_0 на множество U, если выполняется условие

$$u_p \in Arg \min_{u \in U} \sqrt{(u - u_0)^2}$$

Определение 2. Проекцией точки u_0 на множество U называется ближайшая к ней точка, принадлежащая к множеству U.

Нахождение оптимальной траектории сведено к решению следующей краевой задачи

$$
\begin{aligned}
\dot{x} &= A(t)x + BP_U\left(R^{-1}B\psi\right)\\
\dot{\psi} &= -A(t)\psi - Qx\\
x(0) &= x^0\\
x(T) &= x^T
\end{aligned}
\tag{11}
$$

Оптимальное управление вычисляется по формуле (10).

Как известно решение краевой задачи имеет ряд вычислительных трудностей. В этой связи сведем задачу оптимального управления с закрепленными концами к задаче со свободным правым концом.

Для этого введем систему функционалов

$$
J_k(u) = \frac{1}{2}\int_0^T \left(x^*Qx + u^*Ru\right)dt + \frac{1}{2}\left(x(T) - x^T\right)^* F_k\left(x(T) - x^T\right) \tag{12}
$$

В функционалах $J_k - F_k-$ матрицы по диагонали которой стоят элементы θ_k, которые образуют положительную последовательность $\{\theta_k\}$, стремящуюся к бесконечности.

Заменим исходную задачу следующей: для заданного к найти оптимальное управление минимизирующее функционал J_k (12) при ограничениях (3)-(5). Полученная задача является задачей оптимального управления со свободным правым концом и ограничением на управления. Для нее составим функцию Гамильтона

$$
H_k = \left(A(t)x_k + Bu_k\right)^* \psi_k + \frac{1}{2}\left(x_k^*Qx_k + u_k^*Ru_k\right)
$$

Предлагается следующий алгоритм решения.

Шаг 1. Пусть $k = 1, \varepsilon > 0$- требуемая точность вычисления.

Шаг 2. Пусть i=0; задается начальное (нулевое) приближение для управления $u_k0 \in U$

Шаг 3. $i = i + 1$; вычисляется i-е приближение для исходной системы

$$
\dot{x_{ki}} = A(t)x_{ki} + Bu_{i-1}
$$

$$
x_{ki}(0) = x^0
$$

В результате определяется

$$
x_{ki}(t),\ t \in [0, T]
$$

Шаг 4. Решается сопряженная система в обратном направлении

$$
\dot{\psi_{ki}} = -A(t)\psi_{ki} - Qx_{ki}
$$

$$
\psi_{ki}(T) = F_k(x_{ki}(T) - x^T)
$$

В результате определяется $\psi_{ki}(t),\ t \in [0, T]$

Шаг 5. Вычисляется очередное приближение u_{ki} для управления u_k

$u_{ki} = P_U\left(R^{-1}B\psi_{ki}\right)$.

Вычисляется разница между $\delta = \left|u_{ki} - u_{k,i-1}\right|$. Если $\delta \le \varepsilon$ то переход к шагу 6, иначе переход к шагу 3.

Шаг 6. Для к-й итерации найдены оптимальное управление

$$
u_k^* = u_{ki}
$$

и оптимальная траектория

$$
x_k^* = x_{ki}
$$

Шаг 7. При найденных x_k и u_k вычисляется значение функционала J_k.

Шаг 8. Если $|J_k - J_{k-1}| \le \varepsilon$ то переход к шагу 9, иначе $k = k + 1$, i=0, $u_{k0} = u_{k-1}^*$ и переход к шагу 3.

При найденных x_k^* и u_k^* вычисляется значение функционала J_k.

Если $|J_k - J_{k-1}| \le \varepsilon$ то переход к шагу 5, иначе $k = k + 1$ и переход к шагу 2. (Здесь $\varepsilon > 0$- требуемая точность вычисления).

Шаг 9. Найденная пара $(x_k^*,\ u_k^*)$ является оптимальным решением.

Численное решение задач при конкретных исходных данных.

Рассмотрим модельную задачу размерности n=3, которая описывается следующей системой дифференциальных уравнений

$$
\dot{x}_0 = rx_0 - u_1 - u_2 - u_3
$$

$$\dot{x}_1 = \mu_1 x_1 + u_1,$$
$$\dot{x}_2 = \mu_2 x_2 + u_2,$$
$$\dot{x}_3 = \mu_3 x_3 + u_3$$

Разработанная на основе MatLab программа, показывает динамику исходных переменных (x_0, x_1, x_2, x_3).

При проектировании управлений использован алгоритм реализованный в [6].

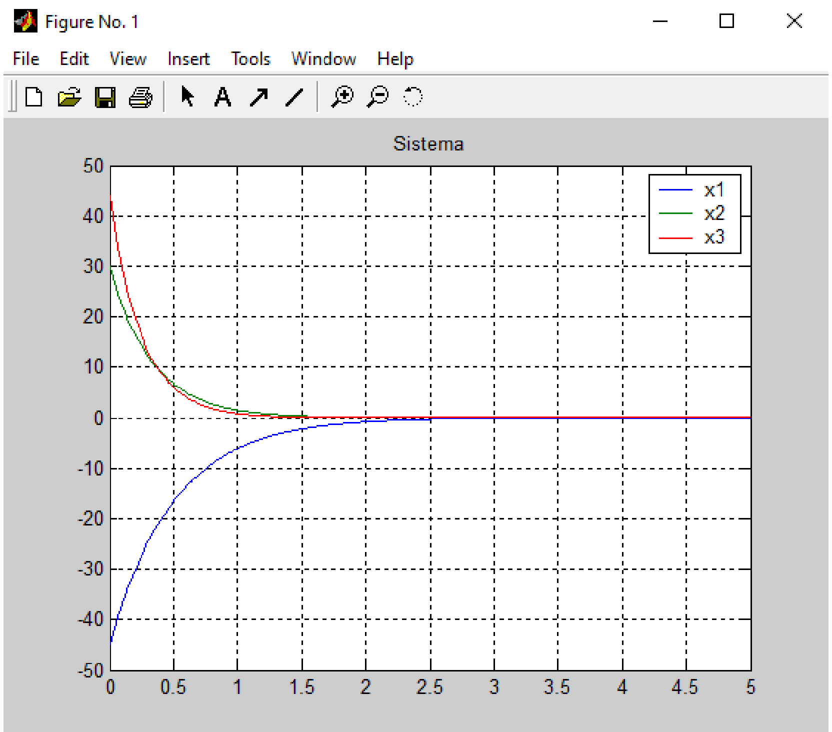

Рис. 1 - График изменения исходных переменных

Выводы. В условиях нарастающей потребности в интеграции технологических и проектных методов в банковскую практику, при полном отсутствии национальных научных разработок в данной области, был проведен первоначальный анализ теоретических аспектов и потенциала практического применения метода иерархического анализа в управлении проблемными активами казахстанских банков, которые финансируют реальный сектор экономики [7-9].

Основной теоретической ценностью данного исследования является развитие автором теоретической основы для оценки кредитоспособности заемщиков, что имеет важное значение для более точного и надежного принятия решений в банковской сфере.

Практическая значимость этой работы заключается в актуальности проблемы неплатежеспособных кредитов в Республике Казахстан. Особенно важным фактором является высокий процент невозвратных кредитов, особенно в реальном секторе экономики. В связи с этим, становится необходимым интегрировать методы, программные средства и информационные системы управления выдачей кредитов в банковскую деятельность.

В рамках данного исследования был разработан комплекс инструментов проектного менеджмента, предназначенных для работы с проблемными активами банков второго уровня в Республике Казахстан, которые финансируют реальный сектор экономики и индивидуальных предпринимателей. Этот комплекс инструментов предоставляет ресурсы и методологии для более эффективного управления кредитными портфелями, минимизации рисков и повышения степени возвратности кредитов.

Работа выполнена за счет средств НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби и грантового финансирования научных исследований на 2023-2025 годы по проекту AP19678157 «Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга состояния уровня заполняемости водоема».

Литература

1. Кирьянов М. Зарубежный опыт работы с проблемными банками.- Банковское дело - 2009. - № 1. - стр. 66-68.

2. Стэнли И. Портни. Управление проектами для "чайников". - М.: Диалектика.- 2005. - 349 с.

3. Бибикова Е.А., Дубова С. Е. Кредитный портфель коммерческого банка. - М.: Флинта.- 2019. - 128 с.

4. Александров Андрей Юрьевич. Управление портфелем проблемных кредитов коммерческого банка.- Автореф. диссер. канд. эконом. наук, спец.: 08.00.10 - Финансы.- денежное обращение и кредит. СПб.: 2010. - 23 с.

5. Герасимов Е. С. Многомерные динамические сетевые модели управления инвестиционным портфелем.- Автореферат дис. канд. физ-мат. наук, по специальности 05.13.18 - «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, Томск.- 2005. - 24 с.

6. Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш. А., Зиятбекова Г. З., Мазақова Ә.Т., Әлиасқар М.С., Мирзахмедова Г. А., Байшолан Н., Кульжанова А. А. Программа построения проекции точки плоскости на заданное множество.- А.с. № 38164 от 28 июля 2023.

7. Лисак Б.И. Современные методы организации работы с проблемными кредитами банков.- Банки Казахстана.- 2013. - Т. 1. - стр. 8-16.

8. Калдыбаев Е.К. Кредитная политика банков в Республике Казахстане.-Банки Казахстана.- 2012. - Т. 12. - стр. 24-28.

9. Джандосова З. К. Доступность кредитов для предприятий малого и среднего бизнеса. Тенденции и перспективы кредитования МБС.-Банки Казахстана.- 2012. - Т. 8. -стр. 51-55.

References

1. Kiryanov M. Foreign experience of work with troubled banks.- Banking Business. - 2009. - No.1. - pp. 66-68.

2. Stanley E. Portney. Project Management for "Dummies". - M.: Dialectics.- 2005. - 349 p.

3. Bibikova E.A., Dubova S.E. Credit portfolio of a commercial bank. - M.: Flinta.- 2019. - pp.128 p.

4. Alexandrov Andrey Yuryevich. Management of the portfolio of problem loans of a commercial bank.- Autoref. dissertation. kand. ekonom. nauk, spets.: 08.00.10 - Finance.- monetary circulation and credit. - St. Petersburg.- 2010. - 23 p.

5. Gerasimov E. S. Multidimensional dynamic network models of investment portfolio management.- Abstract of Cand. Ph. Sci. in specialty 05.13.18 - "Mathematical modeling, numerical methods and program complexes.- Tomsk.- 2005. - 24 p.

6. Mazakov T.Zh., Jomartova Sh. A., Ziyatbekova G.Z., Mazakova A.T., Aliaskar M.S., Mirzakhmedova G. A., Baisholan N., Kulzhanova A.A. A. Program for constructing the projection of a point of the plane on a given set. Copyright certificate.- No. 38164 of July 28, 2023.

7. Lisak B.I. Modern methods of organization of work with problem loans of banks.- Banks of Kazakhstan.- 2013. - Vol. 1. - pp. 8-16.

8. Kaldybaev E.K. Credit policy of banks in the Republic of Kazakhstan.- Banks of Kazakhstan.- 2012. - Vol. 12. - pp. 24-28.

9. Dzhandosova Z. K. Availability of loans for small and medium-sized enterprises. Trends and prospects of MBS lending.- Banks of Kazakhstan.- 2012. - Vol. 8. - pp. 51-55.

Сведения об авторах

Мазакова А.Т.- докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казазхстан, e-mail: aigerym97@mail.ru;

Калимолдаев А.М. - докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: kalimoldayev85@gmail.com;

Джомартова Ш.А.- доктор технических наук, доцент Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: jomartova@mail.ru;

Байшолан Н.- докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: baisholan@gmail.com;

Кульжанова А.А.- докторант Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы,

Казахстан, akbota.kulzhanova1594@gmail.com;

Мазаков Т.Ж.- доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ математики и механики при КазНУ имени аль-Фараби, e-mail: tmazakov@mail.ru

Information about the authors

Mazakova A.T.-doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail:

aigerym97@mail.ru;

Kalimoldayev A.M. - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail:

kalimoldayev85@gmail.com;

Jomartova Sh.A. - Al-Farabi Kazakh National University, doctor of technical sciences, ass.professor, Almaty, Kazakhstan, e-mail: jomartova@mail.ru;

Baisholan N.- - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail:

baisholan@gmail.com;

Kulzhanova A.A.- - doctoral student at Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail:

akbota.kulzhanova1594@gmail.com;

Mazakov T.Zh. -Al-Farabi Kazakh National University, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, Almaty, Kazakhstan, Chief Researcher of the Research Institute of Mathematics and Mechanics at Al-Farabi KazNU, e-mail: tmazakov@mail.ru