УДК 519.8

Ф. Х. Асхакова

РЕШЕНИЕ ПЛОХО ОБУСЛОВЛЕННОЙ МОДЕЛИ, ДВОЙСТВЕННОЙ К МОДЕЛИ ЛЕОНТЬЕВА – ФОРДА, УЧИТЫВАЮЩЕЙ УТИЛИЗАЦИЮ ВРЕДНЫХ ОТХОДОВ

Предложена модель, двойственная к модели Леонтьева – Форда, учитывающая утилизацию вредных отходов. Исследуется случай, когда на практике при построении модели ее элементы могут быть заданы неточно, что может значительно сказаться на результате решения. Разработана методика неотрицательного решения описанной модели методом регуляризации Тихонова для тех случаев, когда она плохо обусловлена. Показана эффективность выбранного метода решения. На основании предложенной методики разработан алгоритм неотрицательного решения рассматриваемой модели. Осуществлена программная реализация этого алгоритма в виде программного продукта «Regularized 3» на языке программирования Delphi 7. Описан подробный анализ прибыльности балансовой модели закрытого акционерного общества «Карачаевский пивзавод» на базе программного продукта «Regularized 3», с учетом средств, потраченных на переработку отходов, выделенных при производстве валового продукта, и средств, потраченных на уничтожение отходов, вновь появившихся в процессе данной переработки. Программную реализацию результатов исследований целесообразно использовать для подробного анализа прибыльности балансовой модели (больших размерностей) хозяйствующих субъектов в случае их плохой обусловленности.

Ключевые слова: двойственная модель, метод регуляризации, анализ прибыльности.

Введение

В некоторых случаях, переработав отходы, появляющиеся во время производства полезной продукции, можно дополнительно получить полезную продукцию. В процессе такой переработки вновь появляются вредные отходы, подлежащие уничтожению. Как в первом, так и во втором случае необходимы некоторые затраты.

На практике при разработке балансовой модели могут быть введены неточные исходные данные, что может привести к существенным изменениям полученных результатов. Согласно [1–4], такую задачу будем называть некорректно поставленной. В работах [1–3] при решении некорректно поставленных задач используется метод регуляризации Тихонова [4]. В этих работах предложены программные продукты, рассчитанные на решение задач большой размерности (до 1000). Их актуальность обосновывалось тем, что в отношении большой размерности задачи решались при построении матриц специально разработанным генератором матриц.

Нам не удалось найти информации о программных продуктах, рассчитанных на решение задач большой размерности, с помощью которых можно было бы провести анализ прибыльности предприятия с учетом затрат на переработку производственных отходов и затрат на утилизацию отходов, появившихся при переработке старых. По всей видимости, эта задача не исследовалась.

Постановка задачи

Основными задачами исследования явились:

– разработка методики неотрицательного решения модели, двойственной к модели Леонтьева – Форда, учитывающей утилизацию вредных отходов, методом регуляризации Тихонова для тех случаев, когда модель плохо обусловлена;

– разработка, на основании данной методики, алгоритма и его реализация в программе на языке программирования Delphi 7 «Regularized 3»;

– численный анализ прибыльности балансовой модели хозяйствующего субъекта с помощью созданной программы.

Описание модели

Рассмотрим двойственную модель, учитывающую утилизацию вредных отходов, по аналогии с двойственной моделью, описанной в работе [1].

Пусть $p=\left(p_1, \ldots , p_n\right)$ – вектор цен продуктов, производимых n отраслями;

$g = (g_1, \dots, g_m)$ – вектор стоимости утилизации вредных отходов, возникающих в процессе производства и подлежащих уничтожению для поддержания соответствующего уровня экологического состояния;

$v_1 = (v_1^1, \dots, v_n^1)$ – вектор добавленной стоимости;

$v_2 = (v_1^2, \dots, v_m^2)$ – вектор, характеризующий величину ущерба (измеряемого в денежных единицах), наносимого окружающей среде отходами, которые не могут быть ликвидированы;

A_{11}^T, A_{12}^T, A_{13}^T, A_{21}^T, A_{22}^T, A_{23}^T – матрицы, транспонированные по отношению к матрицам A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{21}, A_{22}, A_{23} модели Леонтьева – Форда, учитывающей утилизацию вредных отходов;

$A_{11}^T\, p$ – вектор издержек (затрат в денежных единицах) на производство товара;

$A_{21}^T\, g$ – вектор издержек на утилизацию вредных отходов, получаемых при выпуске полезного продукта;

$A_{12}^T\, p$ – вектор издержек при уничтожении вредных отходов;

$A_{13}^T\, p$ – вектор издержек затрат на утилизацию отходов;

$A_{22}^T\, g$ – вектор издержек на утилизацию вредных веществ, вновь получаемых при уничтожении старых;

$A_{23}^T\, g$ – вектор издержек объема вредных веществ, вновь получаемых при утилизации старых;

$p - A_{11}^T\, p - A_{21}^T\, g$ – вектор общих издержек на производство товара и утилизацию вредных отходов, получаемых в процессе его производства;

$g - A_{12}^T\, p + A_{13}^T\, p + A_{22}^T\, g - A_{23}^T g$ – вектор (суммарный) остаточной стоимости утилизации вредных отходов, оставшихся после переработки, и издержек на утилизацию вредных веществ, вновь получаемых при уничтожении старых. Приравнивая $p - A_{11}^T\, p - A_{21}^T\, g$ к v_1, $g - A_{12}^T\, p + A_{13}^T\, p - A_{22}^T\, g - A_{23}^T g$ к $-v_2$, получим

$$\left.\begin{aligned} & p - A_{11}^T\, p - A_{21}^T\, g = v_1 \\ & g - A_{12}^T\, p + A_{13}^T\, p - A_{22}^T\, g - A_{23}^T\, g = -v_2 \end{aligned}\right\},$$

или

$$\left.\begin{aligned} & p = A_{11}^T\, p + A_{21}^T\, g + v_1 \\ & g = A_{12}^T\, p - A_{13}^T\, p + A_{22}^T\, g + A_{23}^T\, g - v_2 \end{aligned}\right\}. \quad (1)$$

Система (1) называется моделью, двойственной к модели Леонтьева – Форда, учитывающей утилизацию вредных отходов.

Метод и результаты исследования

Нижеописанная методика, как и в работах [1–3], будет опираться на результаты исследований плохо обусловленных систем линейных алгебраических уравнений методом регуляризации.

Модель (1) называется прибыльной, если имеет неотрицательное решение $(p,\ g)$, т. е.

$$p \ge \theta, \qquad g \ge \theta .$$

Формально модель (1) можно записать в виде

$$\tilde{z} = \tilde{A}\, \tilde{z} + \tilde{f}\ , \quad (2)$$

где $\tilde{z}$ – блочный вектор: $\tilde{z} = \mathrm{col}(p, g) \in R^{n+m}$; $\tilde{A}$ – квадратная матрица, которая состоит из четырех блоков:

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} A_{11}^T & A_{21}^T \\ A_{12}^T - A_{13}^T & A_{22}^T + A_{23}^T \end{pmatrix}; \tag{3}$$

$\tilde{f}$ – блочный вектор: $\tilde{f} = \mathrm{col}(v_1, -v_2) \in R^{n+m}$.

Из (2) следует, что

$$(I - \tilde{A})\,\tilde{z} = \tilde{f}, \tag{4}$$

где I – единичная матрица тех же размеров, что и блочная матрица $\tilde{A}$.

По аналогии с работой [2] рассмотрим случай, когда при построении модели (4) на практике элементы блочной матрицы $\tilde{A}$ и элементы блочного вектора $\tilde{f}$ не могут быть заданы точно, т. е. случай, когда незначительные ошибки в определении элементов $\tilde{A}$, $\tilde{f}$ существенно влияют на решение модели $\tilde{z}$. Задачу построения такой модели, согласно [4], будем называть некорректно поставленной.

Для удобства обозначим: $C = (I - \tilde{A})$, тогда (4) примет вид

$$C \cdot \tilde{z} = \tilde{f}. \tag{5}$$

Будем предполагать, что вместо точных значений элементов блочной матрицы C и блочного вектора $\tilde{f}$ имеем их приближенные значения $\tilde{C}$, $\tilde{f}^{\bullet}$, т. е.

$$\tilde{C} \cdot \tilde{z} = \tilde{f}^{\bullet}. \tag{6}$$

Будем предполагать, что

$$\|\tilde{C} - C\| \le \xi, \quad \|\tilde{f}^{\bullet} - \tilde{f}\| \le \delta.$$

Здесь

$$\|C\| = \left\{ \sum_{i,j} c_{ij}^2 \right\}^{1/2}, \quad \|\tilde{f}\| = \left\{ \sum_{i} \tilde{f}_i^2 \right\}^{1/2}.$$

Для поиска приближенного решения модели (6) будем применять известный метод регуляризации Тихонова.

Из [4, с. 94, 95; 5, с. 47] следует, что поиск решения (5) на базе модели (6) сводится к нахождению вектора $\tilde{z}^{\alpha}$, минимизирующего сглаживающий функционал (функционал Тихонова):

$$M^{\alpha}\left[\tilde{z}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{C}\right] = \left\|\tilde{C}z - \tilde{f}^{\bullet}\right\|^2 + \alpha\,\Omega[\tilde{z}], \ \alpha > 0, \tag{7}$$

где $\Omega[x] = \|\tilde{z}\|^2$ – стабилизирующий функционал; $\alpha = \alpha(\delta)$ – параметр регуляризации.

Подставляя значение стабилизирующего функционала в (7), получим

$$M^{\alpha}\left[\tilde{z}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{C}\right] = \left\|\tilde{C}z - \tilde{f}^{\bullet}\right\|^2 + \alpha\,\|\tilde{z}\|^2, \ \alpha > 0, \tag{8}$$

При этом, как показано в [4, с. 94–97; 5, с. 46–48], существует один вектор валового выпуска $\tilde{z}^{\alpha}$, который может быть определен при всяком фиксированном $\alpha > 0$ из системы

$$\alpha\, \tilde{z}_k^{\alpha} + \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n} \tilde{c}_{ik}\ \tilde{c}_{ij}\ \tilde{z}_j^{\alpha} = \sum_{i=1}^{n} \tilde{c}_{ik}\ \tilde{f}_i^{\bullet}\,,\quad k = 1,\ 2,\ 3, \ldots, n\,. \tag{9}$$

Путем некоторых преобразований в формуле (9) получим

$$\tilde{z}_k^{\alpha} = \sum_{i=1}^{n} \tilde{c}_{ik}\ \tilde{f}_i^{\bullet} \Bigg/ \left(\alpha + \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n} \tilde{c}_{ik}\ \tilde{c}_{ij} \right),\quad k = 1,\ 2,\ 3, \ldots, n. \tag{10}$$

Таким образом, чтобы найти приближенное решение системы (6), достаточно найти вектор валового выпуска $\tilde{z}^{\alpha}$, минимизирующего сглаживающий функционал $M^{\alpha}\left[\tilde{z}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{C}\right]$, и соответствующее значение $\alpha > 0$.

При этом параметр регуляризации α подбирается таким образом, чтобы решение $\tilde{z}^{\alpha}$ было по возможности оптимальным в смысле удачного согласования левой и правой частей системы (6) (что определяется малостью невязки $\left\|\tilde{C}\tilde{z}^{\alpha} - \tilde{f}^{\bullet}\right\|^2$) и устойчивости его вычисления (что связано с величиной стабилизатора $\left\|\tilde{z}^{\alpha}\right\|^2$). Следует отметить, что чем меньше ξ и δ, тем меньшим должно быть значение α.

Указанные результаты используем для построения алгоритма решения системы (5) методом регуляризации [1–3]:

1. Вводятся размерности n, m.
2. Вводится матрица A_{11} ($n \times n$).
3. Вводится матрица A_{12} ($n \times m$).
4. Вводится матрица A_{13} ($n \times m$).
5. Вводится матрица A_{21} ($m \times n$).
6. Вводится матрица A_{22} ($m \times m$).
7. Вводится матрица A_{23} ($m \times m$).
8. A_{11} транспонируется в A_{11}^T.
9. A_{12} транспонируется в A_{12}^T.
10. A_{13} транспонируется в A_{13}^T.
11. A_{21} транспонируется в A_{21}^T.
12. A_{22} транспонируется в A_{22}^T.
13. A_{23} транспонируется в A_{23}^T.
14. Вводится v_1 – вектор добавленной стоимости.
15. Вводится v_2 – вектор, характеризующий величину ущерба (измеряемого в денежных единицах), наносимого окружающей среде отходами, которые не могут быть ликвидированы.
16. Задается параметр регуляризации: $\alpha_1 > 0$.
17. Вычисляется $A_{12}^T - A_{13}^T$.
18. Вычисляется $A_{22}^T + A_{23}^T$.
19. Создается блочная матрица $\tilde{A}$ из (3).
20. Создается блочный вектор $\tilde{f}^{\bullet}$ из векторов v_1 и v_2.
21. Вычисляется $C = \left(I - \tilde{A}\right)$.
22. Находится решение $\tilde{z}^{\alpha_1}$ системы (10) при заданном значении параметра регуляризации α_1.
23. Вычисляется значение $M^{\alpha_1}\left[\tilde{z}^{\alpha_1}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right]$ минимизирующего сглаживающего функционала (8) при известных значениях параметра регуляризации α_1 и $\tilde{z}^{\alpha_1}$.

24. Задается параметр регуляризации: $\alpha_2 > 0$, $\alpha_2 < \alpha_1$.

25. Находится решение $\tilde{z}^{\alpha_2}$ системы (9) при заданном значении параметра регуляризации α_2.

26. Вычисляется значение $M^{\alpha_2}\left[\tilde{z}^{\alpha_2}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right]$ минимизирующего сглаживающего функционала (8) при известных значениях параметра регуляризации α_2 и $\tilde{z}^{\alpha_2}$.

27. Если выполняется условие $M^{\alpha_2}\left[\tilde{z}^{\alpha_2}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right] < M^{\alpha_1}\left[\tilde{z}^{\alpha_1}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right]$, то осуществляются действия, указанные в п. 29.

28. Если выполняется условие $M^{\alpha_2}\left[\tilde{z}^{\alpha_2}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right] > M^{\alpha_1}\left[\tilde{z}^{\alpha_1}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right]$, то считается, что $\tilde{z} = \tilde{z}^{\alpha_1}$.

29. Задается параметр регуляризации $\alpha_3 > 0$, $\alpha_3 < \alpha_2$.

30. Находится решение $\tilde{z}^{\alpha_3}$ системы (10) при заданном значении параметра регуляризации α_3.

31. Вычисляется значение $M^{\alpha_3}\left[\tilde{z}^{\alpha_3}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right]$ минимизирующего сглаживающего функционала (8) при известных значениях параметра регуляризации α_3 и вектора валового выпуска $\tilde{z}^{\alpha_3}$.

32. Если $M^{\alpha_3}\left[\tilde{z}^{\alpha_3}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right] < M^{\alpha_2}\left[\tilde{z}^{\alpha_2}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right]$, то выполняются действия, указанные в п. 34.

33. Если $M^{\alpha_3}\left[\tilde{z}^{\alpha_3}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right] > M^{\alpha_2}\left[\tilde{z}^{\alpha_2}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right]$, то считается, что $\tilde{z} = \tilde{z}^{\alpha_2}$.

34. Задается параметр регуляризации $\alpha_4 > 0$, $\alpha_4 < \alpha_3$.

И так далее. Данный процесс продолжается до тех пор, пока на $(k+1)$-м шаге не найдем α_{k+1}, $\tilde{z}^{\alpha_{k+1}}$, при которых $M^{\alpha_{k+1}}\left[\tilde{z}^{\alpha_{k+1}}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right] > M^{\alpha_k}\left[\tilde{z}^{\alpha_k}, \tilde{f}^{\bullet}, \tilde{B}\right]$. В этом случае полагается $\tilde{z} = \tilde{z}^{\alpha_k}$ и прекращается процесс вычислений.

Разработанный алгоритм использован для создания программы «Regularized 3» на языке программирования Delphi 7.

С помощью программы «Regularized 3» проведем численный анализ прибыльности модели ЗАО «Карачаевский пивзавод» г. Карачаевска Карачаево-Черкесской Республики. Из работ [1, 2] известно:

$$A_{11} = \begin{pmatrix} 0,17 & 0,6 & 0 & 0 \\ 0 & 0,03 & 0 & 0 \\ 0,01 & 0,02 & 0,1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,01 \end{pmatrix};$$

$$A_{21} = \begin{pmatrix} 0,0001 & 0,0001 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$v_1 = \begin{pmatrix} 21147 & 7051,4 & 24027,3 & 27923,9 \end{pmatrix};$$

$$v_2 = 0.$$

Допустим, что

$$A_{12} = \begin{pmatrix} 0,0003 \\ 0,0002 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \; A_{13} = \begin{pmatrix} 0,0001 \\ 0,0001 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix};$$

$$A_{22} = (0); \; A_{23} = (0).$$

Задав параметр регуляризации $\alpha_1 > 0$, введя значения A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{21}, A_{22}, A_{23}, v_1, v_2 в разработанную программу «Regularized 3», получим решение, приведенное на рисунке.

```
Решение модели, двойственной к модели Леонтьева-Форда, учитывающей утилизацию
вредных отходов  методом регуляризации.
Размер задачи N = 5
Значение альфа  = 0,0005
Матрица a :
0,17 0 0,01 0 0,0001
0,6 0,03 0,02 0 0,0001
0 0 0,1 0 0
0 0 0 0,01 0
0,0002 0,0001 0 0 0
Вектор  F:
21147   7051,4   24027,3   27923,9   0
Матрица transponir :
0,17 0,6 0 0 0,0002
0 0,03 0 0 0,0001
0,01 0,02 0,1 0 0
0 0 0 0,01 0
0,0001 0,0001 0 0 0
Ответ:
52348,7759110664 150776,182805662 126363,419556045 465398,333333333 4861,5416443977
```

Результат решения программы «Regularized 3»

Из рисунка видно:

$\alpha = 0{,}0005$ – параметр регуляризации;

$f = \begin{pmatrix} 21147 & 7051{,}4 & 24027{,}3 & 27923{,}9 & 0 \end{pmatrix}$ – блочный вектор;

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} 0{,}17 & 0 & 0{,}01 & 0 & 0{,}0001 \\ 0{,}6 & 0{,}03 & 0{,}02 & 0 & 0{,}0001 \\ 0 & 0 & 0{,}1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}01 & 0 \\ 0{,}0002 & 0{,}0001 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ – блочная матрица.}$$

Результат решения: $52348{,}8 \quad 150776{,}2 \quad 126363{,}4 \quad 465398{,}3 \quad 4861{,}5$.

Таким образом, ЗАО «Карачаевский пивзавод» должен был произвести: пивоваренный цех – продукцию на сумму 52 348,8 тыс. руб., цех розлива пива – на сумму 150 776,2 тыс. руб., безалкогольный цех – на сумму 126 363,4 тыс. руб., цех розлива минеральной воды – на сумму 465 398,3 тыс. руб. Общий объём затрат, требуемых для уничтожения вредных отходов, составит 4 861,5 тыс. руб.

Заключение

Таким образом, в ходе исследования получены следующие результаты.

1. Разработана методика, позволяющая найти положительное решение некорректно поставленной задачи, что невозможно осуществить точными методами.
2. Предложен алгоритм, разработанный на основе методики.
3. Программную реализацию алгоритма можно применить для анализа прибыльности плохо обусловленных балансовых моделей, с учетом расходов, необходимых для переработки производственных отходов и утилизации отходов, вновь появившихся в процессе такой переработки.
4. Приведен конкретный пример применения программной реализации результатов исследования для анализа прибыльности предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Асхакова Ф. Х., Лайпанова З. М.* Решение модели, двойственной к модели Леонтьева – Форда, методом регуляризации (по Тихонову) // Гуманитарные и социально-экономические науки. 2016. № 1. С. 120–124.
2. *Асхакова Ф. Х.* Анализ балансовой модели закрытого акционерного общества «Карачаевский пивзавод» методом регуляризации // Гуманитарные и социально-экономические науки. 2014. № 5. С. 145–149.
3. *Асхакова Ф. Х.* Анализ балансовых моделей экономических субъектов Карачаево-Черкесской Республики с применением метода регуляризации // Изв. Рос. гос. пед. ун-та им. А. И. Герцена. 2008. № 36. С. 15–17.
4. *Тихонов А. Н., Арсенин В. Я.* Методы решения некорректных задач: учеб. пособие для вузов. М.: Наука, 1986. 288 с.
5. *Вержбицкий В. М.* Основы численных методов: учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 2002. 840 с.

Статья поступила в редакцию 9.04.2016,
в окончательном варианте – 17.05.2016

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Асхакова Фатима Хызыровна – Россия, 369202, Карачаевск; Карачаево-Черкесский государственный университет им. У. Д. Алиева; канд. экон. наук, доцент кафедры информатики и вычислительной математики; asxakova@bk.ru.

F. H. Askhakova

SOLUTION OF ILL-CONDITIONED MODELS, DUAL TO LEONTIEV – FORD'S MODEL, TAKING INTO ACCOUNT THE DISPOSAL OF HAZARDOUS WASTES

Abstract. The paper presents a model, dual to Leontiev – Ford's model, taking into account the disposal of hazardous wastes. The case, when in practice while constructing the model its elements can be defined inaccurately, that can greatly affect the result of the solution, is studied. The technique of non-negative solution of the described model by means of regularization method (by A. N. Tikhonov) for those cases, when it is ill conditioned, is developed. The efficiency of the chosen method of solution is shown. Based on the methodology, the algorithm of non-negative solution of the studied model is developed. Software implementation of this algorithm in the form of programming product "Regularized 3" in Delphi 7 is made. A detailed analysis of profitability of the balance model of the closed joint-stock company "Karachai brewery" based on the software product "Regularized 3", taking into account the funds spent on recycling allocated to the production of gross product and the money spent on the destruction of wastes, newly emerged in the course of recycling, is described. Software implementation of the results of the researches should be used for the detailed analysis of profitability of the balance model (of large size) of business entities in case of their ill-conditioning.

Key words: dual model, regularization method, analysis of profitability.

REFERENCES

1. Askhakova F. Kh., Laipanova Z. M. Reshenie modeli, dvoistvennoi k modeli Leont'eva – Forda, metodom reguliarizatsii (po Tikhonovu) [Solution of the model, dual to Leontiev-Ford's model, by means of regularization method (by Tikhonov)]. *Gumanitarnye i sotsial'no-ekonomicheskie nauki*, 2016, no. 1, pp. 120–124.
2. Askhakova F. Kh. Analiz balansovoi modeli zakrytogo aktsionernogo obshchestva «Karachaevskii pivzavod» metodom reguliarizatsii [Analysis of the balance model of LTD "Karachai brewery" by regularization method]. *Gumanitarnye i sotsial'no-ekonomicheskie nauki*, 2014, no. 5, pp. 145–149.
3. Askhakova F. Kh. Analiz balansovykh modelei ekonomicheskikh sub"ektov Karachaevo-Cherkesskoi Respubliki s primeneniem metoda reguliarizatsii [Analysis of the balance models of business entities in the Karachai-Cherkess Republic using regularization method]. *Izvestiia Rossiiskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universitete imeni A. I. Gertsena*, 2008, no. 36, pp. 15–17.
4. Tikhonov A. N., Arsenin V. Ia. *Metody resheniia nekorrektnykh zadach* [Methods of solution of ill-conditioned problems]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 288 p.
5. Verzhbitskii V. M. *Osnovy chislennykh metodov* [Bases of numerical methods]. Moscow, Vysshaia shkola, Publ., 2002. 840 p.

The article submitted to the editors 9.04.2016,
in the final version – 17.05.2016

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Askhakova Fatima Hyzyrovna – Russia, 369202, Karachaevsk; Karachai-Cherkess State University named after U. D. Aliev; Candidate of Economics; Assistant Professor of the Department of Computer Science and Computational Mathematics; asxakova@bk.ru.